

ZONIFICACION Y AGRUPAMIENTO DE SUELOS DEDICADOS A PASTURAS
EN LAS ZONAS GANADERAS DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA



Universidad
del Cauca

YENNY MARICELA MUÑOZ ORTEGA
JOHN ANÍBAL BASTIDAS ALEGRÍA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2016

ZONIFICACION Y AGRUPAMIENTO DE SUELOS DEDICADOS A PASTURAS
EN LAS ZONAS GANADERAS DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA



Universidad
del Cauca

YENNY MARICELA MUÑOZ ORTEGA
JOHN ANÍBAL BASTIDAS ALEGRÍA

Trabajo de grado en modalidad investigación presentado
como requisito parcial para optar al Título de Ingeniero
Agropecuario

Directores

M.Sc. FABIO ALONSO PRADO CERÓN
Ingeniero agrónomo

D.Sc. NELSON VIVAS QUILA
Zootecnista

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2016

NOTA DE ACEPTACION

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Popayán, 09 de agosto de 2016

Dedicatoria a:

*Dios, a la Virgen y a mis padres
Maribel y Víctor por darme la
oportunidad de vivir y por estar
conmigo en cada paso que doy...*

Marcela M.

A Martin...

John B.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por fortalecer nuestro corazón e iluminar nuestras mentes y por haber puesto en el camino a aquellas personas que han sido el soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres Maribel y Víctor; por su apoyo, consejos, comprensión, amor en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia y mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis padres Doris Alegría y Aníbal Bastidas en cabeza de mi familia por su formación, por su apoyo y acompañamiento en el transcurso de mi crecimiento y desarrollo como persona.

A la Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, docentes y personal adscrito a la facultad, por brindarnos las herramientas necesarias para culminar este proceso y ser los precursores de nuestros conocimientos y experiencias universitarias.

A la Fundación Alpina por ser el formulador del proyecto: “Consolidación del conglomerado ganadero caucano a través del fortalecimiento de la producción láctea en catorce municipios”, el cual fue nuestra base para realizar el estudio.

A nuestros directores: Fabio Alonso Prado Cerón y Nelson José Vivas Quila por su generosidad al brindarnos la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia investigativa, por su tiempo, paciencia y por permitirnos trabajar en un marco de confianza y libertad, fundamentales para la realización de este trabajo y para nuestra formación profesional.

Finalmente, a todas aquellas personas, colegas y amigos que nos brindaron su apoyo y amistad para el logro de nuestros objetivos.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	3
1. MARCO REFERENCIAL	4
1.1 EL SUELO	4
1.2 FERTILIDAD DEL SUELO	5
1.2.1 Físicos	6
1.2.2 Químicos	6
1.2.3 Biológicos	6
1.3 ESTUDIOS DE SUELOS	9
1.4 CONDICIONES AGROECOLÓGICAS	10
1.4.1 Químicos	11
1.4.2 Biológicos	12
1.5 CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS	12
1.6 LEVANTAMIENTO DE LOS SUELOS	13
1.6.1 Unidades compuestas	13
1.6.2 Asociación de suelos	14
1.6.3 Complejo de suelos	14
1.7 USO DE LA TIERRA	14
1.8 CUENCA HIDROGRÁFICA	14
1.9 MICROCUENCA	15
1.10 RELIEVE	16
1.11 ANÁLISIS DE SUELOS	17
1.12 ESPECIES FORRAJERAS PREDOMINANTES POR CLIMAS	18
1.13 NIVEL DE EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES DE LOS PASTOS	19
1.14 FERTILIZACIÓN DE FORRAJES	19
1.14.1 Establecimiento	20
1.14.2 Mantenimiento	20
1.15 ANÁLISIS DE CASOS	20
1.16 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	21
1.17 ANÁLISIS DE CLÚSTER	22

2. METODOLOGÍA	23
2.1 LOCALIZACIÓN	23
2.2 TOMA DE MUESTRAS	23
2.3 AGRUPAMIENTO	23
2.3.1 Revisión bibliográfica	24
2.3.2 Reconocimiento de campo	24
2.3.3 Revisión preliminar del mapeo de microcuencas	24
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
3.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	25
3.1.1 Tipo de suelos	25
3.1.2 Clima	27
3.1.3 Manejo y uso de suelos	29
3.1.3.1 Zona media de la cuenca Cauca	31
3.1.3.2 Cuenca Alta del Río Cauca	31
3.1.3.3 Valle Geográfico del Río Patía	33
3.1.3.4 Cuenca alta del río Patía	34
3.2 RECONOCIMIENTO DE CAMPO	35
3.2.1 Subregión Centro	35
3.2.2 Subregión Oriente	37
3.2.3 Subregión Sur	38
3.2.4 Subregión Macizo	39
3.2.5 Subregión Bota Caucana	40
3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	40
3.4 ANÁLISIS DE CLÚSTERS	43
3.4.1 Clúster 1	43
3.4.2 Clúster 2	45
3.4.3 Clúster 3	45
3.4.4 Clúster 4	46
3.4.5 Clúster 5	47
3.4.6 Clúster 6	48
3.4.7 Clúster 7	48
3.5 RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO DE SUELOS	49
3.5.1 Clúster 1: Clima Frio.	49
3.5.2 Clúster 2: Clima Frio	52
3.5.3 Clúster 2: Clima Medio	54
3.5.4 Clúster 2: Clima Cálido	56
3.5.5 Clúster 3: Clima Frio	58

3.5.6 Clúster 3: Clima Medio	61
3.5.7 Clúster 3: Clima Cálido	63
3.5.8 Clúster 4: Clima Frio	65
3.5.9 Clúster 4: Clima Medio	67
3.5.10 Clúster 5: Clima Frio	69
3.5.11 Clúster 5: Clima Medio	71
3.5.12 Clúster 5: Clima Cálido	72
3.5.13 Clúster 6: Clima Frio	74
3.5.14 Clúster 6: Clima Medio	76
3.5.15 Clúster 7: Clima Cálido	78
4. CONCLUSIONES	81
5. RECOMENDACIONES	82
BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXOS	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clases de fertilidad utilizada por el IGAC en los estudios de suelos	6
Tabla 2. Clasificación de la saturación de bases total del suelo	7
Tabla 3. Saturación de cationes del suelo	7
Tabla 4. Pisos térmicos y la clase de los pastos principales adaptados a las condiciones climáticas	18
Tabla 5. Nivel de extracción de nutrientes en cultivos de pastos y forrajes	19
Tabla 6. Tipos de cobertura de la cuenca de El Patía	27
Tabla 7. Tipos de cobertura cuenca del río Cauca	27
Tabla 8. Agrupamiento de suelos de la zona Ganadera del Cauca mediante método de la mínima Varianza – Ward	42
Tabla 9. Plan de fertilización para praderas en clima frío clúster 1	51
Tabla 10. Fertilización de Mantenimiento para praderas en clima frío clúster 1	51
Tabla 11. Plan de fertilización para praderas en clima frío clúster 2	53
Tabla 12. Fertilización de manejo para praderas en clima frío clúster 2	54
Tabla 13. Plan de fertilización para praderas en clima medio clúster 2	55
Tabla 14. Fertilización de manejo para praderas en clima medio clúster 2	56

Tabla 15. Plan de fertilización para praderas en clima cálido clúster 2	58
Tabla 16. Fertilización de manejo para praderas en clima cálido clúster 2	58
Tabla 17. Plan de fertilización para praderas en clima frio clúster 3	60
Tabla 18. Fertilización de manejo para praderas en clima frio clúster 3	61
Tabla 19. Plan de fertilización para praderas en clima medio clúster 3	62
Tabla 20. Fertilización de manejo para praderas en clima medio clúster 3	63
Tabla 21. Plan de fertilización para praderas en clima cálido clúster 3	64
Tabla 22. Fertilización de manejo para praderas en clima cálido clúster 3	64
Tabla 23. Plan de fertilización para praderas en clima frio clúster 4	66
Tabla 24. Fertilización de Mantenimiento para praderas en clima frio clúster 4	66
Tabla 25. Plan de fertilización para praderas en clima medio clúster 4	68
Tabla 26. Fertilización de Mantenimiento para praderas en clima medio clúster 4	68
Tabla 27. Plan de fertilización para praderas en clima frio clúster 5	70
Tabla 28. Fertilización de manejo para praderas en clima frio clúster 5	70
Tabla 29. Plan de fertilización para praderas en clima medio clúster 5	72

Tabla 30. Fertilización de manejo para praderas en clima medio clúster 5	72
Tabla 31. Plan de fertilización para praderas en clima cálido clúster 5	74
Tabla 32. Fertilización de manejo para praderas en clima cálido clúster 5	74
Tabla 33. Plan de fertilización para praderas en clima frio clúster 6	76
Tabla 34. Fertilización de Mantenimiento para praderas en clima frio clúster 6	76
Tabla 35. Plan de fertilización para praderas en clima medio clúster 6	78
Tabla 36. Fertilización de Mantenimiento para praderas en clima medio clúster 6	78
Tabla 37. Plan de fertilización para praderas en clima cálido clúster 7	80
Tabla 38. Fertilización de Mantenimiento para praderas en clima cálido clúster 7	80

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Distribución de suelos del departamento del Cauca según su fertilidad	9
Figura 2. Temporada de precipitaciones en Popayán, Cauca	28
Figura 3. Temporada de precipitaciones en Patía, Cauca	29
Figura 4. Distribución espacial del nivel de precipitaciones (mm) en el departamento del Cauca	30
Figura 5. Cuencas hidrográficas en el departamento del Cauca	32
Figura 6. Subregiones del departamento del Cauca	36
Figura 7. Análisis de componentes principales de 1337 suelos de la zona ganadera	41
Figura 8. Composición de suelos y agrupamientos identificados en la zona ganadera de 14 municipios del departamento del Cauca (2015)	44

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Clúster 1 y 2: Información de la cantidad de kilos asimilables por el suelo según el requerimiento del cultivo en los 3 pisos térmicos.	82
Anexo B. Clúster 3 y 7: Información de la cantidad de kilos asimilables por el suelo según el requerimiento del cultivo en los 3 pisos térmicos.	83
Anexo C. Clúster 4 y 6: Información de la cantidad de kilos asimilables por el suelo según el requerimiento del cultivo en los 3 pisos térmicos.	84
Anexo D. Clúster 5: Información de la cantidad de kilos asimilables por el suelo según el requerimiento del cultivo en los 3 pisos térmicos.	85
Anexo E. Base de datos sobre interpretación de análisis de suelos por Toncel Gaviria.	86
Anexo F. Niveles generales de interpretación de análisis de suelos por Bemestings Analysis Grond, 1999: tomado de SGS TS Agri- Food Laboratory.	88
Anexo G. Conversión de las formas de nutrientes en diferentes fuentes de fertilizantes.	89
Anexo H. Mapificación de los 7 clústers correspondientes a la zona ganadera del departamento del Cauca.	90

RESUMEN

Con el ánimo de brindar a los productores ganaderos del departamento del Cauca una herramienta que permita establecer estrategias de manejo del suelo para la optimización de sus unidades productivas, por parte de la Fundación Alpina en cofinanciación del departamento del Cauca, Sena, Agroinnova, y las alcaldías, se tomaron 1337 muestras de suelo, en catorce municipios del departamento: Almaguer, Rosas, Cajibío, El Tambo, La Sierra, La Vega, Patía, Popayán, Puracé, San Sebastián, Silvia, Sotará, Timbío, y Totoró, y se analizaron en el laboratorio de suelos de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Fomento Económico de la Gobernación del Cauca.

Partiendo de los resultados, la ubicación ganadera del departamento del Cauca y apoyados en el Estudio de Zonificación de Suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)¹, y en el Documento de Análisis Socio–Ambiental del departamento del Cauca, como Elemento para Identificación de Alineamientos para Ajuste de Instrumentos de Planificación de la CRC² se procedió a realizar un análisis de componentes principales, mediante el software SAS (System For Windows) versión 9.0 y una clasificación de clústeres (Método de la mínima varianza de Ward) donde se establecieron los agrupamientos por similitud físicoquímica de los suelos con el propósito de definir estrategias de manejo de la fertilidad por grupos de suelos con características similares.

Una vez agrupados los suelos de las regiones ganaderas en 7 clústers, se procedió a una clasificación por climas dentro de cada clúster con el fin de recomendar el manejo adecuado de los suelos dedicados al cultivo de pastos mediante la cuantificación de nutrientes que estos requieren para el correcto establecimiento y productividad de los forrajes más representativos en los tres pisos térmicos.

Se plantearon 7 clústeres ($R^2 = 87\%$) con características químicas y de fertilidad similares para los suelos de cada uno, el clúster 1 se caracteriza por el bajo nivel de potasio y el clúster 7 por la baja disponibilidad de materia orgánica y bajos niveles de potasio.

¹ Instituto Colombiano Agustín Codazzi IGAC (2009). Estudio General de suelos y zonificación de tierras del departamento del Cauca. Bogotá. D:C:

² ORTEGA Fernández, Luis Alfonso (2009). Documento de análisis socio-ambiental del departamento del Cauca, como elemento para identificación de lineamientos para ajustes de instrumentos de planificación de C.R.C. Popayán.

Los suelos de la zona ganadera del departamento del Cauca son ácidos y homogéneos, por lo tanto, la fertilización se debe realizar con base a los requerimientos de las pasturas y a la escasez de los elementos del suelo como alternativa de manejo, para satisfacer los requerimientos necesarios, destacándose que las mayores aplicaciones de fertilizantes se realizan en climas cálidos y las menores en climas fríos, por la velocidad de absorción de los fertilizantes satisfaciendo las necesidades de nutrientes de las pasturas y del suelo.

PALABRAS CLAVE: clúster, análisis de componentes principales, agrupamiento, similaridad fisicoquímica, nutrientes.

SUMMARY

With the aim of providing a relevant tool that allows livestock producers in the Department of Cauca to establish strategies for land management and optimize their production units:

1337 soil samples were taken by the Alpina Foundation in financing joint with the Department of Cauca, SENA, Agroinnova, and mayor's offices in fourteen (14) municipalities in the Department of Cauca: Almaguer, Rosas, Cajibío, El Tambo, La Sierra, La Vega, Patia, Popayan, Puracé, San Sebastian, Silvia, Sotará, Timbío, and Totoró. These taken samples were analyzed in the soil laboratory of the Agricultural and Economic Development Office, Government of Cauca.

Based on the obtained outcomes, an analysis of principal components was carried out using SAS (System for Windows) version 9.0 software as well as a clusters' classification (minimum variance Ward Method). Taking into account the livestock location of Cauca as well as based on the study of soil zoning of Codazzi (IGAC, 2009), and the planning study of CRC 2009. The clusters were established by physico-chemical similarity of soils in order to define strategies for fertility management by soil groups with similar characteristics.

Once, the soils of the livestock regions were grouped in 7 clusters. A climate classification was developed in each one of the clusters in order to recommend the appropriate management of grass growing in these regions. This was carried out throughout a soil nutrient quantifying required by the soils to have proper establishment and productivity of the most representative fodder in the three thermal floors.

7 clusters ($R^2 = 87\%$) with similar chemical and fertility characteristics were proposed for each piece of soil. The first cluster is characterized by low levels of potassium and the seventh cluster is characterized by its low availability of organic matter and low levels of potassium.

The livestock soils in the Department of Cauca are acid and homogeneous. Therefore, fertilization should be done based on the requirements of pastures and the lack of ground elements should be taken into account as an alternative management. Taking into consideration that the largest uses of fertilizer are carried

out in warm climates and the lowest ones are carried out in cold climates due to the speed of the fertilizers mineralization satisfying the nutrient needs of pastures and soil.

Key words: cluster, principal component analysis, clustering, physico-chemical similarity.

INTRODUCCIÓN

Las tierras del departamento del Cauca en buena parte constituyen zonas de vegetación de páramo y pastos dedicados al pastoreo extensivo y semi-intensivo. Se cuenta con suelos en prácticamente todos los pisos térmicos, de variadas fertilidades, profundidades y con diversas vocaciones para su uso.

Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi³ en gran parte del territorio caucano, al igual que en el resto del país, el suelo, ha sido sometido a usos no sostenibles, que han generado impactos ambientales negativos representados en la disminución de la capacidad productiva de los ecosistemas, destrucción en la biodiversidad, erosión, sedimentación, contaminación de suelos y aguas y alteración del balance hídrico de las cuencas hidrográficas.

Las prácticas de ganadería en zonas de ladera, han ocasionado progresivamente el deterioro de la capacidad productiva de los suelos por su debilitamiento y desconocimiento de los mismos productores del manejo de las diferentes prácticas de conservación y restitución de nutrientes que se deben aportar para la producción actual.

El objetivo central de este trabajo investigativo, fue el generar alternativas de manejo de suelos en la zona ganadera del departamento del Cauca, a partir del análisis fisicoquímico de fertilidad de suelos realizados en 1337 unidades productivas por la Fundación Alpina y su correspondiente agrupamiento de similaridad, por el método de la mínima varianza de Ward.

De la interpretación de los análisis realizados por clústers y las probables variantes que se encuentran en los 14 municipios que comprende el proyecto se generaron recomendaciones técnicas de fertilidad de suelos y para contribuir al manejo adecuado de las praderas de las unidades productivas y aumentar la productividad lechera. Se resalta que este trabajo hace parte del proyecto que adelanta la Fundación Alpina: 'Incrementar la competitividad de la cadena productiva láctea en catorce municipios del departamento del Cauca', en cofinanciación del departamento del Cauca, Sena, AGROINNOVA, y alcaldías de los catorce municipios.

³ Op. Cit. Instituto Colombiano Agustín Codazzi (2009)

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 EL SUELO

Jaramillo Daniel⁴, en su investigación “Introducción a la ciencia del suelo”, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., afirma que en los tiempos en que los pueblos empezaron a asentarse en un sitio y abandonaron su sistema nómada, el suelo fue adquiriendo valor en la medida en que se fue requiriendo para producir alimentos. En esta etapa el suelo se concebía como el sustrato indispensable para el suministro de nutrientes, de agua y de soporte para las plantas, afirmación que apoya Casas⁵ quien refiere que “El suelo proporciona a las plantas el agua y los nutrientes que éstas necesitan para crecer, el oxígeno que requieren sus raíces para respirar, además del medio que les sirve de soporte”.

Por su parte Hillel, citado por Jaramillo considera que: “El suelo se encuentra involucrado, como cuerpo natural, en interacciones dinámicas entre la atmósfera que está encima y los estratos que están debajo”⁶, sirviendo como medio de crecimiento para una variada comunidad de organismos vivos donde influye el clima y el ciclo hidrológico del planeta y que sirve como medio de crecimiento para una variada comunidad de organismos vivos. Además el suelo juega un papel preponderante como reactor bio-físico-químico que descompone materiales de desecho y recicla dentro de él, nutrientes para la regeneración continua de la vida en la Tierra.

Teniendo en cuenta la afirmación anterior, Lutgens, Tarbuck y Tasa⁷ consideran la tierra como un sistema dentro del cual, el suelo es una interface donde interactúan diferentes partes: la litosfera, la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera. Debido a ello, el suelo es dinámico y sensible a prácticamente todos los aspectos de su entorno, jugando un papel ambiental importante en la descomposición de materiales de

⁴ JARAMILLO, J. Daniel Fernando (2002) Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>

⁵ CASAS Flores (2011). El suelo de cultivo y las condiciones climáticas, Ediciones Paraninfo S.A. España.

⁶ HILLEL Daniel. (1998). HILLEL, Daniel. Environmental Soil Physics. Primera Edición. University of Massachusetts. U.S.A,

⁷ TARBUCK, Edward y LUTGENS, Frederick. (1999). Ciencias de La Tierra. Una introducción a La Geología Física. Octava Edición. Universidad Autónoma de Madrid. España.

desecho y en el reciclaje de nutrientes para la regeneración continua de la vida en la tierra.

1.2 FERTILIDAD DEL SUELO

De acuerdo con Jaramillo⁸, la mayor parte de los suelos del territorio nacional presenta un limitante común que es la baja fertilidad. Para Bautista y Palacio⁹, no existe un parámetro cuantitativo universal para definir la fertilidad de un suelo. Ellos mencionan a Comerford¹⁰ quien define la fertilidad del suelo como: estatus del sistema suelo-planta para proporcionar los nutrientes esenciales al crecimiento de las plantas a través de mecanismos de i) liberación de nutrientes de la fase sólida del suelo a la fase soluble, ii) el movimiento de estos nutrientes a través de la solución del suelo hacia las raíces de las plantas y, iii) la absorción por las raíces”.

En este sentido, se plantea que la fertilidad del suelo se relaciona con la capacidad que presenta éste para suministrar los nutrientes a la planta en el momento oportuno y en la cantidad que ésta los requiera. Esta disponibilidad está condicionada a las características físicas, químicas y biológicas del suelo¹¹.

Así mismo, un estudio realizado en Cuba sobre la agricultura: actualidad y transformaciones necesarias¹², definió que los éxitos de la producción agrícola dependen de la fertilidad de los suelos, señalando la fertilidad de éstos, como la capacidad que tienen los suelos para satisfacer las exigencias de las plantas en dos factores terrestres de su vida: agua y nutrientes; determinando esta fertilidad tanto por sus propiedades naturales como por los métodos de cultivo.

Entre tanto, la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC)¹³ afirma que existen factores que determinan la fertilidad del suelo y se clasifican en:

⁸ Op. Cit. JARAMILLO, J. Daniel Fernando (2002)

⁹ BAUTISTA, Francisco y PALACIO, Álvaro. (2009). Caracterización y Manejo de los Suelos de La Península de Yucatán.

¹⁰ COMERFORD, Nicholas. (1999). Mecanismos de Captación de Nutrientes Fertilios en Ecosistemas Forestales: Cómo Interpretar La Fertilidad en el Contexto de La Conservación de Recursos Genéticos. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. México.

¹¹ HERNÁNDEZ, Juan Carlos. (2013). Edafología y Fertilidad. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente.

¹² GONZÁLEZ, Armando. (2005). La agricultura en Cuba Actualidad y Transformaciones Necesarias. Universidad de La Habana. Cuba.

¹³ ORTEGA FERNANDEZ, Luis Alfonso. (2009). Documento de Análisis Socio - Ambiental del departamento del Cauca: Como Elemento para Identificación de Lineamientos para Ajuste de Instrumentos de Planificación de C.R.C. Popayán.

1.2.1 Físicos: Que condicionan el desarrollo del sistema radicular, y su aporte hídrico. La fertilidad física se identifica por: textura, estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención hídrica, estabilidad de agregados, etc.

1.2.2 Químicos: Que hacen referencia a la reserva de nutrientes y su aporte a las plantas. Se caracteriza por: capacidad de cambio de cationes, pH, materia orgánica, macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) y micronutrientes (B, Fe, Mo, Mn, Zn, Cu, Na y Cl), y sus formas químicas en el suelo que condicionan su biodisponibilidad.

1.2.3 Biológicos: Determinados por la actividad de los microorganismos del suelo. La microflora del suelo utiliza la materia orgánica como sustrato y fuente de energía, interviniendo en la producción de enzimas, ciclo de C y de N, transformaciones biológicas de nutrientes y procesos de humificación y mineralización.

Teniendo en cuenta lo anterior, la disponibilidad de nutrientes puede evaluarse mediante diversos métodos. Uno de ellos, se puede realizar tomando como base de información de la calificación de fertilidad, la interpretación de los resultados de los análisis de caracterización química de los horizontes de los perfiles de los suelos modales realizadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)¹⁴ (Tabla 1).

Tabla 1. Clases de fertilidad utilizada por el IGAC en los estudios de suelos

Clase de fertilidad	Límite inferior	Límite superior
Muy baja	1	3,6
Baja	3,7	5,1
Moderada	5,1	6,7
Alta	6,8	8,4
Muy alta	8,4	10

Fuente: IGAC, 2006.

De igual manera UPRA (2013)¹⁵ manifiesta que los cationes intercambiables (Ca, Mg, K, Na) se denominan bases intercambiables y el porcentaje que poseen de la

¹⁴ Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) 2009. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento del Cauca. Bogotá D.C.

¹⁵ UNIDAD DE PLANIFICACIÓN RURAL AGROPECUARIA (UPRA). (2013) Evaluación de Tierras para La Zonificación con Fines Agropecuarios: Consolidación de La Metodología General de Evaluación de Tierras para La Zonificación con Fines Agropecuarios a Nivel Nacional.

CIC (capacidad de intercambio catiónico) (Tabla 2), se llama saturación de bases y que según Malagón¹⁶ (Tabla 3), estos elementos intervienen en los fenómenos de intercambio iónico y la relación de suelo, constituyendo con excepción del Na, nutrientes esenciales para las plantas sirviendo para evaluar la fertilidad del suelo. Teniendo en cuenta lo anterior, UPRA (2013) asegura que estos elementos intervienen en los fenómenos de intercambio iónico y la reacción del suelo, constituyendo, con excepción del Na, nutrientes esenciales para las plantas y sirven para evaluar la fertilidad del suelo.

Tabla 2. Clasificación de la saturación de bases totales del suelo

Clase de saturación de bases del suelo (SB)	Límite inferior %	Límite superior %
Muy bajo	0	20
Bajo	20,1	40
Medio	40,1	60
Alto	60,1	80
Muy alto	80,1	100

Fuente: Malagón, 1984.

Tabla 3. Saturación de cationes del suelo

Saturación	Ca (%)		Mg (%)		K (%)	
	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
Rango						
Muy bajo	0	5	0	1	0	0,5
Bajo	5,1	10	1,1	5	0,51	1
Medio	10,1	20	5,1	10	1,1	3
Alto	20,1	40	10,1	20	3,1	5
Muy alto	40,1	100	20,1	100	5,1	100

Fuente: Malagón, 1984.

¹⁶ MALAGÓN Castro, Dimas (1984) Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá D.C.

Respecto al departamento del Cauca, los suelos se ubican en casi todos los pisos térmicos con variadas fertilidades, profundidades, y diversas vocaciones para su uso, según lo determina Lewis Torres ¹⁷, que está de acuerdo con la clasificación del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC¹⁸ cuando determina que el Cauca es un departamento que cuenta con suelos en casi todos los pisos térmicos, de variadas fertilidades y profundidades y con diversas vocaciones para su uso.

Resalta además, que en su mayoría los suelos del Cauca, están certificados como “de baja fertilidad” y de “muy baja fertilidad”. De los más de 3 millones de hectáreas que tiene de superficie el departamento, cerca del 32% tienen fertilidades “bajas” y un 25 % muestran fertilidades “muy bajas”; mientras que menos del 3% tiene una fertilidad alta”¹⁹.

Zambrano²⁰ al realizar evaluaciones sobre fertilización con elemento faltante, considera que: “La nutrición vegetal, básica para un óptimo desarrollo de los cultivos, depende de la capacidad del suelo para suministrar todos y cada uno de los elementos nutritivos, en la forma, cantidad y momento adecuados a las exigencias de los mismos”²¹.

Teniendo en cuenta lo anterior, para estos logros se requiere conocer los nutrientes que dispone el suelo, los requerimientos del potencial de producción de los cultivos, para mantener el equilibrio que requieren los cultivos para su óptimo desarrollo²² (Figura 1).

Salazar y López confirman la apreciación anterior, pero manifiestan que: “El clima, las variedades utilizadas y el hombre, son factores complementarios interesantes a la producción que se proyecta en las zonas donde se aplican planes de fertilización con la ayuda de los muestreos y resultados de análisis de suelo”²³.

¹⁷ LEWIS Torres, Cynthia. (2015). El Cauca y La Productividad de sus Tierras: La Última Petición de las Comunidades ancestrales del Cauca al Gobierno Nacional, de 20 Mil Hectáreas de Tierras, Reabren La Discusión en Torno a la Productividad que estas puedan tener. En: Periódico El nuevo liberal.

¹⁸ Op. Cit. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) 2009.

¹⁹ Ídem.

²⁰ ZAMBRANO Michel (2007). Fertilidad del suelo. España.

²¹ Ídem.

²² Ídem.

²³ SALAZAR, Eduardo y LOPEZ, Henrike. (2009). El Clima y el Hombre como estabilidad de la estructura del Suelo.

Figura 1. Distribución de suelos del departamento del Cauca según su fertilidad



Fuente: IGAC, 2009.

1.3 ESTUDIOS DE SUELOS

En la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA)²⁴, se señala que en el estudio de los suelos, es necesaria la información física – biótica, conformada por dos componentes: el físico, que describe la secuencia sobre el territorio del conjunto paisaje-roca-relieve-suelo, cuya tasa de cambio en el tiempo es baja o muy baja, y el biótico, que describe el dominio bioclimático y el uso del suelo caracterizándose por su gran dinamismo.

Ortiz, González, y Maldonado, A²⁵ definen que: “Para el estudio de los suelos se debe basar en el estudio del terreno y en los perfiles del suelo de tal forma que

²⁴ UNIDAD DE PLANIFICACIÓN RURAL AGROPECUARIA (UPRA). (2013) Evaluación de tierras para la zonificación con fines Agropecuarios: Consolidación de la Metodología general de evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios a nivel nacional.

²⁵ ORTIZ, B. GONZÁLEZ, É. y MALDONADO, A. (1981). Representaciones de Cambio Climático en Estudiantes de La Universidad Veracruzana. Ciudad de México.

resulte posible clasificar los suelos en varios niveles. Después de clasificar, se pueden agrupar los perfiles de suelos con características similares, y su localización geográfica puede determinarse con la ayuda de observaciones de campo y sus relaciones con el paisaje”. Cada unidad, expresa Dorronsoro representará el suelo o los suelos más frecuentes en esa zona, lo que determina el grado de pureza de la misma. A pesar de suponerse que los suelos forman en la naturaleza un verdadero conjunto continuo, su separación y consecuente delineación entre unidades, puede ser gradual con límites difusos, por cuanto no se derivan los unos de los otros, por lo menos como lo hacen otros factores del ambiente. No aplica ni el principio de la similitud máxima en el interior de las unidades ni el parentesco ni la filiación²⁶.

Dentro del estudio de los suelos, la FAO (SF),²⁷ define que el levantamiento de suelos, o levantamiento edafológico, es el proceso de determinación de patrón de distribución de suelos. Se incluye la clasificación y cartografía de propiedades y unidades del suelo. Además afirma que el levantamiento sistemático del suelo es una ciencia que se lleva a cabo desde hace más de 100 años y se basa en posibilitar la realización de predicciones más numerosas, más precisas y más útiles sobre usos específicos de la tierra que podrían realizarse de no contar con estudios de esta naturaleza es decir, en la ausencia de información local específica de suelos.

La Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, referenciada por IGAC., sostiene que en Colombia, el sistema de clasificación de tierras por capacidad de uso, ha sido adaptado por este Instituto, siendo ampliamente utilizado como interpretación de los levantamientos de suelos. Es posible utilizar estas herramientas como un marco de referencia para propósitos prácticos, como es el de dar recomendaciones para el mejor uso y manejo de las tierras; sin embargo es conveniente mencionar que para efectuar estas interpretaciones es necesario considerar otros factores además del suelo como por ejemplo, factores climáticos, geográficos, sociales y económicos entre otros²⁸.

1.4 CONDICIONES AGROECOLÓGICAS

En primera instancia, se hace un estudio de suelos que incluye los aspectos biológicos y químicos. Para Amézquita²⁹ las características físicas de los suelos se proporcionan de acuerdo al paisaje, que puede ser ondulado, quebrado y plano y

²⁶ DORRONSORO (2003). Modelos o representaciones del sistema edáfico.

²⁷ Portal de Suelos de la FAO. Clasificación de Suelos. Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/clasificacion-de-suelos/es/>

²⁸ Op. Cit. ORTIZ, B. GONZÁLEZ, É. y MALDONADO, A. (1981).

²⁹ AMEZQUITA, Edgar. (2008). Caracterización Agrológica del Suelo y Diagnóstico de su Fertilidad en La Estación Experimental del Campus Nueva Granada. Cundinamarca.

cada región, según su forma y origen presentan estructuras y texturas básicas para tener en cuenta en su clasificación o agrupamiento. Es así que DANE (2013), considera que dentro de esas características están la aireación, el drenaje, la profundidad del suelo, la pendiente, la estructura y la textura, entre otros.

El estudio de zonificación de tierras del departamento del Cauca, demuestra que la utilización mayoritaria de las tierras, se presenta en las cuencas de los ríos Cauca y Patía. Las geo-formas existentes en la cuenca del río Cauca son muy diversas, presentando relieves montañosos, colinados, valles y planicies aluviales. Su altitud varía entre los 1.000 msnm (municipio de Puerto Tejada) y los 4.650 msnm (volcán Pan de Azúcar, municipio de Puracé)³⁰.

El relieve de la cuenca del río Patía varía de plano a montañoso, con pendientes desde planos hasta quebrados y escarpados con altitudes que fluctúan desde los 550 hasta los 4.000 msnm; se encuentran diferentes tipos de suelos sobre los cuales se realizan actividades de ganadería extensiva, semi-intensiva e intensiva aprovechando los pastos naturales de la región y los mejorados, especialmente sobre las terrazas aluviales asociadas al río Patía³¹.

En la vocación de uso de la ganadería, en el departamento del Cauca, y la leyenda extraída del mapa de zonificación de tierras³², se presenta una clasificación como uso principal de pastoreo extensivo y semi-Intensivo, descritas como tierras de relieves plano a fuertemente ondulado, con pendientes que no superan el 25%. En clima frío húmedo, templado y cálido seco, los suelos son superficiales a profundos, bien a pobremente drenados, texturas moderadamente gruesas a finas y fertilidad baja a moderada, presentan abundante pedregosidad en superficie o en el suelo y algunos son inundables. Tienen una o más limitaciones moderadas con abundante pedregosidad, encharcamientos, poca profundidad efectiva, déficit de humedad y baja fertilidad.

También se puede observar que entre las condiciones agroecológicas pueden haber diferentes factores como:

1.4.1 Químicos. Entre estos se encuentran la salinidad, el contenido de materia orgánica, elementos mayores y menores pH y fertilidad entre otros. En estos aspectos se encuentran que los suelos son fuertemente ácidos a neutros y

³⁰ IGAC, 2009.

³¹ Ídem.

³² Ídem.

presentan fertilidad baja a alta.³³ También hay otras limitantes dentro de estas tierras con vocación ganadera como: pendientes moderadas y fuertemente inclinadas, fuerte acidez, alto contenido de aluminio o baja fertilidad.

Por su parte Lewis Torres³⁴, afirma en su artículo “El Cauca y la Productividad de sus Tierras”, que aunque la zona central del Cauca tiene aptitudes para la agricultura, esta zona es considerada de “baja fertilidad”. Así mismo, asevera que paradójicamente, en los suelos del norte del Cauca que son considerados de “alta” y “moderada fertilidad” por ser tierras planas, se ha notado la reducción de dicha fertilidad por la siembra de monocultivos como el de la caña de azúcar y el del pino.

1.4.2 Biológicos. Entre estos se encuentran los microorganismos del suelo, constituyéndose en la parte viva, responsables de la transformación de los componentes orgánicos e inorgánicos que se incorporan al suelo y se encargan de la unificación de la materia orgánica.

1.5 CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS

En el estudio de suelos, se plantea que el clima es uno de los factores más determinantes de la formación de los suelos ya que define las cantidades y distribuciones de los diversos organismos, animales y vegetales, e interviene en las diferentes relaciones. El clima involucra una serie de condiciones atmosféricas que caracterizan una región. La temperatura y la precipitación se reconocen como los agentes más importantes que actúan durante el proceso de descomposición y transformación de las rocas y sus minerales componentes, y en la producción y descomposición de la materia orgánica; igualmente, tienen influencia otros elementos climáticos como la evaporación, la humedad, la velocidad y dirección del viento, la radiación, la luminosidad y la nubosidad³⁵.

La altitud sobre el nivel del mar sirve para ubicar la altitud de las zonas productoras y sus accidentes geográficos, siendo determinantes en el momento de establecer el cultivo. En el documento “Desarrollo de la Fruticultura en el Cauca”³⁶ se puntualiza que las características climáticas del Cauca están determinadas fundamentalmente por sus cadenas montañosas, las cuales modifican en cierto grado las condiciones

³³ Ídem.

³⁴ Op. Cit. LEWIS Torres, Cynthia. (2015).

³⁵ IGAC, 2009

³⁶ TAFUR REYES, Ramiro. (2006). Plan Frutícola Nacional: Desarrollo de la Fruticultura en el Cauca, Noviembre.

atmosféricas cerca de la superficie y originan diferentes situaciones meteorológicas de carácter local.

1.6 LEVANTAMIENTO DE LOS SUELOS

En el Portal de Suelos de la FAO (SF), se encuentra que el levantamiento de suelos, o levantamiento edafológico, es el proceso de determinación de patrón de distribución de suelos. Se incluye la clasificación y cartografía de propiedades y unidades del suelo. El mapeo de la distribución de tipos de suelo se presenta en forma fácil de interpretar para ser utilizado por usuarios de estudios ambientales y de ordenación de tierras. Así mismo afirma que para adquirir este propósito, se requiere la determinación del patrón de distribución de suelos, dividir ese patrón en unidades relativamente homogéneas y cartografiar dichas unidades, facilitando la predicción de las propiedades del suelo en cualquier zona de predicción; caracterizando sus propiedades de modo de poder inferir el potencial productivo de las tierras para diferentes usos y poder evaluar las respuestas de las mismas, ante diferentes alternativas de manejo.

Cuando se quiera caracterizar alguna cualidad del suelo como por ejemplo fertilidad, la cual depende de varias propiedades, se puede establecer un rango de variabilidad espacial común a todas ellas, por lo general, el de la propiedad más variable y con este se diseña el muestreo. Si las diferencias en el rango entre variables no son grandes, puede establecerse un rango promedio para todas y se hace el diseño del muestreo con él³⁷.

Al realizar el levantamiento de los suelos, puede presentarse los siguientes casos:

1.6.1 Unidades compuestas: Al presentarse casos en que es imposible indicar separadamente en el mapa todas las unidades taxonómicas, se plantean mapas de menor escala que son más fáciles de leer e interpretar si en él se indican agrupamientos de suelos individuales bien definidos en lugar de unidades taxonómicas. Los agrupamientos se hacen con base a asociaciones geográficas de unidades taxonómicas, definiéndose cada uno por las propiedades y características de las unidades taxonómicas que los integran y su padrón de distribución. Los grupos citados son principalmente el complejo y la asociación de suelos.

³⁷ Op. Cit. JARAMILLO, J. Daniel Fernando (2002)

1.6.2 Asociación de suelos: Es un grupo de unidades taxonómicas, asociadas con regularidad geográfica según un padrón determinado, o sea que dos o más suelos pueden estar presentes, asociados geográficamente según pautas más o menos regulares, y en áreas individuales lo suficientemente extensas como para que se pudieran cartografiar por separado si se rebajara la escala.

1.6.3 Complejo de suelos: Las unidades taxonómicas que lo integran no pueden separar en levantamientos detallados porque aparecen en un padrón muy intrincado. Son mezclas de suelos y no pueden ser definidos en términos de un perfil modal y variaciones de él³⁸.

1.7 USO DE LA TIERRA

El DANE (2013) define el uso de la tierra como cada una de las actividades desarrolladas en la unidad de observación con la intención de obtener productos y/o beneficios, dado que no existe una clasificación mundial estándar sobre este aspecto se adopta la que se venía realizando en la encuesta nacional agropecuaria (ENA)³⁹ sobre cultivos transitorios (presentes, pasados, futuros), cultivos permanentes, barbecho, descanso, pastos y/o forrajes, malezas y/o rastrojos, bosques naturales, bosques plantados, porcicultura, avicultura, floricultura, piscicultura, eriales y afloramientos rocosos, y cuerpos de agua, entre otros fines⁴⁰. El IGAC (2009), afirma que la utilización mayoritaria de las tierras se presenta en las cuencas de los ríos Cauca y Patía, especialmente dedicadas a las actividades pecuarias con pastos para ganadería extensiva y semi-intensiva.

1.8 CUENCA HIDROGRÁFICA

Cruz y García⁴¹, señaló en su trabajo que la cuenca hidrográfica es un área geográfica en la cual, el agua que cae por la lluvia, se reúne y escurre hacia una quebrada o río. En esta área viven seres humanos, animales y plantas, todos ellos relacionados entre sí. García y Garzón⁴², apoyan la afirmación de los anteriores, confirmando que cuenca hidrográfica es la unidad espacial de manejo en la cual interactúa un conjunto de componentes físicos, bióticos, sociales, económicos y el hombre como actor principal, donde se investiga los procesos y las interacciones

³⁸ SOIL SURVEY STAFF. (1951). Soil Survey Manual Introduction.

³⁹ Encuesta Nacional Agropecuaria - ENA - 2013

⁴⁰ IGAC, 2009

⁴¹ CRUZ y GARCÍA, Pablo Emilio. (2002). Cuencas Hidrográficas, Universidad de Los Llanos.

⁴² GARCIA, E y GARZON, A. (2007). El Sistema Complejo de la Cuenca Hidrográfica, 2007

que se dan para modelar, controlar, el sistema y satisfacer las demandas de agua de la comunidad.

Teniendo en cuenta las dos afirmaciones es posible comprender que en la superficie de la cuenca, los componentes físicos (suelo, agua y clima), biótico (vegetación, fauna silvestre, y microorganismos) y socioeconómico (población humana y actividades económicas que desarrollan) dependen solidariamente por su sostenibilidad.

Montes⁴³ define cuenca hidrográfica desde otro punto de vista, afirmando que es el espacio delimitado por dos aspectos, el primero es la quebrada o el río y el segundo el recorrido que realiza el agua lluvia que escurre sobre la superficie o se infiltra en el suelo para alimentar el cauce, por el centro de la cuenca, va el río o la quebrada y a su alrededor están las faldas y crestas de las montañas de donde escurre el agua que alimenta dicho río o quebrada. Gonzales⁴⁴ coincide con la definición de Montes y da una conceptualización: Es un territorio o parte de la superficie terrestre compuesta por un sistema de drenaje, por la cual las aguas lluvias o subterráneas, escurren, real o potencialmente hacia un colector común, que puede ser un río, el océano, o un lago. Esa línea imaginaria que separa una cuenca de otra recibe el nombre de divisoria de aguas, o divorcio de aguas.

1.9 MICROCUENCA

La microcuenca se define como una pequeña unidad geográfica donde vive una cantidad de familias que utiliza y maneja los recursos disponibles, principalmente suelo, agua y vegetación⁴⁵.

Desde el punto de vista operativo, la microcuenca posee un área que puede ser planificada mediante la utilización de recursos locales y un número de familias que puede ser tratado como un núcleo social que comparte intereses comunes (agua, servicios básicos, infraestructura, organización, entre otros). Cabe destacar que en la microcuenca ocurren interacciones indivisibles entre los aspectos económicos (relacionado con los bienes y servicios producidos en su área), sociales (asociados a los patrones de comportamiento de las poblaciones usuarias directas e indirectas

⁴³ MONTES PULIDO, Carmen Rosa. (2010). Desarrollo Local Sostenible, Un Instrumento para Alcanzar La Competitividad en La Amazonia Colombiana: Experiencia en El departamento del Guaviare (Colombia).

⁴⁴ GONZALES Fernández Manuel (2008), La ciencia ayer y hoy.

⁴⁵ FAO, 2008.

de los recursos de la cuenca) y ambientales (vinculados al comportamiento o reacción de los recursos naturales, frente a los dos aspectos anteriores). Por ello, la planificación del uso y manejo de los distintos recursos en la microcuenca debe considerar todas estas interacciones.

Alatorre Monroy⁴⁶, respalda el concepto de la FAO, diciendo que la microcuenca debe ser considerada desde un principio como un ámbito de organización social, económica y operativa, además de la perspectiva territorial hidrológica, tradicionalmente considerada.

Bahamondes⁴⁷, refuta lo dicho por FAO (2008) y por Alatorre Monroy (SF) afirmando que una micro cuenca hidrográfica, al igual que la cuenca, es una unidad física determinada por la línea divisoria de aguas, que delimita los puntos desde los cuales toda el agua escurre hacia el fondo de un mismo valle, río, arroyo o vegas, al unirse el caudal y superficie drenada de varias micro cuencas, conformando las cuencas hidrográficas de mayor tamaño.

1.10 RELIEVE

Según Arias ⁴⁸, el relieve puede considerarse de una manera sencilla, como el conjunto de formas que se presentan en la superficie de la tierra. Su estudio implica establecer las relaciones que se dan entre las formas de la superficie terrestre (geo formas), los materiales asociados a dichas formas y el efecto que tienen sobre ellas y los procesos que les han dado origen y que las han remodelado a través del tiempo. De acuerdo con Arias, las formas y la dinámica del relieve se definen en un entorno donde confluyen influencias climáticas y geológicas y la intensidad con la cual han actuado estas influencias, siendo utilizadas frecuentemente para clasificar los tipos de relieve.

Munar y Martínez⁴⁹ describe el relieve desde otra perspectiva afirmando que, es una cualidad de las unidades de tierra, incluyendo el nivel tecnológico, la posibilidad de mecanización, los microclimas, la exposición de las laderas, la cual se asocia a la cantidad de radiación solar, definitiva en la fisiología de las plantas. El libro Metodología y Evaluación de tierras 1-25000, UPRA,⁵⁰ se respalda en lo afirmado

⁴⁶ ALATORRE Monroy, Norberto. La Micro Cuenca como elemento de estudio de la vulnerabilidad ambiental, (SF).

⁴⁷ BAHAMONDES, Rafael. Manejo de Cuencas Hidrográficas, (SF)

⁴⁸ ARIAS Alberto (2001). Edafología.

⁴⁹ MUNAR y MARTÍNEZ Carlos (2010). Física de Suelos.

⁵⁰ Op. Cit. (UPRA). (2013) Evaluación de tierras para la zonificación con fines Agropecuarios.

por Munar y Martínez (2010), y anexan que la pendiente es un factor importante del relieve, por lo tanto la pendiente es una característica del suelo, que hace referencia a la inclinación de la superficie del terreno y que está relacionada con las prácticas de manejo mecánico e hidrológico, además es un determinante de la erosión y de los procesos de remoción en masa. Además del grado de la pendiente, en evaluación de tierras, es importante reconocer la longitud y la forma de la pendiente, las cuales definen el grado de dificultad de la mecanización, la nivelación y aspectos importantes en áreas donde se requiere el uso de riego o drenaje.

1.11 ANÁLISIS DE SUELOS

Almanza Manrique⁵¹, en cuanto al análisis de suelos, cuantifica sus propiedades físicas, químicas y biológicas, con indicadores como: textura, capacidad de almacenamiento y suministro de agua, porosidad, densidad aparente y real, pH, acidez, saturación de bases, aluminio y otras que permiten, visualizar el estado del suelo, diseñar estrategias para su mejoramiento, conservación y adecuado uso. Del conocimiento de estas propiedades depende la eficiencia y economía de prácticas comunes como la fertilización, el riego, las necesidades de drenaje y el laboreo, entre otros.

Blanco⁵² confirma la apreciación de Almanza (2005), pero manifiesta que además del conocimiento de las características físico-químicas de los suelos, se deben tener en cuenta las condiciones climáticas y las características biológicas de una zona en particular, constituyéndose en la información básica que todo productor agrícola y asistente técnico debería tener en cuenta, antes de tomar cualquier decisión sobre la siembra de un sistema de producción, con perspectivas de obtener buenos rendimientos y éxito económico. Sin los análisis de suelos es prácticamente imposible lograr estas metas, corroborado por Villaneda⁵³ sobre lo manifestado por Blanco y agrega que el análisis de suelo es una herramienta importante para diagnosticar deficiencias y toxicidades, con el fin de reducir los costos de producción y disminuir el impacto ambiental.

Para Blanco⁵⁴, la utilidad de los análisis de suelos dependen de la responsabilidad con que se realice la labor del muestreo, la representatividad de la muestra, la calidad de los análisis de laboratorio y la capacidad para interpretar correctamente los resultados, de tal manera que las recomendaciones se fundamenten en la

⁵¹ ALMANZA Manrique, Rodolfo. (2005). Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional.

⁵² BLANCO Sandoval, Eduardo. (2003). Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional.

⁵³ VILLANEDA Vivas, Gloria. (2006). Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional.

⁵⁴ Op. Cit. BLANCO S.

respuesta de los cultivos a la aplicación de los nutrientes esenciales, con base en su disponibilidad en el suelo y las necesidades de la especie a sembrar, pues estos análisis, carecen de valor cuando no se establece claramente la correlación entre los niveles críticos de los nutrientes en el suelo y las necesidades de enmiendas y fertilizantes teniendo en cuenta la relación suelo, agua, planta, condiciones climatológicas y manejo agronómico del cultivo.

1.12 ESPECIES FORRAJERAS PREDOMINANTES POR CLIMAS

En la tabla 4, se presentan los pisos térmicos y la clase de los pastos principales adaptados a las condiciones climáticas.

Tabla 4. Pisos térmicos y la clase de los pastos principales adaptados a las condiciones climáticas

Piso térmico	Clase de pastos	Especie de pastos
Frio	Gramíneas	Ryegrass (<i>Lolium hybridum</i>), Pasto azul orchoro (<i>Dactylis glomerata</i>), Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)
Templado	Gramíneas	Micay (<i>Axonopus micay</i>), Pangola (<i>Digitaria eriantha</i>), Angleton (<i>Dichanthium aristatum</i>), Para (<i>Brachiaria mutica</i>), Guinea (<i>Panicum maximum</i>), Gordura (<i>Melinis minutiflora</i>), Puntero (<i>Hyparrhenia rufa</i>), Imperial (<i>Axonopus scoparius</i>), Elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>), Guatemala (<i>Tripsacum laxum</i>), <i>Brachiaria sp</i> (Brizantha, Humidicola, Alambre, Mulato I, Mulato II), Estrella (<i>Cynodon nlemfluensis</i>), Grama (<i>Paspalum notatum</i>)
Cálido	Gramíneas	Puntero (<i>Hyparrhenia rufa</i>), Guinea (<i>Panicum maximum</i>), Para (<i>Brachiaria mutica</i>), Angleton (<i>Dichanthium aristatum</i>), caña forrajera (<i>Saccharum officinarum</i>), Elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>) y Guatemala (<i>Tripsacum laxum</i>)

Fuente: IGAC, 2009.

1.13 NIVEL DE EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES DE LOS PASTOS

En la Tabla 5, se presentan los niveles de extracción de nutrientes de los pastos principales en clima frío y medio.

Tabla 5. Nivel de extracción de nutrientes en cultivos de pastos y forrajes

Especie	Extracción de nutrientes Kg.ha ⁻¹ – año				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S
Clima Frio					
Kikuyo	389	83	415	-	-
Festuca Alta	151	73	207	14	-
Orchero	224	61	201	22	28
Raigras ingles	240	95	268	45	-
Raigras anual	432	110	480	-	-
Alfalfa	890	134	672	60	57
Tréboles	336	100	403	34	34
Clima Medio					
Pangola	334	120	481	75	51
Guinea	332	113	488	110	51
Elefante	339	164	677	70	84
Pará	344	109	515	88	46
Brachiaria	230	53	252	-	-

Fuente: Bernal y Espinosa, (2003)

1.14 FERTILIZACIÓN DE FORRAJES

Según, los estudios realizados Peters *et al.*⁵⁵, los elementos principales que limitan el establecimiento y mantenimiento de las especies forrajeras en el trópico son Nitrógeno, Fósforo y Potasio (N, P, K), además de Calcio, Magnesio y Azufre (Ca, Mg y S). Es muy importante hacer un análisis del suelo antes de iniciar un establecimiento de una pastura para saber sus condiciones físicas y químicas y poder hacer las correcciones y ajustes necesarios según los requerimientos de las especies a sembrar.

⁵⁵ PETERS, Michael; FRANCO, Luis Horacio; SCHMIDT, Axel e HINCAPIÉ, Belisario. Especies Forrajeras Multipropósito: Opciones para Productores del Trópico Americano, 2011

Los fertilizantes tienen efecto residual y está relacionado con la solubilidad de los mismos, siendo determinantes en la eficiencia del uso que la planta hace de ellos⁵⁶. Del nitrógeno aplicado al suelo como fertilizante, solo del 40 al 60% es utilizado por las plantas; en suelos arenosos y regiones muy lluviosas, la utilización puede ser ineficiente por el lavado. Los fertilizantes se deben aplicar de manera que no queden en contacto directo con las semillas para evitar que se quemen. No se deben usar fertilizantes muy viejos o mal almacenados, porque no podría tener el efecto deseado.

Se recomienda la siguiente fertilización para las praderas:

1.14.1 Establecimiento: 22 Kg /ha de P (equivalentes a 50 Kg de P₂O₅), 41.5 Kg/ha de K (equivalentes a 50 Kg de K₂O), 20 Kg /ha de Mg y 20 Kg /ha de S y para las gramíneas se aplican adicionalmente 100 Kg de N.⁵⁷ .

1.14.2 Mantenimiento: Después de 2 a 3 años de sembrado el potrero y dependiendo del uso y manejo se recomienda aplicar 7Kg de P, 41.5 Kg de K, 10 Kg de Mg y 10 Kg de S por ha⁵⁸.

1.15 ANÁLISIS DE CASOS

El Método de Caso (MdC) o estudio de casos, según Abad⁵⁹ es una técnica de aprendizaje activa, centrada en la investigación del estudiante sobre un problema real y específico que ayuda al alumno a adquirir la base para un estudio inductivo. Parte de la definición de un caso concreto, para que el alumno sea capaz de comprender, conocer y analizar todo el contexto y las variables que intervienen en el caso.

Fernández⁶⁰ define el MdC como un método de aprendizaje basado en la participación activa, de los estudiantes sobre una situación real. En esta definición se destacan tres dimensiones fundamentales dentro del MdC: 1) la importancia de que los alumnos asuman un papel activo en el estudio del caso, 2) que estén

⁵⁶ Ídem.

⁵⁷ Ídem.

⁵⁸ Ídem.

⁵⁹ ABAD, Darío. (1990). El Método de Caso. Conferencia, Especialización en Didáctica Universitaria. Universidad de Antioquia. Interponed Editores.

⁶⁰ FERNÁNDEZ, José Luis. (2001). El Método de Caso Aplicado a la Ética Empresarial. ESIC MARKET.

dispuestos a cooperar con sus compañeros y 3) que el diálogo sea la base imprescindible para llegar a consensos y toma de decisiones conjuntas.

Correa⁶¹ destaca que el MdC relaciona la teoría y la práctica en un proceso reflexivo, al demostrar la forma cómo se resuelven los problemas, el alcance de las decisiones que toman y la forma como manejan los recursos para administrar, convirtiéndolo a su vez en aprendizaje significativo, al tener que mostrar y analizar cómo los expertos han resuelto o pueden resolver sus problemas, las decisiones que han tomado o podrían tomar y los valores, técnicas y recursos implicados en cada una de las posibles alternativas.

1.16 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Llopis Pérez⁶² afirma que el Análisis de componentes principales (ACP) es una técnica estadística descriptiva que tiene como punto de partida una matriz de datos con una serie de individuos a los que se les ha medido varias variables. Por eso suele clasificarse como una técnica multivariante⁶³.

El ACP tiene como objetivo básico inicial suplir este déficit. Pretende realizar una representación de una nube de puntos multidimensional (de más de tres dimensiones), en dos o tres dimensiones⁶⁴. Es decir, se trata de visualizar lo que no se ve.

Para Terradez⁶⁵ es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número o de variables). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible. Los nuevos componentes principales o factores serán una combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí. Para este autor, un aspecto clave en ACP es la interpretación de los factores, ya que ésta no viene dada a priori, sino que será deducida tras observar la relación de los factores con las variables iniciales (habrá,

⁶¹ CORREA, Juan Guillermo. (2002). El Método de Caso como Estrategia Didáctica para La Formación de Administradores de Empresas. Semestre Económico.

⁶² LLOPIS Pérez, Jaume. (2005). La Estadística: Una Orquesta hecha Instrumento. Disponible en: <https://estadisticaorquestainstrumento.wordpress.com/2012/12/29/tema-17-analisis-de-componentes-principales/>

⁶³ Ídem.

⁶⁴ Ídem.

⁶⁵ TERRADEZ Guerra, Manuel. (2001). Análisis de componentes principales. Disponible en: http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Componentes_principales.pdf.

pues, que estudiar tanto el signo como la magnitud de las correlaciones). Esto no siempre es fácil, y será de vital importancia el conocimiento que el experto tenga sobre la materia de investigación⁶⁶.

1.17 ANÁLISIS DE CLÚSTER

Terradez⁶⁷ afirma que el Análisis de Clúster (conglomerados), es una técnica multivariante utilizadas para clasificar a un conjunto de individuos en grupos homogéneos, buscando agrupar elementos (o variables) para cada sujeto u objeto y, conforme a estas variables mide la similitud entre ellos, tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos.

“Una vez medida la similitud se agrupan en grupos homogéneos internamente y diferentes entre sí. El análisis de conglomerados se puede combinar con el Análisis de Componentes Principales, ya que mediante ACP se puede homogeneizar los datos, lo cual permite realizar posteriormente un análisis clúster sobre los componentes obtenidos”⁶⁸.

⁶⁶ Ídem.

⁶⁷ TERRADEZ Guerra, Manuel. Análisis de conglomerados. Disponible en: <http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Cluster.pdf>

⁶⁸ Ídem.

2. METODOLOGÍA

2.1 LOCALIZACIÓN

El estudio se desarrolló en el departamento del Cauca, en las regiones ganaderas que cubren los municipios de Almaguer, Rosas, Cajibío, El Tambo, La Sierra, La Vega, Patía, Popayán, Puracé, San Sebastián, Silvia, Sotaró, Timbío, y Totoró, ubicados desde los 600 m.s.n.m (municipio de Patía) y los 3000 m.s.n.m (municipios de Puracé y Totoró) y con temperatura promedio para la zona ganadera fría de 14°C (municipio de Totoró) a 23°C (Patía).

2.2 TOMA DE MUESTRAS

El muestreo de 1337 fincas ganaderas, lo realizó la fundación Alpina (100% usuarios del proyecto “Consolidación del Conglomerado Ganadero Cauca, a través del Fortalecimiento de la Producción Láctea en Catorce de sus Municipios”, entre el 25 de mayo del 2014 y el 20 de noviembre del 2014, las muestras se tomaron a 0,2 cm. del suelo, siguiendo la técnica descrita por Silva y Uchida (2000)⁶⁹, posteriormente se enviaron al laboratorio de suelos de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Fomento Económico Gobernación del Cauca, donde se realizaron los siguientes análisis: acidez intercambiable: KCL, 1N; M.O, Walkley & Black; P: Bray II; Ca, Mg, k, Na: AcONHA 1N pH: 7, Cu, Fe, Zn, Mn: Doble acido, B: Absorción atómica y/o Azomentin. Para los niveles generales de interpretación de análisis de suelos, se tomó como referencia a: Toncel (sf) (Anexo E) y Bemestings Analysis Grond, 1999: tomado de SGS TS Agri- Food Laboratory (Anexo F).

2.3 AGRUPAMIENTO

Apoyados en el Estudio de Zonificación de Suelos del departamento del Cauca, Instituto Geográfico Agustín Codazzi⁷⁰ se procedió con la metodología utilizada por Grisales G⁷¹ con las siguientes etapas:

⁶⁹ SILVA, J. y UCHIDA, R.S. (2000) Planta de manejo de nutrientes en los suelos de Hawaii: enfoques para la Agricultura Tropical y Subtropical. Agricultura de la Universidad de Tropical y recursos humanos, Universidad de Hawaii en Manoa, Honolulu.

⁷⁰ IGAC, 2009.

⁷¹ GRISALES, G. Alfonso. Suelos de la zona cafetera, clasificación y usos. Ed. Fondo Cultural Cafetero, Medellín (1997).

2.3.1 Revisión bibliográfica: Se revisó el Estudio del Instituto Geográfico Agustín Codazzi⁷² y el Documento de Análisis Socio – Ambiental del departamento del Cauca: Como Elemento para Identificación de Alineamientos para Ajuste de Instrumentos de Planificación de la CRC⁷³ sobre manejo y uso de suelos, tipo de suelos, clima, aspectos socioeconómicos que hicieran posible el agrupamiento por zonas ganaderas según los resultados de los análisis de suelo.

2.3.2 Reconocimiento de campo: Se visitaron 268 fincas al azar, correspondiente al 20% del total en las zonas ganaderas para obtener información sobre: zonas prioritarias ganaderas, fisiografía, hidrografía, infraestructura, tipos de suelos, aspectos ecológicos, uso, comportamiento de pastos y forrajes.

2.3.3 Revisión preliminar del mapeo de micro cuencas: Se analizó la cartografía del estudio del IGAC en referencia, para familiarizarse con las regiones y determinar la ubicación de cada zona ganadera. Una vez realizadas estas etapas, se tuvieron en cuenta las variables de capacidad de uso de tierras, relieve, tipos de suelos, producción para establecer el agrupamiento.

2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Según el grupo de investigación en nutrición NUTRIFACA de la universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias en compañía con los directores de trabajo de grado establecieron que para el análisis se utilizó la estadística descriptiva y una representación de gráficos de líneas; mediante el análisis por Componentes Principales (ACP) software SAS (System For Windows) versión 9.0 para realizar una síntesis de la información o reducción de la dimensión (número de variables) con el objetivo de obtener un menor número, sin perder cantidad de información.

Luego se determinaron los clústeres por el método Ward (mínima varianza), tomando como indicador el Coeficiente de determinación (R^2).

NOTA: Los cálculos de los planes de fertilización se realizaron teniendo en cuenta los resultados de los análisis de suelos y los requerimientos nutricionales de los pastos.

⁷² IGAC, 2009.

⁷³ ORTEGA Fernández, Luis Alfonso. Documento de Análisis Socio - Ambiental del departamento del Cauca: Como Elemento para Identificación de Lineamientos para Ajuste de Instrumentos de Planificación de C.R.C. Popayán, 2009

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Una vez revisado el estudio del IGAC, 2009 y el Documento de Análisis Socio Ambiental del departamento del Cauca: Como elemento para identificación de alineamientos para ajuste de instrumentos de planificación⁷⁴, se obtuvieron los criterios para realizar comparaciones de zonas según las siguientes variables:

3.1.1 Tipo de suelos: Según los documentos mencionados, el departamento del Cauca posee suelos con grandes limitaciones, de condiciones ambientales variadas y vías de acceso difíciles para el manejo de los productos agropecuarios. Los suelos de la zona ganadera, en su mayoría, están ubicados en las micro cuencas de ríos limítrofes entre municipios y presentan geo formas muy diversas como relieves montañosos, colinados, valles y planicies aluviales.

La zona ganadera presenta un paisaje montañoso que comprende: **Montaña Fluvio Gravitacional**, considerado como paisaje dominante con el 56.27% de distribución en las cuencas, que pueden ser a) crestas ramificadas; lomas y colinas; y b) crestas ramificadas y lomas. Los suelos presentan fertilidad de moderada a baja, destacándose los suelos de fertilidad moderada a alta como son los de la cuenca del Patía.⁷⁵

Otro paisaje es: **Montaña Estructural Erosional**, se presenta en los municipios de Patía y El Tambo; relieves que pueden agruparse en diversas formas como: a) crestas ramificadas, crestones y lomas; b) crestas, crestones y colinas; c) crestas, crestones, espinazos y crestas ramificadas; d) crestones y espinazos; y e) crestones, crestas y espinazos donde predominan suelos de fertilidad moderada a baja⁷⁶.

En los paisajes de montaña y lomerío de relieve ondulado hasta escarpado, dominan los procesos de translocación y pérdidas por el movimiento vertical y lateral del agua (drenaje hipodérmico). Los fenómenos de escurrimiento difuso y reptación

⁷⁴ Op. Cit. ORTEGA Fernández, Luis Alfonso.

⁷⁵ IGAC, 2009. ORTEGA Fernández, Luis Alfonso

⁷⁶ Op. Cit. ORTEGA Fernández, Luis Alfonso

están ligados al movimiento lateral del agua y se manifiestan a lo largo de las vertientes de las filas y vigas produciendo el desgaste permanente de las capas superficiales de los suelos, bien sea que estos se hayan desarrollado a partir de cenizas volcánicas o por alteración del sustrato, facilitando el permanente rejuvenecimiento en estas geo formas con suelos muy poco a moderadamente evolucionados clasificados dentro de los órdenes Entisoles e Inceptisoles.

En el paisaje de la **meseta de Popayán** se encuentra la planicie aluvial del río Cauca, el relieve es plano a ondulado con pendientes entre 0 - 30%; suavizado por los aportes laterales y los asociados a las corrientes de agua, rejuveneciendo constantemente estas superficies, la evolución pedogenética de estos suelos es baja a moderada y en las terrazas que presentan un relieve plano y con mayor estabilidad son de alta evolución pedogenética donde son clasificados como Alfisoles y Andisoles.

Según la revisión, el origen de los suelos de la zona ganadera del departamento esta combinado con la diversidad climática y otros aspectos evolutivos que han generado una variedad de eventos volcánicos e hidrológicos, presentando zonas con suelos de buenas características físicas, de fertilidad moderada a baja.

En cuanto a los suelos de la cuenca del rio Cauca es donde habita la mayor cantidad de población involucrada en la actividad ganadera del departamento, hecho que la convierte en una de las cuencas con mayores problemas de contaminación, transporte de sedimentos por pérdida de la cobertura vegetal, mal uso y manejo de los suelos provenientes de la misma actividad debido al sistema de tecnología tradicional utilizada en la producción, la distribución según la cobertura de los sistemas cultivados de las cuencas del rio Patía y Cauca⁷⁷ (Tabla 6 y 7).

En las tablas 6 y 7 se observa que el porcentaje relacionado con las clases de cultivo, las zonas sin o con capa de vegetación y las clases de bosques corresponde al 47 y 36% en las cuencas del Patía y del río Cauca, respectivamente, indicando el gran potencial que tienen para el uso ganadero como actividad productiva en el departamento.

⁷⁷ IGAC, 2009.

Tabla 6. Tipos de cobertura de la cuenca del Patía

Cobertura	Porcentaje de la cuenca
Sin información	2,02
Cultivos anuales o transitorios	0,61
Cultivos semipermanentes y permanentes	2,31
Pastos	47,00
Áreas agrícolas heterogéneas	14,64
Bosques plantados	0,25
Bosques naturales	2,48
Vegetación secundaria	24,61
Arbustales	4,03
Herbazales	1,76
Zonas desnudas, sin o con poca vegetación	0,10

Fuente: IGAC, 2009.

Tabla 7. Tipos de cobertura en la cuenca del río Cauca

Cobertura	Porcentaje de la cuenca
Sin información	— 2,67
Áreas urbanas	— 0,55
Áreas mayormente alteradas	— 0,21
Cultivos anuales o transitorios	— 4,24
Cultivos semipermanentes y permanentes	— 13,20
Pastos	— 36,78
Áreas agrícolas heterogéneas	— 4,95
Bosques plantados	— 1,00
Bosques naturales	— 4,13
Vegetación secundaria	— 22,85
Arbustales	— 4,28
Herbazales	— 4,08
Zonas desnudas, sin o con poca vegetación	— 0,15

Fuente: IGAC, 2009.

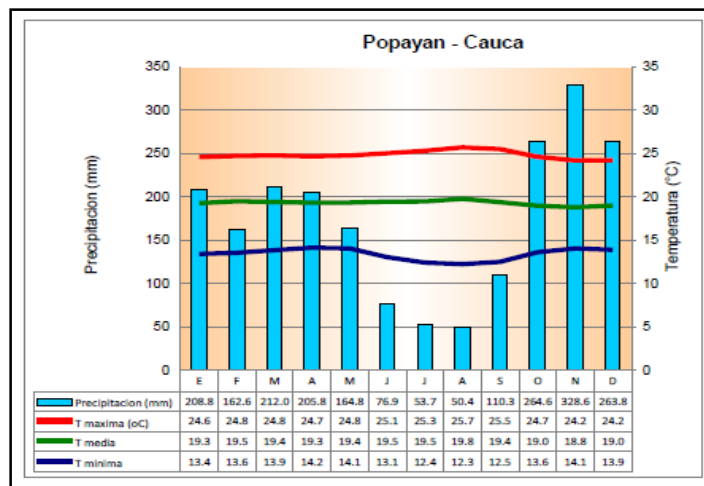
3.1.2 Clima: El clima de la zona ganadera del departamento del Cauca varía desde cálido seco hasta el extremadamente frío húmedo y muy húmedo. Las precipitaciones influyen de manera indirecta sobre la producción animal, pues su efecto pasa a través de la producción de pastos, la disponibilidad de agua y se considera que la producción de pasto está limitada fundamentalmente por el factor

agua. En este sentido, han sido referidos de forma evidente los efectos favorables del incremento de las lluvias en la producción de leche vacuna y la reproducción generalmente como resultado de la mayor producción de pastos en cantidad y calidad

Las lluvias presentan comportamiento diferenciado según las zonas orográficas, siendo el occidente y suroeste del departamento las regiones más lluviosas con promedios superiores a los 5000 mm, seguida de la bota caucana con más de 3000 mm anuales, las áreas con menor precipitación corresponden a: a) Valle del Patía con promedios entre 1332mm en las partes más bajas (350 msnm) a 1359 mm en las partes más altas del Valle (720 msnm); b) Valle geográfico de las subcuencas altas de la cuenca del río Cauca con un promedio entre 1100mm a 1500 mm anuales⁷⁸.

La meseta de Popayán presenta un régimen de lluvias bimodal; la primera temporada de lluvias del año comprende los meses de marzo, abril y mayo, seguida de una temporada seca iniciando el mes de junio, donde se presentan las más bajas precipitaciones en la zona, hasta mediados del mes de septiembre. La segunda temporada de lluvias se presenta entre los meses de octubre y noviembre con las más altas precipitaciones del año, presentando una intensidad de precipitación promedio mensual de 158.10 mm. Y finalmente se presenta la segunda temporada de baja precipitaciones que se inicia a partir del mes de diciembre hasta el mes de febrero, como se puede observar en las figuras 2 y 3.

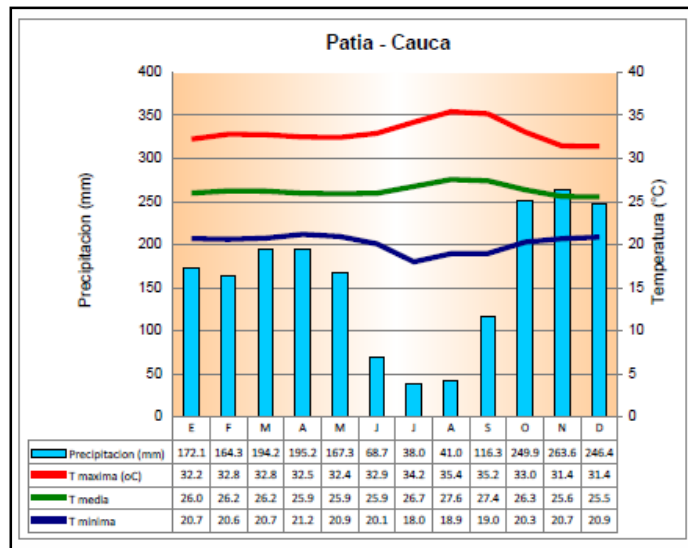
Figura 2. Temporada de precipitaciones en Popayán, Cauca



Fuente: IDEAM ,2015.

⁷⁸ Op. Cit. ORTEGA Fernández, Luis Alfonso

Figura 3. Temporada de precipitaciones en Patía, Cauca



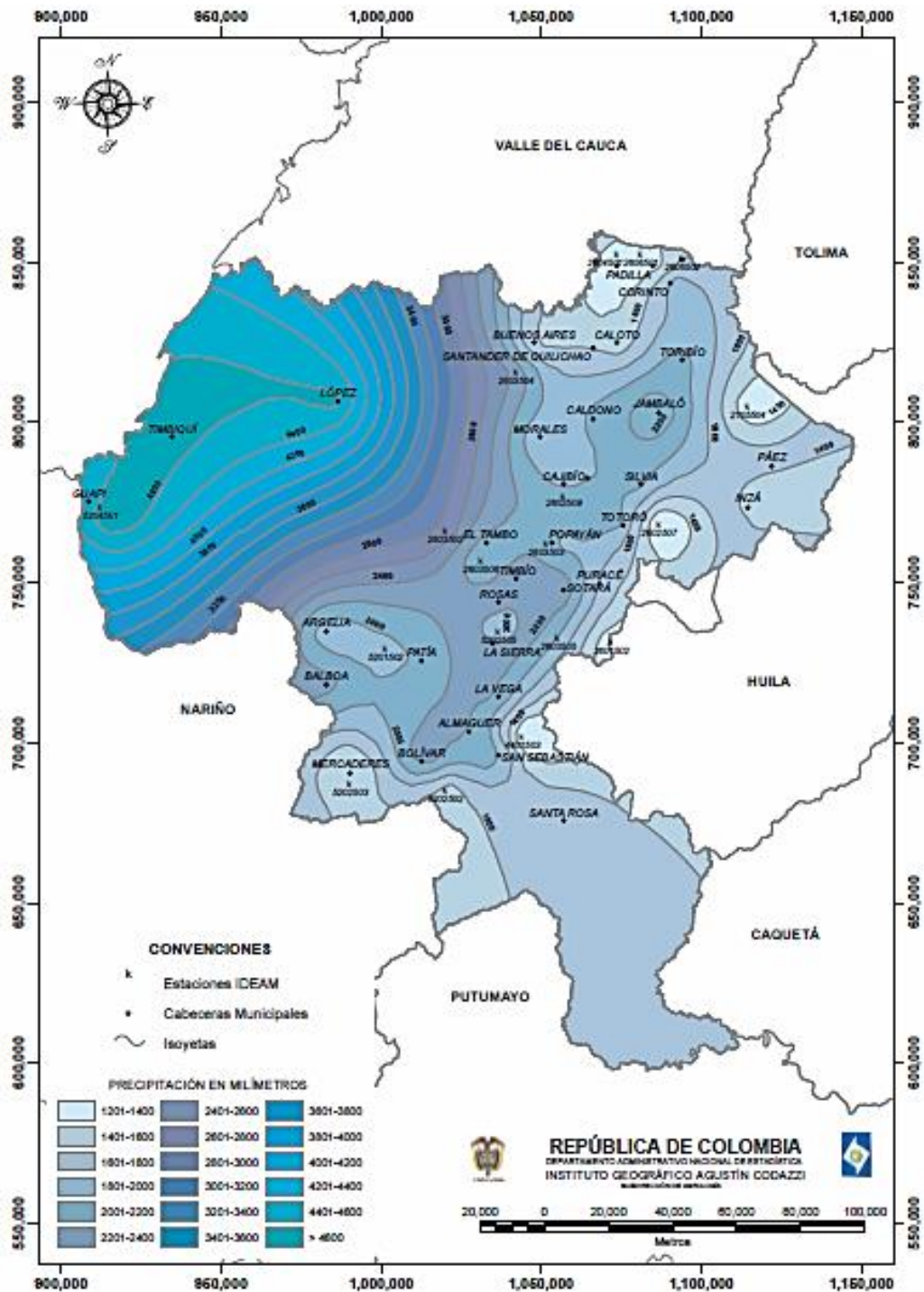
Fuente: IDEAM, 2015.

Para tener una visión resumida se obtiene el mapa hidrográfico del departamento del Cauca. (Figura 4), donde se puede leer los rangos y colores según la precipitación anual de cada zona, aspectos a tener en cuenta para el manejo y uso de la producción y distribución de la zona ganadera del departamento.

3.1.3 Manejo y uso de suelos: El estudio de suelos del IGAC (2009), referencia que en las laderas de las montañas de clima frío de la zona ganadera, se tienen cultivos transitorios tradicionales de maíz, papa, cebolla y hortalizas sobre pendientes inclinadas y en suelos de baja a mediana fertilidad que requieren manejos apropiados para garantizar su conservación. Otra actividad sobre estos suelos es la ganadería, con poca tecnificación, pastos naturales y algunas áreas con pastos en rastrojo.

En zonas de la vertiente oriental de la cordillera Occidental y del altiplano de Popayán se presenta pastoreo extensivo con bajo nivel tecnológico en suelos de baja fertilidad con pastos naturales, en esta vertiente se encuentran las microcuencas que cubren los municipios de Timbío, El Tambo, Rosas, Cajibío, La Sierra, donde se desarrollan actividades ganaderas destacándose una ganadería que en los últimos años ha venido tecnificándose, principalmente en el altiplano de Popayán.

Figura 4. Distribución espacial del nivel de precipitaciones (mm) en el departamento del Cauca



Fuente: IGAC, 2009.

En áreas de colinas y lomeríos cercanas a cimas que son dedicadas al pastoreo se presenta erosión por la presencia de patas de vaca y terracetos, debido a las pendientes de los suelos que no las hacen aptas para dicha labor.

En climas cálidos, los suelos presentan características planas a semiplanas, como en el municipio de El Patía, siendo estas tierras destinadas al pastoreo semi-intensivo donde actualmente se encuentra en un proceso de tecnificación.

El documento de planificación⁷⁹ afirma que los municipios pertenecientes a la zona ganadera están ubicados en dos cuencas del departamento del Cauca (Figura 5).

3.1.3.1 Zona media de la cuenca Cauca: Su área de influencia corresponde a la Meseta de Popayán, comprende los municipios de Popayán, Cajibío y parte de El Tambo (Figura 5). En esta zona el sistema más significativo, en términos sociales y económicos, es el de economía campesina e indígena ya que constituye una fuente de seguridad alimentaria además genera excedentes para el sector agropecuario. Presenta plantaciones forestales comerciales de pino, eucalipto y guadua; café tecnificado en monocultivo e intercalado con plátano; macadamia, caña panelera, flores de tipo exportación y mercado nacional, frutales, yuca, frijol, fique.

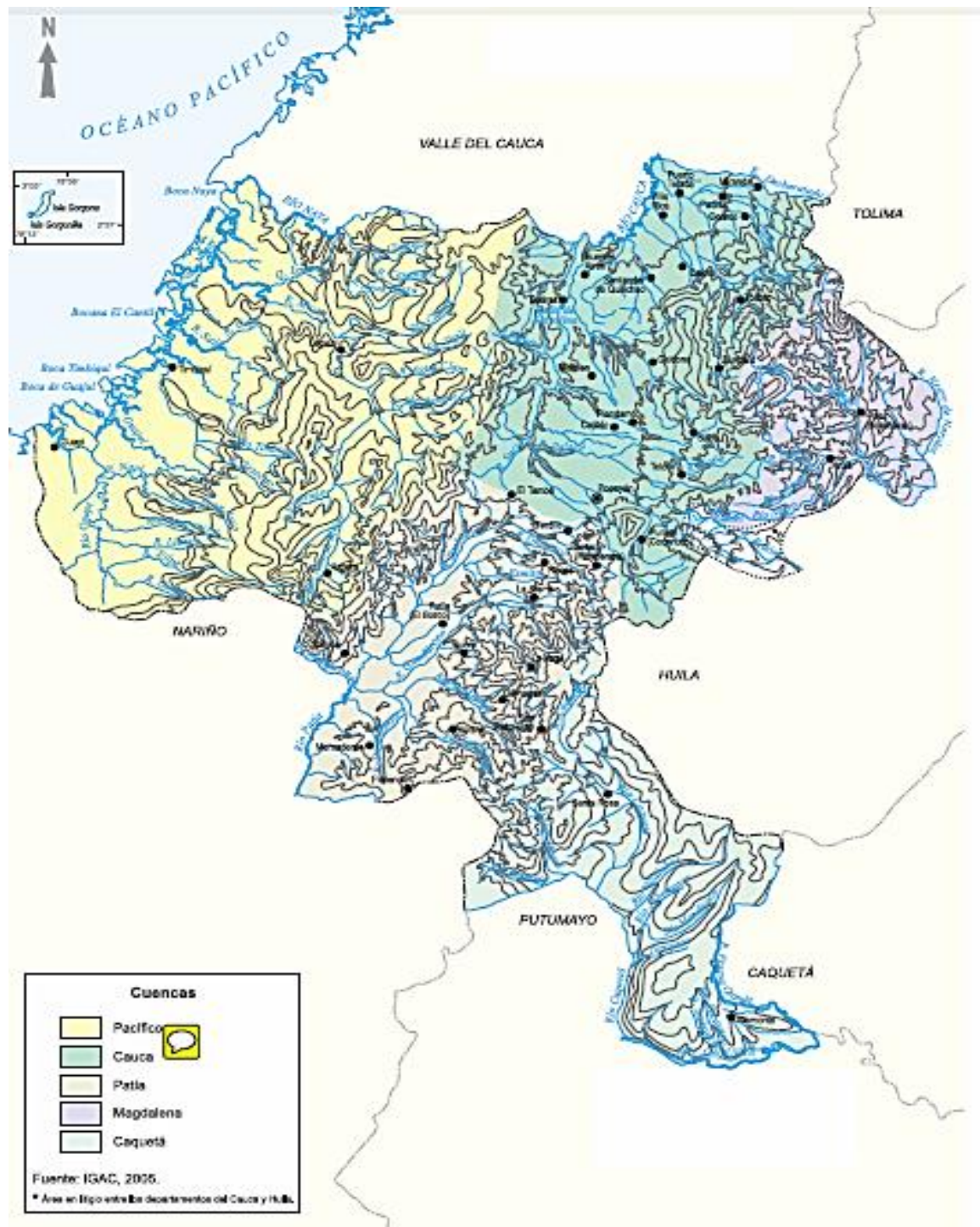
En la producción pecuaria se destaca la ganadería lechera y de doble propósito, que abastecen en gran parte la demanda de los centros urbanos de la región. Los suelos de la región son derivados o tienen alguna relación con las cenizas volcánicas. Se pueden clasificar como de baja a moderada fertilidad natural, susceptibles a la erosión, bien drenados y en su mayoría de texturas Franco-arcillosas, cuenta con infraestructura vial y en ella se ubica la mayor parte de la agricultura y ganadería comercial del departamento.

3.1.3.2 Cuenca Alta del Río Cauca: Comprende desde el nacimiento del Río Cauca, los Municipios de Puracé, Totoró y Silvia (Figura 5), correspondientes a la zona ganadera. Presenta explotaciones comerciales a pequeña escala de café, plátano, fique, frijol, maíz, yuca, frutales, hortalizas y medicinales. El mayor uso de los suelos está dedicado a la ganadería semi - intensiva, tradicional, poco tecnificada, con pastos naturales y pasturas mejoradas, algunos productores mantienen sistemas de rotación, existe poca arborización, sin planes de fertilización para las praderas, poca introducción de leguminosas herbáceas y arbóreas, con controles fitosanitarios⁸⁰.

⁷⁹ Op. Cit. ORTEGA Fernández, Luis Alfonso

⁸⁰ IGAC, 2009

Figura 5. Cuencas hidrográficas en el departamento del Cauca



Fuente: IGAC, 2009.

La ganadería se encuentra en áreas de relieve moderadamente ondulado y fuertemente quebrado con pendientes moderadas a fuertemente inclinadas, cortas y ligeramente convexas entre 12-25 y 50% con suelos de baja fertilidad, superficiales a profundos, bien drenados, de texturas gruesas, muy fuerte a fuertemente ácidos, alta saturación de aluminio y fertilidad natural baja⁸¹.

El resto de los suelos se encuentran cubiertos con vegetación de páramo, rastrojos y bosques naturales.

La Cuenca Alta del Río Cauca, alberga población indígena colombiana, asentados en resguardos, pertenecientes a grupos étnicos que en su mayoría conservan sus costumbres y tradiciones y sobre todo mantienen el régimen comunal de resguardo y gobierno propio (cabildo) siendo esta una forma de propiedad de la tierra mediante, los títulos colectivos de las comunidades y de la misma manera su economía

3.1.3.3 Valle Geográfico del Río Patía: Comprende principalmente los Municipios del Patía y las tierras bajas de El Tambo, Timbío, La Sierra (Figura 5). La principal actividad económica es la ganadería. En esta zona se encuentran suelos fértiles y profundos, de origen aluviales y coluviales, con altos contenidos de materia orgánica donde se desarrollan, de manera tradicional, explotaciones: a) ganadería extensiva de cría y ceba que es manejada en su mayoría por latifundistas, quienes son dueños del 80% de la tierra aproximadamente, b) agrícolas como maíz, sorgo, cacao, algodón y c) frutales como sandía, papaya, melón, guayaba y cítricos (limón y naranja).

Los inadecuados sistemas tradiciones de explotación agrícola y ganadera, como la práctica de las quemas y la deforestación permanentes, han llevado a la disminución y desaparición de las fuentes hídricas, así mismo, se presentan en esta zona limitaciones como erosión o desertificación de los suelos que se acentúan en la zona de la meseta, parte media de la cordillera y el plan Patía, con un área aproximada de 6.000 hectáreas, causada por las inadecuadas e intensivas prácticas como el sobre pastoreo de la ganadería bovina y el mal manejo de planes de fertilización y rotación de pasturas, por lo cual se hacen urgente un adecuado manejo para aprovechar las buenas características que ofrece el Valle del Patía para la producción.

⁸¹ IGAC, 2009

El nivel de organización de los productores agropecuarios está orientado hacia el mejoramiento productivo, la seguridad alimentaria, sostenibilidad y aseguramiento de mercados para la producción, desarrollado por organizaciones como: COAGROUSUARIOS. Los productores socios se dedican a la producción de la ganadería bovina y las frutas de clima cálido.

3.1.3.4 Cuenca alta del río Patía: Macizo Colombiano. Comprende los municipios de, Almaguer, San Sebastián, La Vega, La Sierra, Sotaró, Rosas, y parte de El Tambo y Timbío (Figura 5), pertenecientes a la zona de estudio. Según IGAC (2009). En su parte alta y media está incorporada a la agricultura con cultivos como maíz, caña, cacao, papa, hortalizas.

Esta cuenca presenta un relieve que varía de plano a montañoso, con pendientes desde planos hasta quebrados y escarpados, con altitudes que fluctúan desde los 550 hasta los 4.000 msnm⁸². Se encuentran diferentes tipos de suelos sobre los cuales se realizan actividades de ganadería extensiva, aprovechando los pastos naturales de la región y los mejorados, especialmente sobre las terrazas aluviales asociadas al río Patía, con un número relativamente bajo de cabezas de ganado, baja capacidad de producción, en libre pastoreo con pastos naturales e introducidos, tecnología tradicional, poca tecnificación, algunos productores realizan rotación de potreros, inadecuado manejo de pastos, ganado y formación de pata de vaca. Se han realizado la introducción de leguminosas herbáceas y arbóreas, además de controles fitosanitarios.

En la Cuenca alta del Río Patía se realizó un cambio de pensamiento en un grupo de familias campesinas del municipio de Sotaró, con la ayuda del Convento de “Santa María Presentada” en Poschiavo y de la Parroquia de Ponte in Valtellina, formando la lechería Asproleso con el objetivo de brindar un precio adecuado para los campesinos, el desarrollo en la calidad de la leche, la asistencia a los animales y el mejoramiento de la tierra a los asociados, convirtiéndose en un aporte importante en la economía de las familias y espejo para los demás municipios de Almaguer, Rosas, Cajibío, El Tambo, La Sierra, La Vega, Patía, Popayán, Puracé, San Sebastián, Silvia, Timbío, y Totoró.

En este territorio están asentadas comunidades indígenas, afro descendientes y campesinas mestizas, convirtiéndose en referente, no solo por su biodiversidad e importancia hídrica sino por la construcción multiétnica y pluricultural.

⁸² IGAC,2009

El Plan de Desarrollo regional de las culturas del macizo y suroccidente colombiano 2002, afirma que la gran mayoría de los municipios que conforman la región del Macizo Colombiano, viven difíciles situaciones económicas y sociales que se expresa en escasez y presión sobre la tierra, infraestructura deficiente, conflictos sociales de la región, presencia de cultivos ilícitos (coca, amapola, marihuana) entre otros. Siendo el macizo un importante recurso hídrico, el aspecto socio económico se encuentra abandonado.

3.2 RECONOCIMIENTO DE CAMPO:

Se visitaron 268 fincas al azar, distribuidas en la zona ganadera del departamento del Cauca, porcentaje tomado por los investigadores para el estudio a realizar, haciéndose observaciones sobre la dedicación de las unidades productivas, tipos de cultivos, infraestructura vial, disponibilidad de agua y tipos de manejo del suelo por parte del productor sobre la actividad ganadera.

Según la ubicación de los municipios, estos pertenecen a subregiones con características homogéneas geográficamente, económicos y socioculturales, como lo manifiesta el IGAC (2009), correspondientes a las subregiones reportadas en el estudio de micro-cuencas (Figura 6).

3.2.1 Subregión Centro: Se encuentra ubicada en la cuenca media del río Cauca, conformada por los municipios de Cajibío, El Tambo, Popayán, Puracé, Silvia y Timbío, pertenecientes a la zona ganadera⁸³ (Figura 6).

En esta zona se visitaron 117 fincas donde se observó que las principales actividades de los productores giran alrededor de la agricultura con cultivos de café, caña panelera, maíz, plátano, fique, destacándose la parte técnica del cultivo del café en el sistema de semi sombra como actividad básica de la economía de las familias de la región. En el recorrido se pudo observar que existen predios de gran extensión explotados principalmente con ganadería extensiva donde los niveles de producción no son los mejores debido a las limitantes económicas y de índole tecnológico que presenta esta actividad. De las fincas visitadas se puede deducir que un 10% están tecnificada, con mejoras en praderas que mantienen sistemas de rotación, poca arborización y sin manejo de forrajes para la suplementación y mejora de la alimentación bovina, baja capacidad de carga, sin planes de fertilización para las praderas en las unidades productivas.

⁸³ IGAC,2009

Figura 6. Subregiones del departamento del Cauca



Fuente: IGAC, 2009.

Esta observación corrobora lo afirmado por el IGAC (2009) y Ortega (2009) donde se manifiesta que el sistema pecuario, ganadero está constituido por grandes haciendas que cuentan con infraestructura pecuaria el uso de pastoreo semi-intensivo, con el uso de prácticas agrícolas que les permiten aumentar capacidad de carga hasta 1.8 UGG/Ha, incrementos de la producción ayudados con un mejoramiento genético de animales, bajos niveles de administración y poco criterio empresarial.

Los suelos son de pendientes fuertes y rocosas, corroborado con el estudio del IGAC (2009) donde se menciona que los suelos de esta subregión son poco profundos, de texturas medias y pendientes fuertes, formados a partir de cenizas volcánicas, son bajos en bases intercambiables y limitados por la abundancia de fragmentos rocosos, clasificados como andisoles .

En esta subregión se observan desigualdades, en zonas rurales de los municipios de Popayán y Timbío, gozando de una amplia cobertura vial, mientras el resto presenta vías en mal estado o no tienen carreteras, lo que hace difícil el acceso de comunicación y comercialización de los productos de las unidades productivas. El Instituto Nacional de Vías (INVIAS),⁸⁴ indica que la cobertura de la red es muy limitada en algunos municipios deteriorando el desarrollo en cuanto al acceso a servicios y el flujo de mercancías y productos agrícolas en general.

3.2.2 Subregión Oriente: corresponde al municipio de Totoró ubicada en la cuenca alta del Río Cauca⁸⁵(Figura 6).

Se visitaron 17 unidades productivas, encontrando que el 100% de la ocupación de la población, es el trabajo agrario en cultivos piscícolas, agrícolas, ganadería doble propósito con sistemas tradicionales de crianza y pasturas propias de la región, plantas aromáticas y una poca representación de explotación minera. El estudio del IGAC (2009), en su análisis de zonificación y uso de suelos, reporta que en esta subregión la agricultura es el principal renglón de la economía con cultivos de papa, fique, maíz y cebolla junca además de ulluco, hortalizas, arveja, frutas, alpiste, café, trigo y haba. En el sector pecuario se ha impulsado la ganadería de doble propósito, apreciación afirmada por Ortega (2009).

Los suelos de la subregión oriente son de pendientes moderadas a fuertemente inclinadas, entre 12%-25% y 50% y no presentan encharcamientos.

⁸⁴ Instituto nacional de vías (INVIAS) 2015. Red vial nacional.

⁸⁵ IGAC, 2009

Según, el IGAC (2009), se han derivado de mantos de cenizas volcánicas a partir de la alteración del vidrio volcánico y de otros materiales piroclásticos Andisoles, clasificados de superficiales a profundos, bien drenados, de texturas gruesas, muy fuerte a fuertemente ácidos, alta saturación de aluminio y fertilidad natural baja con abundante actividad de macro organismos.

El Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Totoró (2015) establece que la infraestructura vial se describe en una red principal que comunica a Popayán -Totoró - Gabriel López – Inzá. Se evidenció que esta carretera está actualmente en mejoras y pavimentación y una red secundaria que comunica a la red principal con la zona campesina e indígena de los corregimientos y veredas, generalmente en regular estado, dificultando el acceso y el movimiento de productos agrícolas en la época de invierno, destacándose el cultivo de la papa en la zona fría y su rotación con siembras de pasturas para la ganadería lechera que se ubica en los corregimientos de Gabriel López, Aguas Vivas y Portachuelo, considerándose como una región de alta producción en los dos renglones. Esta observación es confirmada por el IGAC y el POT del municipio de Totoró.

3.2.3 Subregión Sur: Esta situada en el valle geográfico del río Patía, municipio de El Patía y Mercaderes (IGAC, 2009) (Figura 6).

Se visitaron 17 unidades productivas de este municipio se identificaron cultivos de maíz, cítricos, hortalizas, frijol, yuca, plátano, papaya, mango, borjón y chontaduro que se comercializan sin valor agregado; en cuanto a su producción pecuaria, se centra en la explotación de ganado bovino de doble propósito, enmarcado en una explotación extensiva y con alimentación no balanceada. La producción es basada en el uso de factores externos (agroquímicos etc.) de alto costo, con baja tecnología y muy dependientes del clima.

La infraestructura vial del municipio está influenciada por la vía panamericana. Según el POT del municipio (2015). El Patía presenta el 81.4% de sus veredas conectadas al sistema vial, con carreteras de primer orden como la carretera panamericana, segundo y tercer orden. En el recorrido se evidenció que la red vial está deteriorada sin mantenimiento adecuado.

Los suelos corresponden al orden histosol suborden haplustol de buena fertilidad, ligeramente ácidos y muy productivos cuando se les ofrece condiciones de buen manejo

3.2.4 Subregión Macizo: Conformada por los municipios de Almaguer, La Sierra, La Vega, Rosas y Sotar pertenecientes a la zona ganadera de la cuenca Alta del río Patía: Macizo Colombiano, conocida como la Estrella Fluvial del Pacífico, rea estratégica a nivel ambiental por ser la zona del nacimiento de importantes ríos como Magdalena, Cauca, Patía y Caquetá y abastecedora hídrica del país (IGAC, 2009) (Figura 6).

En las 97 unidades productivas visitadas se observó que estos municipios tienen como actividades principales, la producció pecuaria en ganado doble propósito especialmente en las áreas de ladera, con poca tecnificación, con pastos naturales y algunas áreas con pastos enrastrajados, la producció agrícola en productos como el café y el Plátano, lo que corrobora el análisis realizado por el CRC (2009), además afirma que en algunos sectores presentan cultivos ilícitos, principalmente coca y amapola que estn siendo erradicados porque representan un impacto ambiental severo sobre el suelo y el agua.

Los suelos presentan pendientes ligeramente inclinadas a ligeramente escarpadas, en algunos sectores se evidencia la presencia de erosión hídrica en grado moderado hasta severo, con frecuentes y abundantes movimientos en masa, principalmente, patas de vaca; en el estudio realizado por IGAC (2009) explica que esto es debido a que se han derivado de rocas ígneas como dioritas que alternan con esquistos recubiertos en sectores por capas de cenizas volcánicas.

En el estudio de zonificación de suelos del departamento del Cauca IGAC (2009), además, describe que los suelos de esta subregión son profundos a moderadamente profundos, bien drenados, texturas gruesas a finas, extremada a fuertemente ácidos, fertilidad natural baja a muy baja.

Pese a la riqueza paisajística del Macizo Colombiano, la infraestructura vial está desarrollada en dos órdenes: las vías secundarias que comunican las cabeceras municipales a la vía principal (vía panamericana)⁸⁶ observando que algunas se encuentran en proceso de pavimentación, y las vías de tercer orden que comunican corregimientos y veredas con las cabeceras municipales (INVIAS, 2015) estas vías presentan dificultades de acceso y transporte de productos en época de lluvias por el inadecuado mantenimiento del afirmado.

⁸⁶ INVIAS, 2015

3.2.5 Subregión Bota Caucana: Está subregión está ubicada en la cuenca alta y media del río Caquetá, al que pertenece el municipio de San Sebastián⁸⁷ (Figura 6).

En la visita realizada a las 17 unidades productivas ganaderas se observó que el sistema agropecuario está implementado como un modelo económico de subsistencia alimentario, con actividades económicas en ganado doble propósito de tipo extensivo, con grandes áreas en pastos naturales, falsa poa (*Holcus lanatus*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), grama (*Paspalum notatum*) principalmente y cultivos como la papa, maíz, café y caña panelera.

Los suelos de esta subregión tienen serios problemas de erosión, compactación drenaje, encharcamiento, la mayor parte del tiempo, debido a que son desarrollados a partir de cenizas volcánicas y rocas volcánicas (diabasas y andesitas), establece el estudio desarrollado por IGAC (2009), además afirma que en esta subregión los suelos son de texturas franca y franco arenosa, superficiales a muy profundos, clasificados como andisol e inceptisol.

Se evidencio que la infraestructura vial de esta subregión es escarpada y quebrada, pues no presenta procesos de pavimentación, por lo cual, el transitar por esta vía se hace cada vez más difícil en épocas de lluvia.

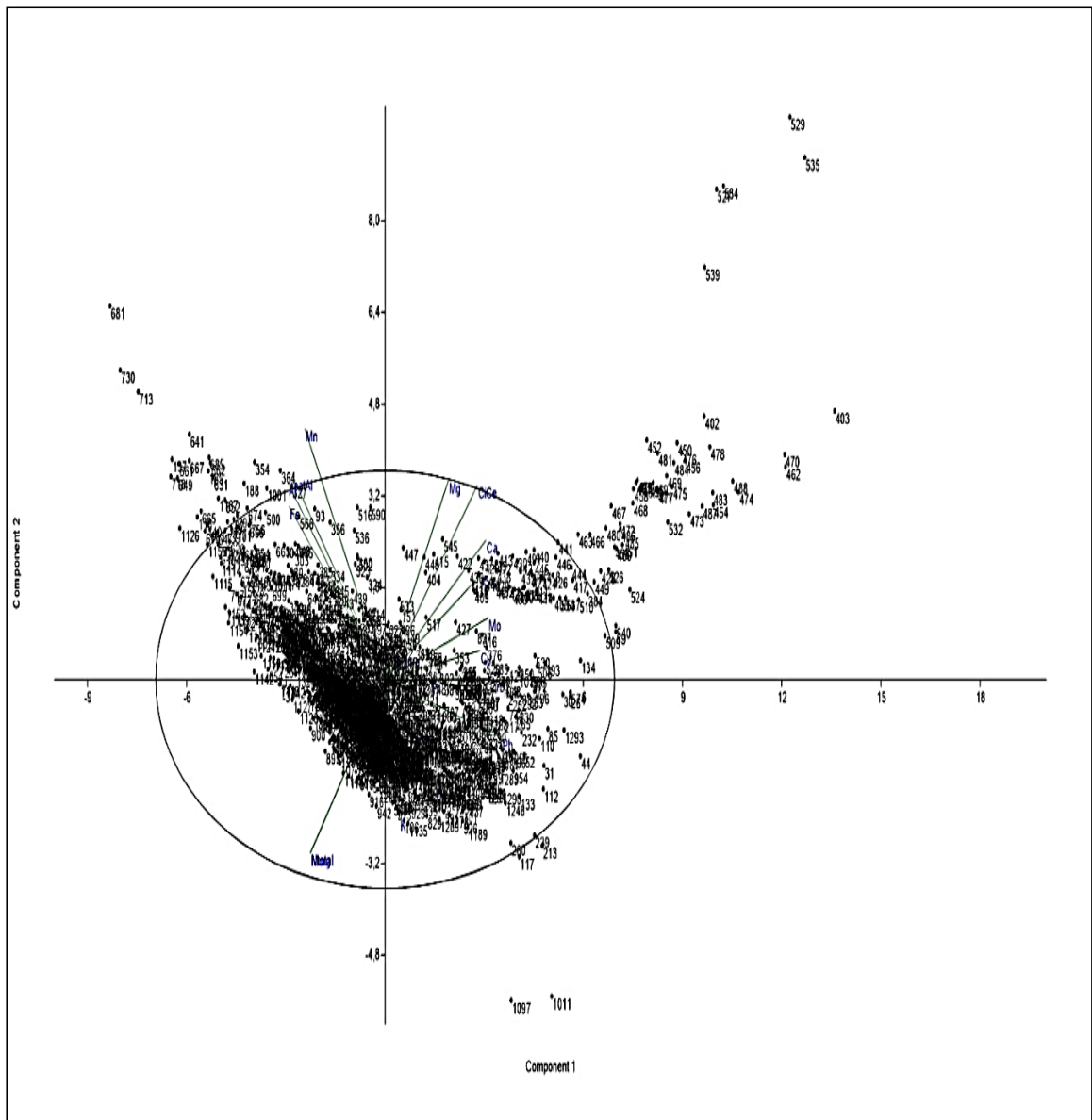
NOTA: La revisión preliminar del mapeo de cuencas, se observa en las figuras 5 y 6, tanto de la ubicación de las cuencas como de las zonas ganaderas descritas anteriormente

3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

De acuerdo a la agrupación de los valores relacionados según los análisis de suelos, se aplicó análisis de componentes principales (ACP) y un análisis de clústeres por el método Ward (mínima varianza), tomando como indicador el Coeficiente de determinación (R^2); se conformaron siete clústers ($R^2 = 87\%$), donde se agruparon los suelos estudiados (Tabla 8), con el análisis fisicoquímico de los suelos en cada uno de los siete grupos establecidos como se muestra en la Figura 7.

⁸⁷ IGAC, 2009

Figura 7. Componentes Principales de 1337 muestras de suelos de la zona ganadera



Fuente: Investigación propia.

Una vez analizada la información y confrontados los resultados se observó que existe poca dispersión en la información fisicoquímica de los suelos estudiados como se observa en la figura 8, donde la mayor parte de los suelos de la zona ganadera, se sitúan en los valores centrales para el 87% de las muestras analizadas.

Tabla 8. Agrupamiento de suelos de la zona ganadera del departamento del Cauca, mediante método de la mínima Varianza – Ward

	clúster 1			clúster 2			clúster 3			clúster 4			clúster 5			clúster 6			clúster 7		
	\bar{x}	Min	Max	\bar{x}	Min	Max	\bar{x}	Min	Max	\bar{x}	Min	Max	\bar{x}	Min	Max	\bar{x}	Min	Max	\bar{x}	Min	Max
pH	5,73	5,57	6,4	5,24	3,53	5,70	5,66	4,83	7,97	4,86	4,22	5,25	5,01	4,53	5,35	4,54	3,97	4,95	5,79	5,67	5,96
Ntotal	0,49	0,25	0,64	0,54	0,06	0,89	0,38	0,06	0,86	0,59	0,06	0,9	0,53	0,07	0,85	0,67	0,35	0,92	0,11	0,09	0,13
Morg	9,86	5,1	12,8	10,93	1,3	17,80	7,72	1,2	17,3	11,87	1,3	18	10,71	1,5	17,1	13,39	7	18,4	2,30	1,9	2,6
P	8,52	5,7	12,8	4,82	1	20,50	7,90	1	59,2	4,78	1,5	43	3,87	1	12,4	4,66	1,9	26,5	10,88	10	12,2
satAl	1,34	0	36,89	14,23	4,31	27,56	1,66	0	26,67	49,25	36,14	67,63	30,63	23,7	44,94	91,83	65,22	173,61	0,00	0	0
Al	0,53	0	0,9	0,46	0,1	2,60	0,07	0	0,6	1,15	0,7	2,3	0,82	0,4	2	1,85	1,1	2,9	0,00	0	0
Ca	3,99	3,5	5,6	2,01	0,83	6,14	4,30	1	22,73	1,28	0,9	2,2	1,50	0,4	3,4	1,12	0,6	1,71	10,38	6,8	14,28
Mg	0,76	0,53	1,9	0,66	0,11	6,03	2,02	0,19	14,8	0,45	0,12	2,01	0,51	0,19	1,95	0,35	0,14	0,92	52,04	39,6	64,51
K	0,61	0,54	0,89	0,40	0,11	1,50	0,43	0,11	3,17	0,31	0,1	0,76	0,35	0,12	0,83	0,28	0,14	0,85	0,39	0,36	0,44
Na	0,44	0,37	0,6	0,34	0,24	0,55	0,42	0,27	6,11	0,32	0,26	2,7	0,34	0,26	3	0,29	0,22	0,39	0,46	0,43	0,49
CiCe	6,06	4,96	11,64	3,41	0,39	7,94	7,13	0,36	37,86	2,33	1,66	3,85	2,69	1,29	5,11	2,04	1,44	3,37	63,27	52,42	73,4
B	0,37	0,36	0,41	0,34	0,23	2,90	0,37	0,27	1,3	0,30	0,25	1,31	0,31	0,26	0,34	0,27	0,22	0,32	0,39	0,38	0,4
Cu	1,32	1,1	2,1	1,25	0,3	1,90	1,51	0,4	2,8	1,05	0,4	2	1,17	0,7	1,8	0,92	0,5	2,1	2,00	1,8	2,4
Fe	10,40	11	14,6	12,93	10	19,10	11,04	7	17,4	14,76	11,4	23,4	14,21	10,8	20	16,22	13,2	24,7	9,42	7,2	11
Mn	10,66	11	17	13,87	1,7	24,80	12,04	7,2	21,3	17,61	12,2	24,1	16,40	12	21,5	21,00	15	31,3	8,94	7,2	10
Zn	1,84	1,8	2,5	1,49	1,04	2,70	1,84	1	3,5	1,30	0,8	1,7	1,34	1	1,9	1,21	0,7	1,6	2,30	2,1	2,5
Co	0,18	0,2	0,4	0,01	0	0,40	0,19	0	0,9	0,02	0	0,3	0,01	0	0,3	0,02	0	0,3	0,30	0,2	0,4
Mo	0,27	0,2	0,4	0,00	0	0,00	0,23	0	1	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,44	0,4	0,5

En general, los suelos estudiados se caracterizan por ser ácidos con un pH promedio de 5,31 (rango de 3,97 a 7,97); un contenido en aluminio de 0,49 meq/100g (rango de 0 a 2,90) y una saturación de aluminio de 26,99 % en promedio. Estos suelos presentan un contenido de Nitrógeno total (N total) 0,50 % (0,06 a 0,92); Magnesio (Mg) 1,30 meq/100g (0,11 a 64,51); potasio (K) 0,40 meq/100g (0,1 a 3,17); Fosforo (P) 5,94 ppm (1 a 59,2) y Calcio Ca 2,76 meq/100g (0,4 a 22,76). Se resalta un máximo de contenido de Ca en la unidad productiva la “Bodega” ubicada en la vereda el Juncal del municipio de El Patía, y un mínimo en la finca “Jigual” perteneciente a la vereda de La Aguada del municipio de La Sierra (Tabla 8).

Los elementos menores analizados dieron como resultado: Hierro (Fe) 12,81 ppm (7 a 24,7); Manganeso (Mn) 14,23 ppm (1,7 a 31,3); Boro (B) 0,35 (rango de 0,22 a 2,90) ppm; Cobalto (Co) 0,09 ppm (rango de 0 a 0,40) y Molibdeno (Mo) 0,09 ppm (rango de 0 a 0,5). Su capacidad de intercambio catiónico (CiCe) 4,81 meq/100g (0,36 a 73,4) (Tabla 8).

3.4 ANÁLISIS DE CLÚSTERS

3.4.1 Clúster 1: Conformado por 32 suelos ubicados en los municipios de Totoró (1), Silvia (2) y Sotaró (29), el grupo se caracteriza por tener valores cercanos al promedio general de cada elemento analizado (Anexo H).

Este agrupamiento, presentó valores de pH promedio de 5,73 obteniendo un valor mínimo de 5,57 en las veredas de Pueblo Quemado, Chapiloma y Pusquines, - municipio de Sotaró y un máximo de 6,4 en la vereda Salinas del mismo municipio; presenta una saturación de Aluminio 1.34 %; Magnesio 0,76 meq/100g; y presenta contenidos de Fosforo 8,52 ppm; Hierro 10,40 ppm, Manganeso 10,66 ppm, Calcio 3,99 meq/100g y Potasio 0,31 meq/100g, su capacidad de intercambio catiónico es de 6,06 meq/100g en promedio (Tabla 8) (Figura 8).

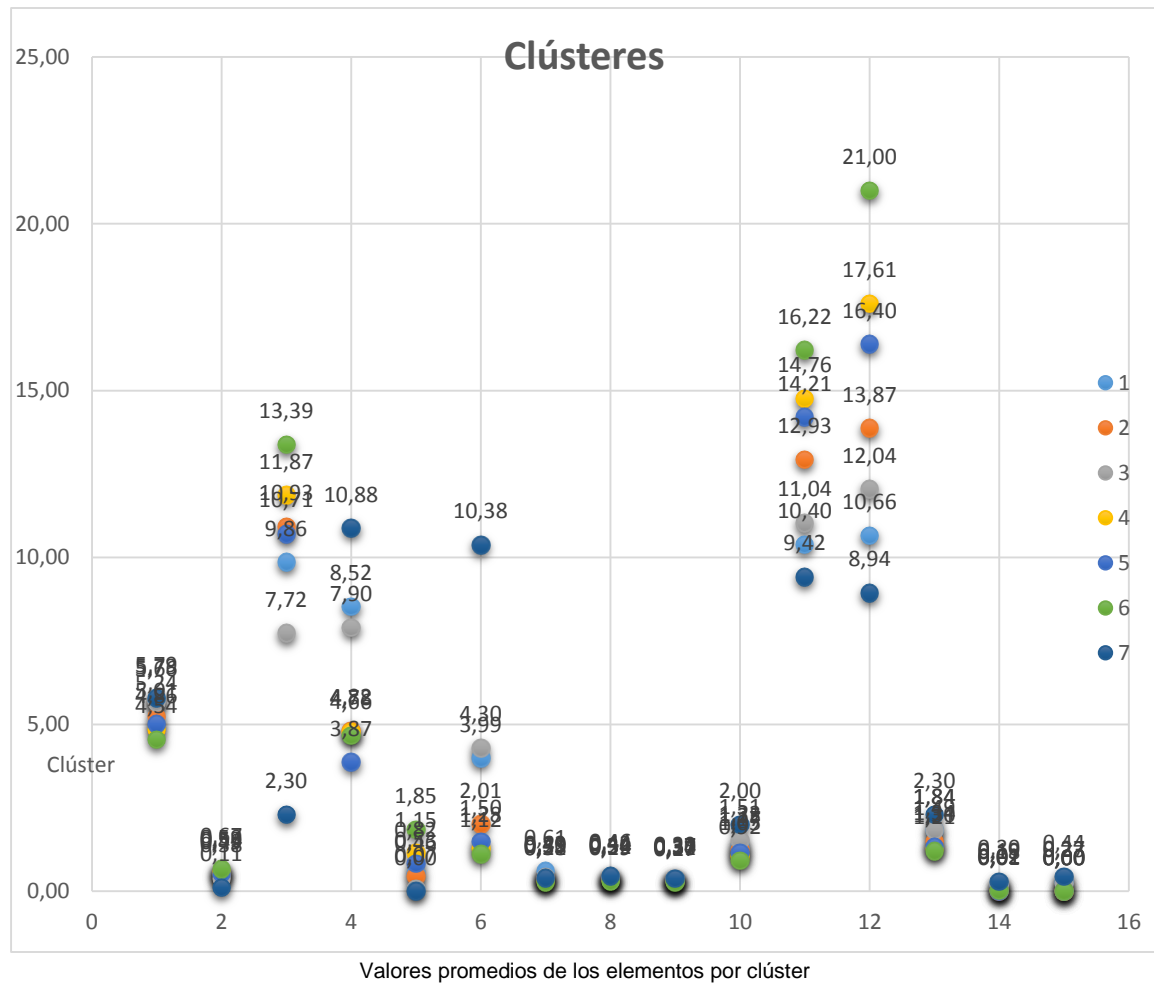
La relación Ca: K es balanceada (6,56:1) respecto a la relación ideal 6:2:1 de un suelo químicamente ideal⁸⁸, pero la relación Ca: Mg es de (5,26:1) es desequilibrada respecto al contenido de Magnesio. Las fincas se encuentran ubicadas a una altitud de 1750 – 2800 m.s.n.m, son suelos derivados de cenizas volcánicas, baja a

⁸⁸ MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. 2000. Principios de nutrición vegetal. Traducción al español de la 4ª edición (1987). Internacional Potash Institute. Basel, Switzerland. 692 p.

moderada fertilidad natural resistentes a la erosión, bien drenados y de texturas Franco-arcillosas⁸⁹.

Los suelos de este clúster son derivados de una asociación del orden Andisol – Inceptisol, provenientes de cenizas volcánicas, con excelentes propiedades físicas, sobre todo de drenaje, así como buena fertilidad gracias a la acumulación superficial de materia orgánica humificada y a la presencia de la arcilla alófana⁹⁰. Esta asociación en los suelos de estos municipios explica la clasificación realizada dentro del clúster.

Figura 8. Composición de suelos y agrupamientos identificados en la zona ganadera de 14 municipios del departamento del Cauca (2015)



Fuente: Investigación propia

⁸⁹ IGAC, 2009

⁹⁰ IGAC, 2009

3.4.2 Clúster 2: Lo conforman 463 resultados correspondientes a unidades productivas ubicadas en los municipios de: Almaguer (21), Cajibío (39), El Tambo (36), La Sierra (23), La Vega (19), Popayán (34), Puracé (47), Rosas (22), San Sebastián (31), Silvia (22), Sotará (106), Timbío (39), Totoró (24) (Anexo H). Se agrupan el mayor número de suelos analizados con 34.6% con valores promedios de pH de 5,24, saturación de Aluminio 14,23 %; Magnesio 0,66 meg/100g; capacidad de intercambio catiónico 3,41 meg/100g, contenidos de Fosforo 4,82 ppm; Hierro 12,93 ppm, Manganeso 13,87 ppm, Calcio 2,01 meg/100g y Potasio 0,40 meg/100g (Tabla 8) (Figura 8). La relación Ca: K y Ca: Mg está relativamente balanceada⁹¹.

Las muestras de suelo de los municipios mencionados, corresponden a zonas con altitud que están entre 1633 y 2850 m.s.n.m. Suelos poco profundos, de texturas medias y pendientes fuertes, formados a partir de cenizas volcánicas en algunas áreas y derivados de rocas metamórficas, son bajos en bases intercambiables y limitados por la abundancia de fragmentos rocosos. En algunos sectores presentan erosión hídrica en grado moderado hasta severo, con frecuentes y abundantes movimientos en masa, principalmente, patas de vaca⁹².

Los suelos de este clúster presentan una asociación del orden Andisol – Inceptisol – Entisol distribuida en todos los climas, paisajes y materiales parentales del departamento del Cauca; tienen escasa evolución pedogenética debido a los materiales parentales inertes y la insuficiencia del tiempo para su evolución. Son derivados de cenizas volcánicas que cubren rocas ígneas como diabasas y en algunos sectores sobre rocas sedimentarias y metamórficas⁹³. La similitud de las características fisicoquímicas del orden Andisol – Inceptisol – Entisol que presentan los suelos de estos municipios, permitió definir los resultados presentados.

3.4.3 Clúster 3: pertenecen los suelos ubicados en los municipios de Almaguer (29), Cajibío (31), El Tambo (40), La Vega (15), Patía (86), Popayán (58), Puracé (17), Rosas (62), San Sebastián (22), Silvia (14), Sotará (62), Timbío (34), Totoró (22) (Anexo H), como característica general se observó la inclusión de suelos distribuidos en todos los municipios muestreados para el estudio. Presenta pH con promedio de 5,66 (mínimo. de 4,83 y máximo. 7,97). Saturación de Aluminio 1.66 %; Magnesio 2,02 meg/100g; capacidad de intercambio catiónico 7,13 meg/100g y presenta contenidos de Fosforo 7,90 ppm; Hierro 11,04 ppm o mg/Kg, Manganeso 12,04 ppm o mg/Kg, Calcio 4,30 meg/100g y Potasio 0,43 meg/100g (Tabla 8) (Figura 8).

⁹¹ Op. Cit. Mengel y Kirkby, 1987.

⁹² IGAC, 2009

⁹³ IGAC, 2009

La relación K: Ca: Mg se encuentra desbalanceada (6:2:1) con respecto a la relación de un suelo químicamente ideal 6:2:1⁹⁴. Son suelos que se ubican desde los 610 m.s.n.m del municipio del Patía hasta los 2850 m.s.n.m en el punto más alto encontrado en el municipio de Puracé⁹⁵.

Los suelos de este clúster son los más abundantes en el departamento del Cauca, se localizan en los paisajes de montaña, lomerío y altiplanicie que han recibido aportes significativos de ceniza volcánica se incluyen los suelos que tiene propiedades ándicas con menos del 25% de carbón orgánico y una densidad aparente menor de 0.9 g/cc, retención de fósforo del 85% o más de la tierra fina y abundante vidrio volcánico dentro de los primeros 60 cm. Son profundos a moderadamente profundos y ricos en materia orgánica⁹⁶.

Esta clasificación explica los rangos encontrados para los elementos evaluados y definición del clúster, son suelos derivados de cenizas volcánicas que cubren diversos materiales ígneos y metamórficos como andesitas, diabasas, filitas y esquistos micáceos⁹⁷, esto reafirma lo observado y los resultados obtenidos para este clúster.

3.4.4 Clúster 4: compuesto por 13 municipios: Almaguer (6), Cajibío (9), El Tambo (8), La Vega (15), Popayán (3), Puracé (38), Rosas (4), San Sebastián (8), Silvia (7), Sotará (4), Timbío (14), Totoró (16) (Anexo H). Este clúster posee un pH de 4,86 con un máximo de 5,25 y un mínimo de 4,22. Se caracteriza por poseer valores en Aluminio 1,15 meq/100g; saturación de aluminio 49.25%; presenta una disponibilidad de materia orgánica 11,87%, además una capacidad de intercambio catiónico de 2,33 meq/100g y cobalto 0.02 ppm o mg/Kg. En cuanto a fósforo contiene 4,78 ppm; hierro 14,76 ppm o mg/Kg, manganeso 17,61 ppm o mg/Kg, calcio 1,28 meq/100g, potasio 0,21 meq/100g y magnesio 0,45 meq/100g. No presenta valores de Molibdeno (0,0) (Tabla 8) (Figura 8). Demuestra una adecuada relación Ca: Mg (2,87) respecto a la relación ideal 6:2, pero la relación Ca: K es inadecuada (4,14) respecto a la relación ideal 6:1⁹⁸.

Proviene de regiones entre los 1750 y 2850 m.s.n.m, son suelos con drenaje bueno a moderado, sin embargo, aparecen pequeños sectores pobremente drenados y encharcados la mayor parte del tiempo⁹⁹.

⁹⁴ Op. Cit. Mengel y Kirkby, 1987

⁹⁵ IGAC, 2009

⁹⁶ IGAC, 2009

⁹⁷ IGAC, 2009

⁹⁸ Op. Cit. Mengel y Kirkby, 1987

⁹⁹ IGAC, 2009

Este clúster posee suelos del orden Andisol; en estas zonas predominan los minerales de bajo grado de ordenamiento o complejos humus debido a la meteorización y transformación de los vidrios volcánicos y material piroclástico expulsado tras la erupción de un volcán. En estas zonas se pueden encontrar suelos poco desarrollados y suelos más maduros con materiales muy meteorizados con un horizonte superficial mineral oscuro y profundo (epipedión melánico) que cubren esquistos y rocas ígneas¹⁰⁰.

Los suelos de este agrupamiento reúnen todas las condiciones del orden Andisol, permitiendo definir los municipios que conforman el clúster con sus respectivos rangos.

3.4.5 Clúster 5: Este grupo se encuentra constituido por 150 resultados de análisis en 14 municipios: Almaguer (13), Totoró (16), Silvia (10), Popayán (4), Rosas (12), Patía (1), El Tambo (13), Puracé (24), La Vega (7), Sotará (24), Timbío (10), La Sierra (2), San Sebastián (7), Cajibío (7) (Anexo H). Este agrupamiento presenta una saturación de aluminio de 30,63% y un pH promedio de 5,01 con valor máximo de 5,35 y mínimo de 4,53; se encuentran valores de Fosforo 3,87 ppm, Calcio 1,50 meq/100g, Magnesio 0,51 meq/100g, Cobalto 0,01 ppm o mg/Kg y refleja una capacidad de intercambio catiónico de 2,69 meq/100g. Una de las particularidades de este clúster es el contenido de Aluminio 0,82 meq/100g, la ausencia de Molibdeno 0,0 y la apropiada relación Ca: Mg (2,91) respecto a la relación ideal 6:2¹⁰¹ (Cuadro 8) (Figura 8).

Los suelos de este clúster se encuentran asentados en regiones desde 610 hasta 2850 en los municipios de Patía y Totoró respectivamente, y son conformados por acumulaciones muy potentes de intercalaciones de flujos de lodo, de escombros, de piroclásticos y caídas de ceniza¹⁰².

Los suelos de este clúster son provenientes de materiales volcánicos con presencia de alofana, imogolita y ferrihidrita, manifestando una baja densidad aparente, alta capacidad de retención de fosfatos y de humedad característica de los Andisoles¹⁰³ explicando los rangos encontrados para los elementos evaluados y definición del clúster.

¹⁰⁰ IGAC, 2009

¹⁰¹ Op. Cit. Mengel y Kirkby, 1987

¹⁰² IGAC, 2009

¹⁰³ IGAC, 2009

3.4.6 Clúster 6: Once municipios: Totoró (8), Silvia (4), Popayán (1), Rosas (1), El Tambo (13), Puracé (26), La Vega (5), Timbío (7), La Sierra (9), San Sebastián (20), Cajibío (11) (Anexo H). Establecen esta agrupación con 87 resultados de análisis de suelos. Se distingue por poseer un porcentaje de materia orgánica de 13,39%, una saturación de aluminio de 91,83% y un contenido de aluminio de 1,85 meq/100g. Se destacan para este grupo: el valor encontrado de pH de 4,54, los contenidos de hierro 16,22 ppm o mg/kg y manganeso 21,00 ppm o mg/kg en contraste con la ausencia en el contenido de molibdeno 0,00 ppm o mg/kg. También se aprecia el contenido de calcio con un valor de 1,22 meq/100g, de magnesio 0,35 meq/100g y de potasio 0,28 meq/100g, que representa una proporción desbalanceada de Ca: Mg (3,20) respecto a la ideal 6:2, similar, a la relación de Ca: K. (3,99) cuyo ideal es de 6:1¹⁰⁴(Tabla 8) (Figura 8).

Los suelos de este clúster se encuentran asentados en regiones desde 1600 m.s.n.m hasta 2850 m.s.n.m en los municipios de La Sierra y Totoró respectivamente. Son suelos con relieves fuertemente ondulados a escarpados, originados de cenizas volcánicas; son profundos a superficiales, bien drenados, con fertilidad de baja a moderada¹⁰⁵.

Las unidades de suelo de este clúster se encuentran formadas por una asociación del orden Andisol – Inceptisol, distribuidos en altitudes que van desde los 400 m.s.n.m hasta los 4.500 m.s.n.m; derivados de mantos de cenizas volcánicas de espesores variables que cubren rocas ígneas como diabasa, basaltos y en algunos sectores sobre esquistos poco alterados, o sobre rocas sedimentarias¹⁰⁶, siendo características fundamentales que permiten explicar los rangos y la clasificación presentada en este clúster.

3.4.7 Clúster 7: En este clúster se establecen 5 análisis de suelos ubicados en el municipio de El Tambo (Anexo H). Se marcan por su porcentaje de nitrógeno total de 0,11%, el porcentaje de materia orgánica de 2,3% y la ausencia en el contenido de aluminio 0,00 meq/100g y por ende la ausencia en el porcentaje de saturación de aluminio 0,0. Son suelos referentes por el contenido de Calcio con 10,38 meq/100g, por la capacidad de intercambio catiónico 69,27 meq/100g, por el contenido de Fosforo 10,88 ppm y Magnesio 52,04 meq/100g. Además los suelos de este grupo presentan una relación Ca: K inadecuada (26,34) por el bajo valor del

¹⁰⁴ Op. Cit. Mengel y Kirkby, 1987

¹⁰⁵ IGAC, 2009

¹⁰⁶ IGAC, 2009

Potasio K 0,39 meq/100g, respecto al de Calcio, por la misma razón que la relación Ca: Mg (0,20) es desbalanceada¹⁰⁷ (Tabla 8) (Figura 8).

Son suelos ubicados a una altitud de 1750 m.s.n.m. Son originados de cenizas volcánicas con relieves ligeramente ondulados a ondulados, profundos, bien drenados, con texturas moderadamente gruesas a moderadamente finas¹⁰⁸.

Los suelos de este clúster son provenientes de una asociación Andisol – Inceptisol¹⁰⁹ con características similares a los suelos de los anteriores clústers. Su clasificación se debe a la disponibilidad de los elementos analizados influenciados por el clima predominante en las veredas del municipio de El Tambo.

3.5 RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO DE SUELOS

Para la definición de los planes de fertilización se tuvo en cuenta la información promedio de cada clúster, se presentan por separado para los tres pisos térmicos (Frio, Medio y cálido) según sea el caso. Para el manejo de los pastos en la zona de estudio, se recomienda seguir los planes de fertilización sugeridos a continuación. Para tener en cuenta las cantidades de fertilizante comercial a aplicar, es necesario verificar la ficha comercial de cada uno y realizar las respectivas conversiones de nitrógeno, P₂O₅ y K₂O (Anexo G).

3.5.1 Clúster 1: Clima Frio.

pH: De acuerdo con la escala logarítmica de la concentración de hidrógenos libres en la solución, estos suelos son moderadamente ácidos 5,73¹¹⁰ (Anexo E) (Tabla 8) presentan un baja solubilidad de fosforo y regular disponibilidad de calcio y magnesio. Los suelos fijan el fosforo por la presencia de aluminio en la zona¹¹¹.

Materia Orgánica: Estos suelos presentan un valor medio en disponibilidad de materia orgánica 9,86%¹¹² (Anexo E) (Tabla 8) según esto, existe una disminución en la acción que ejercen los microorganismos sobre la mineralización del nitrógeno,

¹⁰⁷ Op. Cit. Mengel y Kirkby, 1987

¹⁰⁸ IGAC, 2009

¹⁰⁹ IGAC, 2009

¹¹⁰ TONCEL GAVIRIA, Wilson. Resultados e Interpretación de Análisis de Suelos, SF.

¹¹¹ KASS, Donald. Fertilidad de Suelos. Editorial. Universidad Estatal a distancia, 1998.

¹¹² TONCEL GAVIRIA, Wilson. Resultados e Interpretación de Análisis de Suelos, SF

en algunas zonas hay presencia de cenizas volcánicas y temperaturas bajas. La mineralización de nutrientes como el nitrógeno es considerado bajo¹¹³.

Para la materia orgánica se estimó una adición de 155 kg de nitrógeno por cada punto que estuviese por debajo del 10% o mayor al 13% como aporte de nitrógeno y mineralización de la materia orgánica en los suelos.

P: Teniendo en cuenta la determinación de Bray II, el fósforo aprovechable es bajo 8,52 ppm ¹¹⁴(Anexo E) (Tabla 8). En estos suelos el fósforo es poco móvil y su disponibilidad se limita con el pH ácido generando una reducción en la solubilidad de los fosfatos de hierro y aluminio aumentando la solubilidad de las formas ligadas al calcio¹¹⁵.

K: Los suelos pertenecientes a este clúster, muestran un valor alto 0,61 meq/100g¹¹⁶ (Anexo E) (Tabla 8) en el contenido de potasio.

En estos suelos el potasio disponible es de lenta absorción por la baja temperatura de las zonas, este elemento se mueve vía flujo de masas, y otro tanto se desplaza por gradiente de difusión a la solución del suelo, de donde lo absorben las plantas, en la forma de ion K+. Este elemento influye en la tolerancia al frío y en la resistencia a la sequía de las pasturas¹¹⁷.

Los valores de calcio y magnesio se califican de contenido medio 3,99 meq/100g y bajo 0,76 meq/100g¹¹⁸ (Anexo E) (tabla 8) respectivamente. Se presenta una deficiencia de Mg según la relación Ca: Mg 6:2 que puede afectar la producción de las pasturas, pero de acuerdo a los requerimientos generales de los pastos estos suelos no requieren cantidades importantes de estos elementos para la producción.

Las recomendaciones de fertilización para establecimiento y mantenimiento de los forrajes en el clúster, aparecen en las tablas 9 y 10 respectivamente (Anexo A).

¹¹³ KASS, Donald. Fertilidad de Suelos. Editorial. Universidad Estatal a distancia, 1998.

¹¹⁴ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹¹⁵ CONTI, M. Principios de Edafología. 1era Edición. FAUBA, 1998.

¹¹⁶ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹¹⁷ Op. Cit. KASS, Donald.

¹¹⁸ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

Tabla 9. Plan de fertilización para praderas en clima frio clúster 1

ETAPA	RECOMENDACIÓN
Preparación del terreno	En la última arada o rastrillada aplicar 100 Kg de P ₂ O ₅ en forma de enmienda.
Fertilización de Establecimiento	Después de que se haya realizado el control de las malezas, y un primer pastoreo alrededor de los 90 y 120 días con animales pequeños (terneros), aplicar 100 Kg de N, 200 Kg de P ₂ O ₅ , 22,94 Kg de K ₂ O. A los 6 meses aplicar: 55 Kg de N, 98 Kg de P ₂ O ₅ , 15 Kg de K ₂ O.

Fertilización de Mantenimiento: Después del segundo año de sembrado el pasto y dependiendo del uso y manejo se recomienda aplicar por ha después de cada pastoreo (Tabla 10):

Tabla 10. Fertilización de mantenimiento para praderas en clima frio clúster 1

Pasto	Pastoreo/año	N	P₂O₅	K₂O
Raygras (<i>Lolium perenne</i>)	11	14,09 Kg	36,19 Kg	2,87 Kg
Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)	9	17,22 Kg	29,12 Kg	—

3.5.2 Clúster 2: Clima Frio

pH: EL valor de 5,24 de pH, es considerado como fuertemente ácido según la escala logarítmica de la concentración de hidrógenos libres en la solución¹¹⁹ (Anexo E) (Tabla 8), en estos suelos los procesos de transformación de amoníaco a nitrato son muy lentos por tener valores de pH ácido, logrando causar deficiencias de nitrógeno en los pastos poco hábiles en la utilización del amonio. La disponibilidad de fósforo puede ser muy baja en estos suelos debido a que se presenta fijación de este elemento, que lo lleva a formar compuestos completamente insolubles. Los contenidos de bases intercambiables y de molibdeno son muy bajos, en tanto que los de los demás elementos menores pueden ser bajos¹²⁰.

Materia Orgánica: Los suelos presentan un porcentaje de Materia Orgánica de 10,93% catalogado como valor alto¹²¹ (Anexo E) (Tabla 8). Se presenta una relación general entre el contenido de materia orgánica del suelo y la altitud: al aumentar la altitud se reduce la temperatura y ocasiona una disminución en su mineralización y la posibilidad de asimilación para el desarrollo de las pasturas; esto produce su acumulación. El aporte de materia orgánica mineralizada contribuye en estos suelos a mejorar la nutrición en fósforo, la disponibilidad de Zn incluso con la facilidad para que sea explorada por el sistema radical y activo las poblaciones de microorganismos heterótrofos del suelo¹²².

P: El valor de 4,82 ppm de fósforo disponible de estos suelos, es bajo¹²³ (Anexo E) (tabla 8), comparado con la cantidad total del fósforo en el suelo determinado por el método de Bray II. El fósforo está sometido a procesos de retención (las reacciones de intercambio se producen en el interior de cristales), como la fijación (retención en forma no intercambiable y por lo tanto no disponibles para la planta) que se presenta en los suelos ácidos con alta actividad del Al^{3+} y del Fe^{3+} , y se debe neutralizar la acidez intercambiable (llevar a formas insolubles) mediante prácticas de enclavamiento¹²⁴.

K: En el análisis de los suelos de este clúster se encuentra un alto el valor de 0,40 ppm¹²⁵ (Anexo E) (Tabla 8). El potasio se encuentra en el suelo en forma iónica

¹¹⁹ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹²⁰ Op. Cit. KASS, Donald.

¹²¹ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹²² Op. Cit. KASS, Donald.

¹²³ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹²⁴ CONTI, M. Principios. de Edafología 1era Edición. FAUBA, 1998.

¹²⁵ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

como K⁺, en solución y como catión intercambiable es absorbido por la planta. Según Kass (1998) la cantidad de potasio (con base en peso) absorbida por los cultivos es más grande que la de cualquier otro nutrimento mineral pero puede ser afectado por la deficiencia de aire y por carencia de agua. En general, la respuesta de las pasturas a la fertilización potásica, es favorable dada la relativa facilidad de absorción de este nutrimento en este suelo y clima. Los valores de Calcio 2,01 ppm y Magnesio 0,66 se estiman como valores bajos (Anexo E) (Cuadro 8) en la disponibilidad del suelo, pero la relación Ca: Mg 6:2 es ideal para los suelos de este clúster¹²⁶.

La relación Mg: K presenta un valor 1,65 aceptable respecto al ideal 3; La relaciones Ca: K 5,3 y (Ca +Mg)/K con valores de 5,3 y 1,65 respectivamente, presentan un margen adecuado para K¹²⁷. Los contenidos de elementos menores como hierro y cinc no generan diferencias significativas en la producción de las pasturas debido a que los requerimientos generales de las pasturas no exigen de estos elementos en su fertilización.

En las tablas 11 y 12 se encuentran las recomendaciones de fertilización para establecimiento y mantenimiento de los forrajes en el clúster (Anexo A).

Tabla 11. Plan de fertilización para praderas en clima frio clúster 2

ETAPA	RECOMENDACIÓN
Preparación del terreno	En la última arada o rastrillada aplicar 250 Kg de P ₂ O ₅ en forma de enmienda.
Fertilización de Establecimiento	Después de que se haya realizado el control de las malezas, y un primer pastoreo alrededor de los 90 y 120 días con animales pequeños (terneros), aplicar 100 Kg de N, 150 Kg de P ₂ O ₅ , 23 Kg de K ₂ O. A los 6 meses aplicar: 55 Kg de N, 66 Kg de P ₂ O ₅ , 50 Kg de K ₂ O.

¹²⁶ Op. Cit. KASS, Donald.

¹²⁷ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

Fertilización de Mantenimiento: Después del segundo año de sembrado el pasto y dependiendo del uso y manejo se recomienda aplicar por ha después de cada pastoreo (Tabla 12):

Tabla 12. Fertilización de manejo para praderas en clima frio clúster 2

Pasto	Pastoreo/año	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Raygras (<i>Lolium perenne</i>)	11	14,09 Kg	42,36 Kg	27,22 Kg
Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)	9	17,22 Kg	51,77 Kg	33,27 Kg

3.5.3 Clúster 2: Clima Medio

pH: Los suelos de este clúster, presentan un pH de 5,24 considerado como fuertemente ácido¹²⁸ (Anexo E) (Tabla 8) esto se manifiesta en las buenas propiedades físicas y una buena estabilidad en la estructura, aunque se pueden formar concreciones o cementaciones indeseables. En este grupo de suelos se anula la posibilidad de toxicidad con Al³⁺, H₃O⁺ o Mn²⁺ ya que no se presenta acidez intercambiable, hay una mejor actividad biológica bacteriana; y mejora el suministro de bases y de fósforo; entre tanto, se requiere de un control de la acidez, empleando compuestos cálcicos y magnésicos (carbonatos, óxidos e hidróxidos), que permite neutralizar los H⁺ de la solución del suelo y desplazar hidrogeniones para que sean sustituidos por bases intercambiables, útiles para el desarrollo de las pasturas¹²⁹.

Materia Orgánica: Las porcentajes de materia orgánica en este clúster son considerados muy altos con un valor 10.93%¹³⁰ (Anexo E) (Tabla 8) considerando el incremento de la temperatura, la materia orgánica disponible suele reducirse en estos suelos por la rápida mineralización. Este contenido facilita la asimilación de contenidos altos de nitrógeno (N) orgánico como uno de los nutrientes principales para las praderas, regula el pH del suelo y favoreciendo la solubilidad y la asimilación de elementos minerales por parte de las pasturas¹³¹.

¹²⁸ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹²⁹ Op. Cit. KASS, Donald.

¹³⁰ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹³¹ Op. Cit. KASS, Donald.

P: Los suelos de estas zonas, presentan una disponibilidad de fósforo baja de 7,82 ppm¹³² (Anexo E) (Tabla 8) en clima medio, generalmente se encuentra valores bajos en el porcentaje de fósforo aprovechable, por procesos de fijación de fosfatos que impide la obtención óptima del elemento por parte de las raíces de las pasturas. El aporte de fósforo en conjunto con otras formas químicas y biológicas del suelo y el aporte de materia orgánica, contribuyen a incrementar el fósforo disponible para el cultivo y a su vez, que los rendimientos en la producción no se ven afectados por la deficiencia en fósforo¹³³.

La saturación de bases se encuentra en niveles desde normales hasta muy altos y la relación Ca: Mg 6:2 es ideal para estos elementos que presentan valores de Ca 2,01 y Mg 0,66¹³⁴ (Anexo E) (Cuadro 8) aunque los contenidos de Mg sean bajo y K 0,40 sea alto, la relación Mg: K es aceptable. La relación $\frac{Ca+Mg}{K}$ esta dentro del margen adecuado para K. con un valor de 1,65. En pasturas no se hace necesario fertilizaciones a base de estos elementos.

En las tablas 13 y 14 se encuentran las recomendaciones de fertilización para establecimiento y mantenimiento de los forrajes en el clúster (Anexo A).

Tabla 13. Plan de fertilización para praderas en clima medio clúster 2

ETAPA	RECOMENDACIÓN
Preparación del terreno	En la última arada o rastrillada aplicar 100 Kg de P ₂ O ₅ en forma de enmienda.
Fertilización de Establecimiento	Después de que se haya realizado el control de las malezas, y un primer pastoreo alrededor de los 90 y 120 días con animales pequeños (terneros), aplicar 100 Kg de N, 49 Kg de P ₂ O ₅ . A los 6 meses aplicar: 55 Kg de N, 30 Kg de P ₂ O ₅ .

¹³² Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹³³ Op. Cit. CONTI, M.

¹³⁴ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

Fertilización de Mantenimiento: Después del segundo año de sembrado el pasto y dependiendo del uso y manejo se recomienda aplicar por ha después de cada pastoreo (Tabla 14):

Tabla 14. Fertilización de manejo para praderas en clima medio clúster 2

Pasto	Pastoreo/año	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
<i>Brachiaria spp.</i>	8	19.37 Kg	22.35 Kg	—

3.5.4 Clúster 2: Clima Cálido

pH: Los suelos de este clúster, presentan un pH de 5,24 considerado como fuertemente ácido¹³⁵ (Anexo F) (Tabla 8). En este grupo de suelos, no se presenta toxicidad con Al³⁺, porque la alta temperatura permite el desarrollo de la actividad biológica dentro del suelo y la disminución notoria de acidez intercambiable. En todo caso, se debe realizar enmiendas con productos cálcicos y magnésicos, además de materia orgánica, para controlar y neutralizar la acidez, para mejorar las propiedades físicas, la estabilidad estructural y mejorar el suministro de bases y de fósforo a las praderas¹³⁶.

Materia Orgánica: En este clúster se consideran altos los porcentajes de materia orgánica que presentan un valor de 10.93%¹³⁷ (Anexo F) (Tabla 8).

Generalmente la materia orgánica, en temperaturas elevadas, suele estar presente en niveles bajos, dada la esperada mineralización de los nutrientes por la alta actividad de los organismos internos del suelo, entonces se debe realizar una revisión en el control de acidez. Con este contenido de materia orgánica se facilita la posibilidad de obtener fósforo disponible para el desarrollo de las pasturas, además de contenidos altos de nitrógeno (N) orgánico¹³⁸.

¹³⁵ BEMESTINGS ANALYSIS GROND. Tomado de SGS TS Agri- Food Laboratory, 1999.

¹³⁶ Op. Cit. KASS, Donald.

¹³⁷ BEMESTINGS ANALYSIS GROND. Tomado de SGS TS Agri- Food Laboratory, 1999.

¹³⁸ Op. Cit. KASS, Donald.

P: La disponibilidad de fosforo es baja cuando se presenta un valor de 4,82 ppm¹³⁹ (Anexo F) (Tabla 8) como en los suelos de estas zonas el pH juega un papel importante en la fijación de fosfatos que impide que estén disponibles para las raíces de las pasturas. De forma General el alto contenido de materia orgánica y el aporte de elementos fosfóricos, incrementan el porcentaje de fósforo aprovechable para las praderas¹⁴⁰.

K: para las zonas de este clúster se encuentra un valor de 0,40 ppm¹⁴¹ (Anexo F) (Tabla 8) el cual es ideal para el clima cálido.

La cantidad de potasio absorbida por las pasturas es mayor que la de cualquier otro elemento puesto que se presenta disponible en la solución del suelo y solo se ve afectada por la falta de agua y aire en el suelo. En general, la respuesta de las pasturas a la fertilización potásica, es favorable dada la relativa facilidad de absorción de este nutrimento en este suelo¹⁴².

La saturación de bases se encuentra en niveles desde normales hasta muy altos

La relación Ca: Mg 6:2 es ideal para estos elementos que presentan valores de Ca 2,01 y Mg 0,66, aunque los contenidos de Mg sea bajo y K 0,40 sea alto, la relación Mg: K es aceptable.

La relación $\frac{Ca+Mg}{K}$ esta dentro del margen adecuado para K con un valor de 1,65¹⁴³ (Anexo F) (tabla 8). En pasturas no se hace necesario fertilizaciones a base de estos elementos.

En las tablas 15 y 16 se encuentran las recomendaciones de fertilización para establecimiento y mantenimiento de los forrajes en el clúster (Anexo A).

¹³⁹ BEMESTINGS ANALYSIS GROND

¹⁴⁰ Op. Cit. CONTI, M.

¹⁴¹ BEMESTINGS ANALYSIS GROND

¹⁴² Op. Cit. KASS, Donald.

¹⁴³ BEMESTINGS ANALYSIS GROND

Tabla 15. Plan de fertilización para praderas en clima cálido clúster 2

ETAPA	RECOMENDACIÓN
Preparación del terreno	En la última arada o rastrillada aplicar 250 Kg de P ₂ O ₅ en forma de enmienda.
Fertilización de Establecimiento	Después de que se haya realizado el control de las malezas, y un primer pastoreo alrededor de los 90 y 120 días con animales pequeños (terneros), aplicar 100 Kg de N, 150 Kg de P ₂ O ₅ , 220 Kg de K ₂ O. A los 6 meses aplicar Kg de N, 66 Kg de P ₂ O ₅ , 55, 80 kg K ₂ O.

Fertilización de Mantenimiento: Después del segundo año de sembrado el pasto y dependiendo del uso y manejo se recomienda aplicar por ha después de cada pastoreo (Tabla 16):

Tabla 16. Fertilización de manejo para praderas en clima cálido clúster 2

Pasto	Pastoreo/año	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
GUINEA (<i>Megathirus maximus</i>)	11	14.09 Kg	42.36 Kg	27.22 Kg

3.5.5 Clúster 3: Clima Frio

pH: En este grupo se presenta un valor de 5,66 en la solución, considerado como moderadamente ácido¹⁴⁴ (Anexo E) (tabla 8), no hay ningún contenido de acidez intercambiable, esto hace que desaparezca la posibilidad de toxicidad con Al³⁺, H₃O⁺ o Mn²⁺, mejora en la actividad biológica bacteriana y el suministro de bases, de molibdeno y de fósforo para las pasturas¹⁴⁵.

¹⁴⁴ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹⁴⁵ Op. Cit. KASS, Donald.

Materia Orgánica: El porcentaje de materia orgánica en estos suelos es de 7,72%¹⁴⁶ (Anexo E) (tabla 8) relacionado como valor medio, este nivel puede estar relacionado con el aumento del nivel de pH y disminución de los contenidos de Al que permite incrementar la actividad biológica y la materia orgánica aumenta los niveles de mineralización, convirtiéndose en fuente de nitrógeno y fósforo para el desarrollo de las pasturas¹⁴⁷.

P: Estos suelos presentan el valor de fósforo disponible de 7,90 ppm es bajo según el método de determinación de Bray II¹⁴⁸ (Anexo E) (tabla 8). La disminución de acidez de estos suelos, disminuye la tendencia del fósforo a ser fijado y puede estar disponible para las plantas en mayor proporción comparado con suelos con niveles de acidez más altos; la aplicación de enmiendas y adiciones de carbonato aumentan la disponibilidad de fósforo en el suelo para la absorción de las praderas¹⁴⁹.

K: El contenido de potasio en este clúster es alto con un valor de 0,43 ppm¹⁵⁰ (Anexo E) (tabla 8). Se observa alta disponibilidad de potasio proveniente de la meteorización de minerales principalmente de material volcánico. La absorción se efectúa con facilidad y pueden, incluso, la planta originando lo que se denomina consumo de lujo. El abonado con este elemento debe cubrir las necesidades nutrimentales de las pasturas y además enriquecer el suelo teniendo en cuenta las pérdidas generadas por lavado¹⁵¹.

Para este clúster el magnesio presenta un valor medio de 2,02 ppm¹⁵² (Anexo E) (tabla 8). El magnesio se encuentra en el suelo principalmente en forma mineral como silicatos, carbonatos, sulfatos y cloruros y proviene de la meteorización de magnesita, dolomita y algunos otros minerales. Su disponibilidad se presenta en las superficies de intercambio, la incorporación a través de residuos orgánicos de encalantes o fertilizantes¹⁵³. En estos suelos, el Valor 2,13 de la relación Ca:Mg es ideal ya que está muy por debajo de 10 que es lo ideal. La relación K: Mg muestra un valor de 4,7, superior a 3¹⁵⁴ (Anexo E) (Cuadro 8), esto indica que pueden producirse carencias de magnesio en las praderas.

¹⁴⁶ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹⁴⁷ Op. Cit. KASS, Donald.

¹⁴⁸ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹⁴⁹ Op. Cit. CONTI, M.

¹⁵⁰ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹⁵¹ Op. Cit. KASS, Donald.

¹⁵² Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹⁵³ Op. Cit. KASS, Donald.

¹⁵⁴ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

El calcio en el suelo se encuentra combinado en compuestos minerales y orgánicos. Para este clúster se manifiesta un valor medio de 4,3 meq/100g¹⁵⁵ (Anexo E) (tabla 8). Es opuesto del H⁺, por lo que los suelos ricos en Ca presentan un pH básico, regula las posibilidades de solubilización del resto de los elementos del suelo y permite el desarrollo de CIC más fuertes. Es necesario controlar la presencia de Ca en el suelo, y si fuera preciso se realizarán enmiendas cálcicas para alcanzar los niveles adecuados¹⁵⁶.

La relación (Ca + Mg)/K muestra un valor de 4,7 y se encuentra dentro del margen adecuado para el K¹⁵⁷ (Anexo E) (tabla 8) respecto al ideal. Las recomendaciones de fertilización para establecimiento y mantenimiento de los forrajes en el clúster, aparecen en los cuadros 17 y 18 respectivamente (Anexo B).

Tabla 17. Plan de fertilización para praderas en clima frío clúster 3

ETAPA	RECOMENDACIÓN
Preparación del terreno	En la última arada o rastrillada aplicar 200 Kg de P ₂ O ₅ en forma de enmienda.
Fertilización de Establecimiento	Después de que se haya realizado el control de las malezas, y un primer pastoreo alrededor de los 90 y 120 días con animales pequeños (terneros), aplicar 303 Kg de N, 140 Kg de P ₂ O ₅ , 200 de K ₂ O. A los 6 meses aplicar: 53 Kg de N, 70 Kg de P ₂ O ₅ , 62 Kg de K ₂ O.

Fertilización de Mantenimiento: Después del segundo año de sembrado el pasto y dependiendo del uso y manejo se recomienda aplicar por ha después de cada pastoreo (Tabla 18):

En la Tabla 18 se presentan los valores de fertilización de manejo en cada elemento

¹⁵⁵ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹⁵⁶ Op. Cit. KASS, Donald.

¹⁵⁷ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

Tabla 18. Fertilización de manejo para praderas en clima frío clúster 3

Pasto	Pastoreo/año	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Raygras (<i>Lolium</i> <i>perenne</i>)	11	32,13 Kg	36,19 Kg	23,83 Kg
Kikuyo (<i>Pennisetum</i> <i>clandestinum</i>)	9	39,27 Kg	29,12 Kg	29,13 Kg

3.5.6 Clúster 3: Clima Medio

pH: Los suelos de este clúster, presentan un pH de 5,66 considerado como moderadamente ácido¹⁵⁸ (Anexo E) (Cuadro 8), esto se manifiesta en las buenas propiedades físicas y una buena estabilidad en la estructura, aunque se pueden formar concreciones o cementaciones indeseables. En este grupo de suelos se anula la posibilidad de toxicidad con Al³⁺, H₃O⁺ o Mn²⁺ ya que no se presenta acidez intercambiable, hay una mejor actividad biológica bacteriana; y mejora el suministro de bases y de fósforo; entre tanto, se requiere de un control de la acidez, empleando compuestos cálcicos y magnésicos (carbonatos, óxidos e hidróxidos), que permite neutralizar los H⁺ de la solución del suelo y desplazar hidrogeniones para que sean sustituidos por bases intercambiables, útiles para el desarrollo de las pasturas¹⁵⁹.

Materia Orgánica: Las porcentajes de materia orgánica en este clúster son considerados altos con un valor 7,72%¹⁶⁰ (Anexo E) (Tabla 8), considerando que por el incremento de la temperatura, la materia orgánica disponible en estos suelos es de rápida mineralización y facilita la asimilación de contenidos altos de nitrógeno (N) orgánico como uno de los nutrientes principales para las praderas, regula el pH del suelo y favoreciendo la solubilidad y la asimilación de elementos minerales por parte de las pasturas¹⁶¹.

¹⁵⁸ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹⁵⁹ Op. Cit. KASS, Donald.

¹⁶⁰ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹⁶¹ Op. Cit. KASS, Donald.

P: Los suelos de estas zonas, presentan una disponibilidad de fósforo baja de 7,82 ppm¹⁶² (Anexo E) (Tabla 8) en clima medio, generalmente se encuentra valores bajos en el porcentaje de fósforo aprovechable, por procesos de fijación de fosfatos que impide la obtención óptima del elemento por parte de las raíces de las pasturas.

El aporte de fósforo en conjunto con otras formas químicas de y biológicas del suelo y el aporte de materia orgánica, contribuyen a incrementar el fósforo disponible para el cultivo y a su vez, que los rendimientos en la producción no se ven afectados por la deficiencia en fósforo¹⁶³.

La saturación de bases se encuentra en niveles desde normales hasta muy altos y la relación Ca: Mg 6:2 es ideal para estos elementos que presentan valores de Ca 2,01 y Mg 0,66, aunque los contenidos de Mg sea bajo y K 0,40 sea alto, la relación Mg: K es aceptable. La relación $\frac{Ca+Mg}{K}$ esta dentro del margen adecuado para K. con un valor de 1,65¹⁶⁴(Anexo E) (Tabla 8). En pasturas no se hace necesario fertilizaciones a base de estos elementos.

Las recomendaciones de fertilización para establecimiento y mantenimiento de los forrajes en el clúster, aparecen en las tablas 19 y 20 respectivamente (Anexo B).

Tabla 19. Plan de fertilización para praderas en clima medio clúster 3

ETAPA	RECOMENDACIÓN
Preparación del terreno	En la última arada o rastrillada aplicar 70 Kg de P ₂ O ₅ en forma de enmienda.
Fertilización de Establecimiento	Después de que se haya realizado el control de las malezas, y un primer pastoreo alrededor de los 90 y 120 días con animales pequeños (terneros), aplicar 284 Kg de N, 30 Kg de P ₂ O ₅ , A los 6 meses aplicar: 70 Kg de N, 23 Kg de P ₂ O ₅ , 50 Kg de K ₂ O.

¹⁶² Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹⁶³ Op. Cit. CONTI, M.

¹⁶⁴ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

Fertilización de Mantenimiento: Después del segundo año de sembrado el pasto y dependiendo del uso y manejo se recomienda aplicar por ha después de cada pastoreo (Tabla 20):

Tabla 20. Fertilización de manejo para praderas en clima medio clúster 3

Pasto	Pastoreo/año	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
<i>Brachiaria spp</i>	8	44.17 Kg	15.29 Kg	—

3.5.7 Clúster 3: Clima Cálido

pH: Los suelos de este clúster, presentan un pH de 5,66 considerado como moderadamente ácido¹⁶⁵ (Anexo F) (Tabla 8). El incremento de la temperatura impulsa la actividad biológica bacteriana mejorando el suministro de bases intercambiables y de fósforo, y facilita la ausencia del riesgo de toxicidad por acides intercambiable, y promueve la estabilidad en la estructura de los suelos y sus propiedades físicas. Se recomienda seguir un manejo de la acidez, para neutralizar los H⁺ de la solución del suelo, empleando enmiendas con agregados cálcicos y magnésicos¹⁶⁶.

Materia Orgánica: 7,72% es el porcentaje de materia orgánica presente en este clúster, que es considerado alto¹⁶⁷ (Anexo F) (Tabla 8). La materia orgánica, en este clima, es de rápida mineralización y permite la asimilación de contenidos altos de nitrógeno (N) orgánico, favorece la solubilidad y la asimilación de elementos minerales, como el fósforo, por parte de las pasturas¹⁶⁸.

P: Los suelos de estas zonas, presentan una disponibilidad de fosforo baja de 7,90 ppm¹⁶⁹ (Anexo F) (Tabla 8), por lo que se hace necesaria el aporte de fosforo, materia orgánica y elementos cálcicos, para incrementar el fósforo disponible para la pastura y aumentar su rendimiento en la producción¹⁷⁰.

¹⁶⁵ Op. Cit. BEMESTINGS ANALYSIS GROND.

¹⁶⁶ Op. Cit. KASS, Donald.

¹⁶⁷ Op. Cit. BEMESTINGS ANALYSIS GROND.

¹⁶⁸ Op. Cit. KASS, Donald.

¹⁶⁹ Op. Cit. BEMESTINGS ANALYSIS GROND.

¹⁷⁰ Op. Cit. CONTI, M.

K: El contenido de potasio en este clúster es alto con un valor de 0,43 ppm¹⁷¹ (Anexo F) (Tabla 8). La absorción se efectúa con facilidad por parte de la planta ya que hay alta disponibilidad, por lo que el abonado con este elemento debe referirse a cubrir las necesidades nutrimentales de las pasturas y a mantener las cantidades optimas en el suelo¹⁷².

Las recomendaciones de fertilización para establecimiento y mantenimiento de los forrajes en el clúster, aparecen en las Tablas 21 y 22 respectivamente (Anexo B).

Tabla 21. Plan de fertilización para praderas en clima cálido clúster 3

ETAPA	RECOMENDACIÓN
Preparación del terreno	En la última arada o rastrillada aplicar 250 Kg de P ₂ O ₅ en forma de enmienda
Fertilización de Establecimiento	Después de que se haya realizado el control de las malezas, y un primer pastoreo alrededor de los 90 y 120 días con animales pequeños (terneros), aplicar 284 Kg de N, 95 Kg de P ₂ O ₅ y 200Kg de K ₂ O. A los 6 meses aplicar: 70 Kg de N, 80 Kg de P ₂ O ₅ , 76 Kg de K ₂ O.

Fertilización de Mantenimiento: Después del segundo año de sembrado el pasto y dependiendo del uso y manejo se recomienda aplicar por ha después de cada pastoreo (Tabla 22):

Tabla 22. Fertilización de manejo para praderas en clima cálido clúster 3

Pasto	Pastoreo/año	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
GUINEA <i>(Megathirus maximus)</i>	11	32.13 Kg	38.60 Kg	25.04 Kg

¹⁷¹ Op. Cit. BEMESTINGS ANALYSIS GROND.

¹⁷² Op. Cit. KASS, Donald.

3.5.8 Clúster 4: Clima Frio

pH: La escala logarítmica de la concentración de hidrógenos libres en la solución considera 4,86 como muy fuertemente ácido¹⁷³ (Anexo E) (Tabla 8). Estos suelos presentan una baja disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio por estar débilmente unidos a las partículas minerales del suelo, los cuales pueden ser lavados convirtiéndose en una limitación para la producción de las pasturas¹⁷⁴.

Materia Orgánica: Estos suelos presentan un porcentaje de materia orgánica de 11,87%¹⁷⁵ (Anexo E) (tabla 8) catalogado como valor alto, siendo fuente de nitrógeno y fósforo, pero de lenta mineralización. La materia orgánica disponible en estos suelos mejora la nutrición en fósforo, y se recomiendan acciones de aireación de los suelos para mejorar la actividad de los microorganismos que actúan sobre los fosfatos disponibles para las praderas¹⁷⁶.

P: El método de determinación de Bray II afirma que estos suelos presentan un valor de fósforo disponible bajo de 4,78 ppm¹⁷⁷ (Anexo E) (Tabla 8). Comparado con la cantidad total del fósforo en el suelo. En estos suelos ácidos el fósforo tiende a ser fijado a través de reacciones químicas con aluminio, hierro y manganeso, por esta razón la aplicación de enmiendas y adiciones de carbonato liberan la disponibilidad de fósforo en el suelo mejorando la nutrición de las praderas¹⁷⁸.

K: Las zonas de este clúster presentan un valor alto 0,31 meq/100g¹⁷⁹ (Anexo E) (Tabla 8) en el contenido de potasio disponible. Es el nutriente que menores problemas de disponibilidad presenta en estos suelos porque las cantidades necesarias de este elemento están dadas por los fertilizantes potásicos y los residuos vegetales, los que por disolución y mineralización, respectivamente, incorporan potasio a la solución del suelo, o es fijado en parte por los coloides. A diferencia del fósforo y del nitrógeno, el potasio está presente en la solución del suelo solamente como un catión cargado positivamente¹⁸⁰.

¹⁷³ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹⁷⁴ Op. Cit. KASS, Donald.

¹⁷⁵ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹⁷⁶ Op. Cit. KASS, Donald.

¹⁷⁷ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹⁷⁸ Op. Cit. CONTI, M.

¹⁷⁹ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹⁸⁰ Op. Cit. KASS, Donald.

Los elementos de Calcio y Magnesio son bajos 1,28 meq/100g y 0,45 meq/100g¹⁸¹ (Anexo E) (Tabla 8) respectivamente en la solución del suelo, pero la relación potasio, calcio, magnesio 1:6:2 se presenta ideal para estos suelos, de acuerdo a los requerimientos generales, los pastos no son ávidos en estos elementos. La escasez y un desequilibrio de estas bases en los suelos pueden en ocasiones afectar las pasturas

En las Tablas 23 y 24 se encuentran las recomendaciones de fertilización para establecimiento y mantenimiento de los forrajes en el clúster (Anexo C).

Tabla 23. Plan de fertilización para praderas en clima frio clúster 4

ETAPA	RECOMENDACIÓN
Preparación del terreno	En la última arada o rastrillada aplicar 140 Kg de P ₂ O ₅ en forma de enmienda
Fertilización de Establecimiento	Después de que se haya realizado el control de las malezas, y un primer pastoreo alrededor de los 90 y 120 días con animales pequeños (terneros), aplicar 234 Kg de N, 251 Kg de P ₂ O ₅ , 346 Kg de K ₂ O. A los 6 meses aplicar: 55 Kg de N, 75 Kg de P ₂ O ₅ , 65 Kg de K ₂ O.

Fertilización de Mantenimiento: Después del segundo año de sembrado el pasto y dependiendo del uso y manejo se recomienda aplicar por ha después de cada pastoreo (Tabla 24):

Tabla 24. Fertilización de mantenimiento para praderas en clima frio clúster 4

Pasto	Pastoreo/año	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Raygras (<i>Lolium perenne</i>)	11	26,35 Kg	42,42 Kg	37,39 Kg
Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)	9	32,21 Kg	36,74 Kg	33,70 Kg

¹⁸¹ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

3.5.9 Clúster 4: Clima Medio

pH: Los suelos de este clúster, presentan un pH de 4,86 considerado como muy fuertemente ácido¹⁸² (Anexo E) (Tabla 8). En estas zonas se presenta una baja actividad de los microorganismos del suelo generando una estructura débil de agregados del suelo que favorecen la aireación y el movimiento de agua formando costras superficiales que aumentan la escorrentía de nutrientes esenciales para la producción de pasturas como fósforo, calcio y magnesio limitando el crecimiento de las pasturas¹⁸³.

Materia Orgánica: Las zonas pertenecientes a este clúster tienen altos contenidos de materia orgánica 11,87%¹⁸⁴ (Anexo E) (Tabla 8).

La materia orgánica disponible en estos suelos es de rápida mineralización y de altos contenidos de nitrógeno (N) orgánico proveniente principalmente de los residuos frescos existentes en estas zonas, aportando nutrientes principales, regulando el pH del suelo y favoreciendo la solubilidad y la asimilación de elementos minerales por parte de la planta¹⁸⁵.

P: Los suelos de estas zonas, presentan una disponibilidad de fósforo baja 4,78 ppm¹⁸⁶ (Anexo E) (Tabla 8). Las pasturas que crecen en estos suelos, absorben esta pequeña cantidad de la solución del suelo, que a su vez se encuentra en equilibrio con el fósforo de la fase sólida. Así, cada una de las formas químicas del suelo contribuyen de manera distinta a enriquecer el fósforo disponible para el cultivo además del incremento en el contenido de agua en el suelo induce necesariamente a un elevar los contenidos de iones fosfato en solución¹⁸⁷.

K: Los suelos de este clúster tienen un alto contenido de potasio disponible 0,31 meq/100g¹⁸⁸ (Anexo E) (Tabla 8) proveniente de procesos de meteorización, fertilización y por la acción biológica relacionada con la materia orgánica disponible¹⁸⁹.

¹⁸² Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹⁸³ Op. Cit. KASS, Donald.

¹⁸⁴ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹⁸⁵ Op. Cit. KASS, Donald.

¹⁸⁶ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹⁸⁷ Op. Cit. CONTI, M.

¹⁸⁸ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹⁸⁹ Op. Cit. KASS, Donald.

La relación K: Ca: Mg 1:6:2 es ideal para estos elementos, pero los suelos presentan bajos contenidos de Ca y Mg 1,28 y 0,45 meq/100g¹⁹⁰ (Anexo E) (Tabla 8) respectivamente. Pero de acuerdo a los requerimientos generales de los pastos estos suelos no requieren cantidades importantes de estos elementos para la producción. En las Tablas 25 y 26 se encuentran las recomendaciones de fertilización para establecimiento y mantenimiento de los forrajes en el clúster (Anexo C).

Tabla 25. Plan de fertilización para praderas en clima medio clúster 4

ETAPA	RECOMENDACIÓN
Preparación del terreno	En la última arada o rastrillada aplicar 50 Kg de P ₂ O ₅ en forma de enmienda
Fertilización de Establecimiento	Después de que se haya realizado el control de las malezas, y un primer pastoreo alrededor de los 70 y 80 días con animales pequeños (terneros), aplicar 234 Kg de N, 80 Kg de P ₂ O ₅ , 17 Kg de K ₂ O. A los 6 meses aplicar: 55 Kg de N, 50 Kg de P ₂ O ₅ , 15 Kg de K ₂ O.

Fertilización de Mantenimiento: Después del segundo año de sembrado el pasto y dependiendo del uso y manejo se recomienda aplicar por ha después de cada pastoreo (Tabla 26):

Tabla 26. Fertilización de mantenimiento para praderas en clima medio clúster 4

Pasto	Pastoreo/año	N	P₂O₅	K₂O
<i>Brachiaria spp</i>	8	36,23 Kg	22,44 Kg	4,10 Kg

¹⁹⁰ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

3.5.10 Clúster 5: Clima Frio

pH: La concentración de hidrógenos libres en la solución para las zonas de este grupo muestra un valor de 5,01 considerado como fuertemente ácido¹⁹¹ (Anexo E) (Tabla 8) relacionado con presencia de Al⁺⁺⁺ Intercambiable en cantidades apreciables, lo que provoca toxicidad que afecta el rendimiento y el desarrollo de las praderas. Se debe revisar el nivel de P disponible, es factible que ocurran problemas de disponibilidad de Mo, además de requerir de enmiendas o encalado, por lo que hay que determinar la dosis más apropiada¹⁹².

Materia Orgánica: Estos suelos presentan un porcentaje de materia orgánica de 10,71%¹⁹³ (Anexo E) (Tabla 8) catalogado alto, como fuente de nitrógeno y fósforo; por su alto nivel de Al y su fuerte acidez, reducen la actividad biológica y la materia orgánica se mantiene a bajos niveles de mineralización para ser útiles en el desarrollo de las pasturas; la materia orgánica disponible en estos suelos mejora la nutrición en fósforo, y se recomiendan incrementar el contenido de materia orgánica mineralizada para optimizar la actividad de los microorganismos¹⁹⁴.

P: Los suelos de estas zonas, presentan un valor de fósforo disponible bajo, de 4,78 ppm¹⁹⁵ (Anexo E) (Tabla 8) según el método de determinación Bray II. El fósforo en el suelo se combina y forma parte de fosfatos minerales y orgánicos, así como con ácidos orgánicos, pero la movilización de los fosfatos en este tipo de suelos a la lenta y la corta distancia a que se difunden los fosfato, es recomendable situarlos muy próximos a las raíz de las pasturas, además fertilizantes con alto contenido de carbonatos para mejorar el aprovechamiento del fosforo en el suelo y la asimilación de las praderas¹⁹⁶.

K: El contenido de potasio K⁺ para los suelos de este clúster presenta un valor alto 0,35 ppm¹⁹⁷ (Anexo E) (Tabla 8). Las plantas absorben por vía radicular a partir de la solución del suelo (1 unidad fertilizante de potasio es igual a 1 kg de K₂O) que se encuentra disponible. Dada su baja carga y pequeño radio iónico hace que la absorción se efectúe con facilidad, incluso, cantidades de K⁺ superiores a las necesidades de las pasturas. La solubilidad de sus compuestos y a la movilidad del K⁺ en el suelo, no es necesario localizarlo en la línea de siembra de las pasturas

¹⁹¹ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹⁹² Op. Cit. KASS, Donald.

¹⁹³ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹⁹⁴ Op. Cit. KASS, Donald.

¹⁹⁵ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

¹⁹⁶ Op. Cit. CONTI, M.

¹⁹⁷ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

sino que permiten distribuirlo en forma generalizada¹⁹⁸. Los contenidos de Calcio y Magnesio en estos suelos 1,50 y 0,51 ppm¹⁹⁹ (Anexo E) (Tabla 8) respectivamente, son bajos en la disponibilidad del suelo, pero la relación calcio, magnesio 6:2 se presenta ideal para estos suelos con un valor de 2,94; la relación magnesio, potasio 1,46 se considera aceptable y la relación calcio, potasio 4,29 como Margen adecuado para K²⁰⁰. Las recomendaciones de fertilización para establecimiento y mantenimiento de los forrajes en el clúster, aparecen en las tablas 27 y 28 respectivamente (Anexo D).

Tabla 27. Plan de fertilización para praderas en clima frio clúster 5

ETAPA	RECOMENDACIÓN
Preparación del terreno	En la última arada o rastrillada aplicar 250 Kg de P ₂ O ₅ en forma de enmienda
Fertilización de Establecimiento	Después de que se haya realizado el control de las malezas, y un primer pastoreo alrededor de los 90 y 120 días con animales pequeños (terneros), aplicar 80 Kg de N, 150 Kg de P ₂ O ₅ . A los 6 meses aplicar: 30 Kg de N, 83 Kg de P ₂ O ₅ .

Fertilización de Mantenimiento: Después del segundo año de sembrado el pasto y dependiendo del uso y manejo se recomienda aplicar por ha después de cada pastoreo (Tabla 28):

Tabla 28. Fertilización de manejo para praderas en clima frio clúster 5

Pasto	Pastoreo/año	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Raygras (<i>Lolium perenne</i>)	11	10 Kg	43,93 Kg	32,54 Kg
Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)	9	12,23 Kg	53.70 Kg	39,77 Kg

¹⁹⁸ Op. Cit. KASS, Donald.

¹⁹⁹ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

²⁰⁰ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

3.5.11 Clúster 5: Clima Medio

pH: este clúster tienen un valor 5,01 considerado como fuertemente ácido²⁰¹ (Anexo E) (Tabla 8). Estos suelos presentan una baja actividad de los microorganismos del suelo generando una estructura débil de agregados, baja disponibilidad de fósforo, calcio y magnesio que se compensa con el aporte de materia orgánica y la aplicación de enmiendas. Es un error pretender que aportar una vez una cantidad de enmienda que suponga una modificación de pH superior a una unidad. En los suelos muy ácidos se efectuará la corrección en varios años²⁰².

Materia Orgánica: Estos suelos presentan altos contenidos de materia orgánica disponible 10,71%²⁰³ (Anexo E) (Tabla 8) considerada muy alto recalando el incremento en la temperatura. La Materia Orgánica en estos suelos, se considera fuente de liberación de fósforo que se encuentra fijado, por su rápida mineralización y actividad de los microorganismos²⁰⁴.

P: Estos suelos tienen bajo contenido de fósforo disponible 3,87ppm²⁰⁵ (Anexo E) (Tabla 8). El fósforo tiende a reaccionar con aluminio, y hace que se fijen en el suelo y disminuyen su disponibilidad en la solución. Es preciso en estos suelos ácidos, el aporte de la materia orgánica, así como la disposición de agua en el suelo para estimular el incremento de los contenidos de iones fosfato en solución y así la asimilación por parte de las pasturas²⁰⁶.

La relación K: Ca: Mg 1:6:2 es adecuada para los suelos de este clúster, pero, presenta valores bajos de Calcio 1,50 ppm y Magnesio 0,51 ppm²⁰⁷ (Anexo E) (Tabla 8). Según los requerimientos del cultivo, los suelos no requieren fertilizaciones a base de estos elementos.

Las recomendaciones de fertilización para establecimiento y mantenimiento de los forrajes en el clúster, aparecen en los cuadros 29 y 30 respectivamente

²⁰¹ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

²⁰² Op. Cit. KASS, Donald.

²⁰³ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

²⁰⁴ Op. Cit. KASS, Donald.

²⁰⁵ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

²⁰⁶ Op. Cit. CONTI, M.

²⁰⁷ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

En la tabla 29 se presenta el plan de fertilización para praderas según los requerimientos de los pasturas por clima (Anexo D).

Tabla 29. Plan de fertilización para praderas en clima medio clúster 5

ETAPA	RECOMENDACIÓN
Preparación del terreno	En la última arada o rastrillada aplicar 100 de P ₂ O ₅ en forma de enmienda
Fertilización de Establecimiento	Después de que se haya realizado el control las malezas, y un primer pastoreo alrededor los 90 y 120 días con animales pequeños (terneros), aplicar 80 Kg de N, 50 Kg P ₂ O ₅ . A los 6 meses aplicar: 30 Kg de N, 46 Kg de P ₂ O ₅ .

Fertilización de Mantenimiento: Después del segundo año de sembrado el pasto y dependiendo del uso y manejo se recomienda aplicar por ha después de cada pastoreo (Tabla 30):

Tabla 30. Fertilización de manejo para praderas en clima medio clúster 5

Pasto	Pastoreo/año	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
<i>Brachiaria spp</i>	8	13.76 Kg	24.52 Kg	—

3.5.12 Clúster 5: Clima Cálido

pH: este clúster tienen un valor 5,01 considerado como fuertemente ácido²⁰⁸ (Anexo F) (Tabla 8) según la escala de pH. Los suelos de esta zona presentan baja solubilidad de fósforo y disminuida disponibilidad de calcio y magnesio para los forrajes que son ávidos de estos elementos y del nitrógeno. La temperatura de la

²⁰⁸ Op. Cit. BEMESTINGS ANALYSIS GROND.

zona puede hacer que se presente alta actividad de los microorganismos del suelo, sin embargo, el pH puede ser impedimento para esta actividad, que se subsana con el aporte de materia orgánica y la aplicación de enmiendas con elementos cálcicos²⁰⁹.

Materia Orgánica: Estos suelos presentan altos contenidos de materia orgánica, con valor de 10,71% considerada muy alto²¹⁰ (Anexo F) (Tabla 8) recalcando el incremento en la temperatura. La materia orgánica en estos suelos, se considera fuente de liberación de fósforo que se encuentra fijado, por su rápida mineralización y actividad de los microorganismos²¹¹.

P: Estos suelos tienen bajo contenido de fósforo disponible 3,87ppm²¹² (Anexo F) (Tabla 8) según el método de determinación Bray II. La disponibilidad de fósforo es muy baja, debido a que se muestra alta fijación de este elemento y forma compuestos insolubles. Es preciso en estos suelos ácidos, el aporte de la materia orgánica y su aplicación, en forma de fertilizantes y dosis que correspondan al nivel de deficiencia y la exigencia por parte de las pasturas²¹³.

K: En este grupo de suelos, el contenido de potasio es catalogado como ideal para este clima, con un valor de 0.35 ppm²¹⁴ (Anexo F) (Tabla 8). Los forrajes absorben de manera fácil el potasio K⁺ por vía radicular a partir desde la solución del suelo por su baja carga y pequeño radio iónico. Se aclara que las pasturas pueden absorber cantidades elevadas de potasio sin que se observen variaciones significativas del rendimiento, en relación con el obtenido para menores cantidades de potasio absorbido²¹⁵.

La relación K: Ca: Mg 1:6:2 es adecuada para los suelos de este clúster, pero, presenta valores bajos de Calcio 1,50 ppm y Magnesio 0,51 ppm²¹⁶ (Anexo F) (Tabla 8). Según los requerimientos del cultivo, los suelos no requieren fertilizaciones a base de estos elementos. Las recomendaciones de fertilización para establecimiento y mantenimiento de los forrajes en el clúster, aparecen en las Tablas 31 y 32 respectivamente.

²⁰⁹ Op. Cit. KASS, Donald.

²¹⁰ Op. Cit. BEMESTINGS ANALYSIS GROND.

²¹¹ Op. Cit. KASS, Donald.

²¹² Op. Cit. BEMESTINGS ANALYSIS GROND.

²¹³ Op. Cit. CONTI, M.

²¹⁴ Op. Cit. BEMESTINGS ANALYSIS GROND.

²¹⁵ Op. Cit. KASS, Donald.

²¹⁶ Op. Cit. BEMESTINGS ANALYSIS GROND.

Tabla 31. Plan de fertilización para praderas en clima cálido clúster 5

ETAPA	RECOMENDACIÓN
Preparación del terreno	En la última arada o rastrillada aplicar 300 Kg de P ₂ O ₅ en forma de enmienda
Fertilización de Establecimiento	Después de que se haya realizado el control de las malezas, y un primer pastoreo alrededor de los 90 y 120 días con animales pequeños (terneros), aplicar 80 Kg de N, 129 Kg de P ₂ O ₅ , 300 kg de K ₂ O. A los 6 meses aplicar: 30 Kg de N, 70 Kg de P ₂ O ₅ , 71 Kg de K ₂ O.

Fertilización de Mantenimiento: Después del segundo año de sembrado el pasto y dependiendo del uso y manejo se recomienda aplicar por ha después de cada pastoreo (Tabla 32):

Tabla 32. Fertilización de manejo para praderas en clima cálido clúster 5

Pasto	Pastoreo/año	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Guinea (<i>Megathirus maximus</i>)	11	13.76 Kg	45.31 Kg	33.75 Kg

3.5.13 Clúster 6: Clima Frio

pH: Las zonas ganaderas de este clúster tienen un valor de 4,54 en el pH de sus suelos²¹⁷ (Anexo E) (Tabla 8) catalogado como muy fuertemente ácido. Estos suelos presentan una deficiencia de calcio, potasio, magnesio y fósforo a causa de la fijación de hierro y aluminio y una actividad bacteriana escasa a causa de la acidez de estos suelos, requiriendo enmiendas que incrementen el valor de pH para que las

²¹⁷ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

pasturas puedan tener disponibles estos elementos esenciales para su producción²¹⁸.

Materia Orgánica: Los suelos de pertenecientes a este clúster, presenta un valor alto 13,39%²¹⁹ (Anexo E) (Tabla 8). En este clima la materia orgánica disponible es de lenta mineralización con altos contenidos de nitrógeno propios para el buen desarrollo de las pasturas. La materia orgánica existente contribuye a una buena aireación y retención de agua por parte del suelo²²⁰.

P: El método de Bray II, determina que el fósforo de estos suelos es bajo 4,66 ppm²²¹ (Anexo E) (Tabla 8). La temperatura de estas zonas es significativa en la disponibilidad del fósforo ocasionando que el bajo nivel de este elemento provea una respuesta más alta al fósforo aplicado. No obstante, por la baja movilidad del fósforo, sobre todo en estos suelos fríos tiene incidencia en la respuesta del nitrógeno aplicado al suelo²²².

K: Los suelos de este clúster, presentan un contenido medio 0,28 meq/100g²²³ (Anexo E) (Tabla 8) de potasio disponible. Este elemento es de lenta absorción por las temperaturas bajas y la acides de los suelos. Los valores altos de materia orgánica inciden positivamente en el fósforo logrando que la planta pueda tener a disposición este elemento y llevar a cabo sus procesos metabólicos²²⁴. En cuanto a Calcio y Magnesio, estos suelos tienen baja disponibilidad de estos elementos 1,12 y 0,35 meq/100g respectivamente; la relación K: Ca: Mg 1:6:2 es ideal²²⁵ (Anexo E) (Tabla 8) Pero de acuerdo a los requerimientos generales de los pastos estos suelos no requieren cantidades importantes de estos elementos para la producción.

En las tablas 33 y 34 se encuentran las recomendaciones de fertilización para establecimiento y mantenimiento de los forrajes en el clúster (Anexo C).

En la tabla 33 se establece el plan de fertilización para preparación del terreno y el establecimiento de las praderas.

²¹⁸ Op. Cit. KASS, Donald.

²¹⁹ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

²²⁰ Op. Cit. KASS, Donald.

²²¹ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

²²² Op. Cit. CONTI, M.

²²³ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

²²⁴ Op. Cit. KASS, Donald.

²²⁵ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

Tabla 33. Plan de fertilización para praderas en clima frio clúster 6

ETAPA	RECOMENDACIÓN
Preparación del terreno	En la última arada o rastrillada aplicar 163 Kg de P ₂ O ₅ en forma de enmienda
Fertilización de Establecimiento	Después de que se haya realizado el control de las malezas, y un primer pastoreo alrededor de los 90 y 120 días con animales pequeños (terneros), aplicar 272 Kg de N, 215 Kg de P ₂ O ₅ , 260 Kg de K ₂ O. A los 6 meses aplicar: 272 Kg de N, 90 Kg de P ₂ O ₅ , 186 Kg de K ₂ O.

Fertilización de Mantenimiento: Después del segundo año de sembrado el pasto y dependiendo del uso y manejo se recomienda aplicar por ha después de cada pastoreo (Tabla 34):

Tabla 34. Fertilización de mantenimiento para praderas en clima frio clúster 6

Pasto	Pastoreo/año	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Raygras (<i>Lolium perenne</i>)	11	47,77 Kg	42,62 Kg	40,56 Kg
Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)	9	58,38 Kg	36,98 Kg	37,59 Kg

3.5.14 Clúster 6: Clima Medio

pH: Según la escala de pH, las zonas de este clúster tienen un valor 4,54 considerado como muy fuertemente ácido²²⁶ (Anexo E) (Tabla 8). Estos suelos presentan una baja disponibilidad de fósforo, calcio y magnesio que puede ser

²²⁶ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

contrarrestado con los altos valores de materia orgánica y una buena fertilización a base de estos elementos²²⁷.

Materia Orgánica: Estos suelos presentan altos contenidos de materia orgánica disponible 13,39%²²⁸ (Anexo E) (Tabla 8) siendo fuente de fósforo por su rápida mineralización y actividad de los microorganismos favoreciendo que las partículas minerales individuales del suelo formen agregados estables, mejorando así la estructura del suelo disminuyendo los riesgos de erosión en estas zonas²²⁹.

P: En el método de determinación Bray II se obtiene que, los suelos tienen bajo contenido de fósforo disponible 4,66 ppm²³⁰ (Anexo E) (Tabla 8).

En estos suelos ácidos el fósforo tiende a reaccionar con aluminio, hierro y manganeso formando compuestos que alteran su disponibilidad en la solución del suelo. La disponibilidad de la materia orgánica, los residuos de cultivos y el incremento en el contenido de agua en el suelo induce a elevar los contenidos de iones fosfato en solución²³¹.

K: La cantidad de potasio disponible en estos suelos es de valor medio 0,28 meq/100g²³² (Anexo E) (Tabla 8). El potasio absorbido por las plantas se requiere en grandes cantidades proviniendo de la meteorización de minerales que contienen este elemento. La disponibilidad media de este elemento se asocia a la acidez de estos suelos y el intenso lavado de las partículas de fósforo²³³.

La relación K: Ca: Mg 1:6:2 es adecuada para los suelos de este clúster, pero, presenta valores bajos de Calcio 1,12 meq/100g y Magnesio 0,35 meq/100g²³⁴ (Anexo E) (Tabla 8). De acuerdo a los requerimientos generales de los pastos estos suelos no requieren cantidades importantes de estos elementos para la producción.

En las tablas 35 y 36 se encuentran las recomendaciones de fertilización para establecimiento y mantenimiento de los forrajes en el clúster (Anexo C).

²²⁷ Op. Cit. KASS, Donald.

²²⁸ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

²²⁹ Op. Cit. KASS, Donald.

²³⁰ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

²³¹ Op. Cit. CONTI, M.

²³² Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

²³³ Op. Cit. KASS, Donald.

²³⁴ Op. Cit. TONCEL GAVIRIA, Wilson.

Tabla 35. Plan de fertilización para praderas en clima medio clúster 6

ETAPA	RECOMENDACIÓN
Preparación del terreno	En la última arada o rastrillada aplicar 75 Kg de P ₂ O ₅ en forma de enmienda
Fertilización de Establecimiento	Después de que se haya realizado el control de las malezas, y un primer pastoreo alrededor de los 70 y 80 días con animales pequeños (terneros), aplicar 272 Kg de N, 56 Kg de P ₂ O ₅ , 52 Kg de K ₂ O. A los 6 meses aplicar: 272 Kg de N, 50 Kg de P ₂ O ₅ , 15 Kg de K ₂ O.

Fertilización de Mantenimiento: Después del segundo año de sembrado el pasto y dependiendo del uso y manejo se recomienda aplicar por ha después de cada pastoreo (Tabla 36):

Tabla 36. Fertilización de mantenimiento para praderas en clima medio clúster 6

Pasto	Pastoreo/año	N	P₂O₅	K₂O
<i>Brachiaria spp</i>	8	65,68 Kg	22,71 Kg	8,46 Kg

3.5.15 Clúster 7: Clima Cálido

pH: En la escala logarítmica de la concentración de hidrógenos libres en la solución estos suelos son moderadamente ácidos 5,79²³⁵ (Anexo F) (Tabla 8) permitiendo la disponibilidad en el suelo de calcio, magnesio y potasio, pero, existen valores bajos de fósforo disponible²³⁶.

²³⁵ Op. Cit. BEMESTINGS ANALYSIS GROND.

²³⁶ Op. Cit. KASS, Donald.

Materia Orgánica: La materia orgánica disponible en los suelos de este clúster se encuentra de baja disponibilidad 2,38%²³⁷ (Anexo F) (Tabla 8). Estas zonas tienen una mineralización rápida y una alta actividad microbiana en sus suelos, el pH y la temperatura juegan un papel fundamental en esta disponibilidad generando altos contenidos de nitrógeno disponible para la absorción de la planta²³⁸.

P: Estos suelos tienen un bajo contenido de fósforo disponible 10,88 ppm²³⁹ (Anexo F) (Tabla 8). Durante la descomposición de la materia orgánica se producen compuestos ácidos aumentando la disponibilidad de las formas minerales de fósforo orgánico previniendo la formación de fosfatos de hierro insolubles a causa de su baja disponibilidad²⁴⁰.

K: Los suelos de esta zona, presentan contenidos medios de potasio disponible 0,39 meq/100g²⁴¹ (Anexo F) (Tabla 8). El valor medio de este elemento está asociado a la baja humedad del suelo como consecuencia de las altas temperaturas que predominan en la región. Una adecuada humedad del suelo es importante para los procesos de movilización y transporte de los iones de potasio en la disolución del suelo por flujo masal o por difusión. En suelos secos se activan los mecanismos de fijación y lenta liberación de este elemento²⁴². Estos suelos presentan valores altos en Calcio 10,38 meq/100g y Magnesio 52,04 meq/100g, pero, la relación K: Ca: Mg 1:6:2 no son adecuadas²⁴³ (Anexo F) (Tabla 8).

En la relación Ca: Mg el contenido de magnesio es alto en la disolución del suelo, comparado con el contenido de calcio. Por lo tanto, la velocidad de absorción de calcio por las raíces de las plantas, se bloquea parcialmente. En la relación Ca: K el contenido de calcio es alto en relación con el valor de potasio. Generando un desequilibrio de estos cationes en la solución del suelo²⁴⁴.

Las recomendaciones de fertilización para establecimiento y mantenimiento de los forrajes en el clúster, aparecen en las tablas 37 y 38 respectivamente (Anexo B).

²³⁷ Op. Cit. BEMESTINGS ANALYSIS GROND.

²³⁸ Op. Cit. KASS, Donald.

²³⁹ Op. Cit. BEMESTINGS ANALYSIS GROND.

²⁴⁰ Op. Cit. CONTI, M.

²⁴¹ Op. Cit. BEMESTINGS ANALYSIS GROND.

²⁴² Op. Cit. KASS, Donald.

²⁴³ Op. Cit. BEMESTINGS ANALYSIS GROND.

²⁴⁴ Op. Cit. KASS, Donald.

Tabla 37. Plan de fertilización para praderas en clima cálido clúster 7

ETAPA	RECOMENDACIÓN
Preparación del terreno	En la última arada o rastrillada aplicar 109 Kg de P ₂ O ₅ en forma de enmienda
Fertilización de Establecimiento	Después de que se haya realizado el control de las malezas, y un primer pastoreo alrededor de los 70 y 80 días con animales pequeños (terneros), aplicar 597 Kg de N, 200 Kg de P ₂ O ₅ , 248 Kg de K ₂ O. A los 6 meses aplicar: 597 Kg de N, 60 Kg de P ₂ O ₅ , 70 Kg de K ₂ O.

Fertilización de Mantenimiento: Después del segundo año de sembrado el pasto y dependiendo del uso y manejo se recomienda aplicar por ha después de cada pastoreo (Tabla 38):

Tabla 38. Fertilización de mantenimiento para praderas en clima medio clúster 7

Pasto	Pastoreo/año	N	P2O5	K2O
Guinea (<i>Megathirus maximus</i>)	12	99,41 Kg	30,83 Kg	26,53 Kg

4 CONCLUSIONES

Partiendo de los resultados de los análisis químicos de fertilidad de suelos, en 1337 unidades productivas, por la Fundación Alpina, se identificaron 7 grupos con similitud de su composición fisicoquímica, que permiten definir un plan de manejo nutricional de los forrajes según el clima y sintetizar para cada uno de ellos recomendaciones que pueden ser aplicadas a suelos de características similares en las regiones ganaderas del departamento del Cauca.

Los suelos de la zona ganadera del departamento del Cauca son ácidos y homogéneos, por lo tanto, la fertilización se debe realizar con base a los requerimientos de las pasturas y a la escasez de los elementos del suelo como alternativa de manejo, destacándose que las mayores aplicaciones de fertilizantes se realizan en clima cálido y las menores en clima frío, por la velocidad de mineralización de los fertilizantes satisfaciendo las necesidades de nutrientes de las pasturas y del suelo.

A excepción del clúster 1 distinguido por su bajo nivel de potasio y el clúster 7 por la baja disponibilidad de materia orgánica, bajos niveles de potasio, la aplicación nutricional de las pasturas en el resto de las unidades productivas es similar, lo que permite unificar criterios técnicos para realizar un acompañamiento a los productores

El clúster 7 requiere de aplicaciones de 1,2 Tonelada de materia orgánica/Ha, superando las recomendaciones generales para la producción de forrajes que es de 1 Tonelada por Hectárea, sugiriendo una dosificación en el tiempo de materia orgánica para estos suelos.

5 RECOMENDACIONES

1. Según los resultados de este trabajo, se recomienda seguir con los planes de fertilización sugeridos según los pisos térmicos y los agrupamientos definidos, es necesario que se establezcan los requerimientos según las marcas comerciales de fertilizantes.

Las especies de forrajes mencionados en el documento sirven como referencia para la mayoría de las especies de gramíneas forrajeras existentes en cada región; no obstante, se debe involucrar en los sistemas ganaderos otro tipo de alternativas forrajeras, la información expuesta de cada clúster permite definir los planes particulares de fertilización.

2. Es necesario ampliar estudios de este tipo hacia otras regiones y otros cultivos, con miras a fortalecer la productividad y optimizar los recursos, así entonces ser más competitivos en la producción agropecuaria.

3. Se recomienda continuar con investigaciones relacionadas sobre el análisis de clústers en los suelos del departamento del Cauca, siendo este trabajo pionero en este sentido.

4. Realizar aplicaciones al voleo de la enmienda mencionada en las recomendaciones para el manejo de suelos, con el fin de que exista una disponibilidad de nutrientes que le permita a la planta iniciar su desarrollo.

BIBLIOGRAFÍA

ABAD, Darío. El Método de Caso. Conferencia, Especialización en Didáctica Universitaria. Universidad de Antioquia. Interponed Editores, 1990. Pág. 214

ALATORRE Monroy, Norberto. La Micro Cuenca como Elemento de Estudio de La Vulnerabilidad Ambiental, (SF). Págs 13-16

ALMANZA Manrique, Rodolfo. Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional, 2005.

AMEZQUITA, Edgar. Caracterización Agrológica del Suelo y Diagnóstico de su Fertilidad en La Estación Experimental del Campus Nueva Granada. Cundinamarca, 2008.

ARIAS, Alberto. Edafología, 2001.

BAHAMONDES, Rafael. Manejo de Cuencas Hidrográficas, (SF).

BAUTISTA, Francisco y PALACIO, Álvaro. Caracterización y Manejo de los Suelos de La Península de Yucatán, 2009.

BEMESTINGS ANALYSIS GROND. Tomado de SGS TS Agri- Food Laboratory, 1999.

BERNAL, J. y ESPINOSA, J. Manual de Nutrición y fertilización de Pastos, 2003.

BLANCO Sandoval, Eduardo. Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional, 2003.

CASAS Flores, Raquel. El Suelo de Cultivo y Las Condiciones Climáticas. Ediciones Paraninfo, S.A. España, 2011

COMERFORD, Nicholas. Mecanismos de Captación de Nutrientes Fertilios en Ecosistemas Forestales: Cómo Interpretar La Fertilidad en el Contexto de La Conservación de Recursos Genéticos. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. México, 1999.

CONTI, M. Principios de Edafología. 1era Edición. FAUBA, 1998.

CORREA, Juan Guillermo. El Método de Caso como Estrategia Didáctica para La Formación de Administradores de Empresas. Semestre Económico, 2002.

CRUZ Y GARCÍA, Pablo Emilio. Cuencas Hidrográficas, Universidad de Los Llanos, 2002.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). Metodología General Encuesta Nacional Agropecuaria – ENA. Bogotá, 2012.

DORRONSO, C. 2001. Degradación del suelo. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada, España. (Visitado el 5 de Abril de 2007). <<http://edafologia.ugr.es/conta/tema10/>>.

_____ 2003. Clasificación y cartografía de suelos. <http://edafologia.ugr.es/carto/tema00/progr.htm>.

FERNÁNDEZ, José Luis. El Método de Caso Aplicado a la Ética Empresarial. ESIC MARKET, 2001.

GARCIA, E y GARZON, A. El Sistema Complejo de la Cuenca Hidrográfica, 2007.

GONZALES, Armando. La agricultura en Cuba Actualidad y Transformaciones Necesarias. Universidad de La Habana. Cuba, 2005.

GONZALES Fernández, Manuel. La Ciencia Ayer y Hoy, 2008.

GRISALES, G. Suelos de La Zona Cafetera, Clasificación y Uso, 1977.

HERNÁNDEZ, Juan Carlos. Edafología y Fertilidad. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, 2013.

HILLEL, Daniel. Environmental Soil Physics. Primera Edición. University of Massachusetts. U.S.A, 1998.

INSTITUTO COLOMBIANO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del departamento del Cauca. Bogotá D.C, 2005-2009.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS (INVIAS). Red Vial Nacional, 2015.

JARAMILLO, Daniel. Introducción a La Ciencia del Suelo. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, 2006.

KASS, Donald. Fertilidad de Suelos. Editorial. Universidad Estatal a distancia, 1998.

LEWIS Torres, Cynthia. El Cauca y La Productividad de Sus Tierras: La Última Petición de Las Comunidades Ancestrales del Cauca al Gobierno Nacional, de 20 Mil Hectáreas de Tierras, Reabren La Discusión en Torno a La Productividad que estas puedan Tener. En: Periódico El nuevo liberal, 2015.

LLOPIS PÉREZ, Jaume. La Estadística: Una Orquesta Hecha Instrumento, 2005.

MALAGÓN Castro, Dimas. Los Levantamientos Agrológicos y sus Aplicaciones Múltiples. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, 1984.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. 2000. Principios de nutrición vegetal. Traducción al español de la 4ª edición (1987). Internacional Potash Institute. Basel, Switzerland. 692 p.

MONTES Pulido, Carmen Rosa. Desarrollo Local Sostenible, Un Instrumento para Alcanzar La Competitividad en La Amazonia Colombiana: Experiencia en El departamento del Guaviare (Colombia), 2010.

MUNAR y MARTÍNEZ, Carlos. Física de Suelos. 2010

NISHINA, A.; GRAHAM, L. y KOCHENDERFER, S. Handbook of Youth Prevention Science, 2000.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). Portal de Suelos, 2008.

ORTEGA Fernández, Luis Alfonso. Documento de Análisis Socio - Ambiental del departamento del Cauca: Como Elemento para Identificación de Lineamientos para Ajuste de Instrumentos de Planificación de C.R.C. Popayán, 2009.

ORTIZ, B. GONZÁLEZ, É. y MALDONADO, A. Representaciones de Cambio Climático en Estudiantes de La Universidad Veracruzana. Ciudad de México, 1981.

PETERS, Michael; FRANCO, Luis Horacio; SCHMIDT, Axel e HINCAPIÉ, Belisario. Especies Forrajeras Multipropósito: Opciones para Productores del Trópico Americano, 2011.

PLAN DE DESARROLLO REGIONAL DE LAS CULTURAS DEL MACIZO Y SUROCCIDENTE COLOMBIANO, 2002.

PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (POT) MUNICIPIO DE TOTORÓ, 2015.

ROMERO Carrascal, Omar. Área de Desarrollo Rural del Valle de Tenza (Boyacá) - Componente Físico – Biótico. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER). Bogotá, Enero de 2012.

SALAZAR, Eduardo y LOPEZ, Henrique. El Clima y el Hombre como Estabilidad de la Estructura del Suelo, 2009.

SILVA, J. y UCHIDA, R.S. Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils: Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa, Honolulu, 2000.

SOIL SURVEY STAFF. Soil Survey Manual Introduction, 1951.

TAFUR Reyes, Ramiro. Plan Frutícola Nacional: Desarrollo de la Fruticultura en el Cauca, Noviembre de 2006.

TARBUCK, Edward y LUTGENS, Frederick. Ciencias de La Tierra. Una introducción a La Geología Física. Octava Edición. Universidad Autónoma de Madrid. España, 1999.

TONCEL GAVIRIA, Wilson. Resultados e Interpretación de Análisis de Suelos, SF.

TERRADEZ GUERRA, Manuel. Análisis de Componentes Principales, 2001.

VILLANEDA VIVAS, Gloria. Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional, 2006.

UNIDAD DE PLANIFICACIÓN RURAL AGROPECUARIA (UPRA). Evaluación de Tierras para La Zonificación con Fines Agropecuarios: Consolidación de La Metodología General de Evaluación de Tierras para La Zonificación con Fines Agropecuarios a Nivel Nacional, 2013.

ZAMBRANO, Michael. Fertilidad del Suelo. España, 2007.

ANEXOS

Anexo A: Clúster 1 y 2: Información de la cantidad de kilos asimilables por el suelo según el requerimiento del cultivo en los 3 pisos términos

Clúster 1						Clúster 2									
Raigrass (<i>Lolium perenne</i>)			Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)			Raigrass (<i>Lolium perenne</i>)				Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)		Brachiaria spp		Guinea (<i>Megathirus maximus</i>)	
ELE	RAS	REQ.	Kg ASIMILABLES.	REQ.	Kg ASIMILABLES	ELE	RAS	REQ.	Kg ASIMILABLES	REQ.	Kg ASIMILABLES	REQ.	Kg ASIMILABLES	REQ.	Kg ASIMILABLES
pH	5,73					pH	5,24								
Ntotal	0,49			389		Ntotal	0,54			389		230		332	
Morg	9,86		155 N		155 N	Morg	10,93		155,00 N		155,00 N		155,00 N		155,00 N
P	8,52	48,4	398,08 P ₂ O ₅	36,52	262,06 P ₂ O ₅	P	4,82	48,4	465,94 P ₂ O ₅	36,52	329,91 P ₂ O ₅	23,32	178,77 P ₂ O ₅	49,72	481,05 P ₂ O ₅
satAl	1,34					satAl	14,23								
Al	0,53					Al	0,46								
Ca	3,99	42,6	-2159,50 CaO	42,6	-2159,50 CaO	Ca	2,01	42,6	-1052,69 CaO	42,6	-1052,69 CaO	35,5	-1065,12 CaO	28,4	-1077,54 CaO
Mg	0,76	36	-219,36 MgO	36	-219,36 MgO	Mg	0,66	36	-182,53 MgO	36	-182,53 MgO	24	-206,53 MgO	66	-122,53 MgO
K	0,61	398,4	37,94 K ₂ O	344,45	-69,96 K ₂ O	K	0,40	398,4	299,43 K ₂ O	344,45	191,53 K ₂ O	209,16	-79,05 K ₂ O	405,04	312,71 K ₂ O
Na	0,44					Na	0,34								
CiCe	6,06					CiCe	3,41								
B	0,37					B	0,34								
Cu	1,32					Cu	1,25								
Fe	10,40					Fe	12,93								
Mn	10,66					Mn	13,87								
Zn	1,84					Zn	1,49								
Co	0,18					Co	0,01								
Mo	0,27					Mo	0,00								

ELE. (Elemento), RAS (Resultado de análisis de suelo), REQ. (Requerimiento del cultivo en elemento puro)

Anexo B: Clúster 3 y 7: Información de la cantidad de kilos asimilables por el suelo según el requerimiento del cultivo en los 3 pisos términos

Clúster 3										Clúster 7			
Raigrass (<i>Lolium perenne</i>)			Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)		Brachiaria spp		Guinea (<i>Megathirus maximus</i>)			Guinea (<i>Megathirus maximus</i>)			
ELE	RAS	REQ.	KILOS ASIMILABLES	REQ.	KILOS ASIMILABLES	REQ.	KILOS ASIMILABLES	REQ.	KILOS ASIMILABLES	ELE	RAS	REQ.	KILOS ASIMILABLES
pH	5,66									Ph	5,79		
Ntotal	0,38			389		230		332		Ntotal	0,11	332	
Morg	7,72		353,40 N		353,40 N		353,40 N		353,40 N	Morg	2,30		1193,50 N
P	7,90	48,4	409,47 P ₂ O ₅	36,52	273,44 P ₂ O ₅	23,32	122,30 P ₂ O ₅	49,72	424,58 P ₂ O ₅	P	10,88	49,72	369,97 P ₂ O ₅
satAl	1,66									satAl	0,00		
Al	0,07									Al	0,00		
Ca	4,30	42,6	-2333,06 CaO	42,6	-2333,06 CaO	35,5	-2345,49 CaO	28,4	-2357,91 CaO	Ca	10,38	28,4	-5761,98 CaO
Mg	2,02	36	-703,71MgO	36	-703,71 MgO	24	-727,71 MgO	66	-643,71 MgO	Mg	52,04	66	-19850,59 MgO
K	0,43	398,4	262,14 K ₂ O	344,45	154,24 K ₂ O	209,16	-116,34 K ₂ O	405,04	275,42 K ₂ O	K	0,39	405,04	318,37 K ₂ O
Na	0,42									Na	0,46		
CiCe	7,13									CiCe	63,27		
B	0,37									B	0,39		
Cu	1,51									Cu	2,00		
Fe	11,04									Fe	9,42		
Mn	12,04									Mn	8,94		
Zn	1,84									Zn	2,30		
Co	0,19									Co	0,30		
Mo	0,23									Mo	0,44		

ELE. (Elemento), RAS (Resultado de análisis de suelo), REQ. (Requerimiento del cultivo en elemento puro)

Anexo C: Clúster 4 y 6: Información de la cantidad de kilos asimilables por el suelo según el requerimiento del cultivo en los 3 pisos términos

ELE	Clúster 4							Clúster 6							
	Raigrass (<i>Lolium perenne</i>)			Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)		Brachiaria spp		Raigrass (<i>Lolium perenne</i>)			Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)		Brachiaria spp		
	RAS	REQ.	KILOS ASIMILABLES	REQ.	KILOS ASIMILABLES	REQ.	KILOS ASIMILABLES	ELE	RAS	REQ.	KILOS ASIMILABLES	REQ.	KILOS ASIMILABLES	REQ.	KILOS ASIMILABLES
pH	4,86							pH	4,54						
Ntotal	0,59			389		230		Ntotal	0,67			389		230	
Morg	11,87		289,85 N		289,85 N		289,85 N	Morg	13,39		525,45 N		525,45 N		525,45 N
P	4,78	48,4	466,66 P ₂ O ₅	36,52	330,63 P ₂ O ₅	23,32	179,49 P ₂ O ₅	P	4,66	48,4	468,86 P ₂ O ₅	36,52	332,84 P ₂ O ₅	23,32	181,70 P ₂ O ₅
satAl	49,25							satAl	91,83						
Al	1,15							Al	1,85						
Ca	1,28	42,6	-642,25 CaO	42,6	-642,25 CaO	35,5	-654,68 CaO	Ca	1,12	42,6	-553,89 CaO	42,6	-553,89 CaO	35,5	-566,32 CaO
Mg	0,45	36	-99,43 MgO	36	-99,43 MgO	24	-123,43 MgO	Mg	0,35	36	-62,58 MgO	36	-62,58 MgO	24	-86,58 MgO
K	0,31	398,4	411,24 K ₂ O	344,45	303,34 K ₂ O	209,16	32,76 K ₂ O	K	0,28	398,4	446,17 K ₂ O	344,45	338,27 K ₂ O	209,16	67,69 K ₂ O
Na	0,32							Na	0,29						
CiCe	2,33							CiCe	2,04						
B	0,30							B	0,27						
Cu	1,05							Cu	0,92						
Fe	14,76							Fe	16,22						
Mn	17,61							Mn	21,00						
Zn	1,30							Zn	1,21						
Co	0,02							Co	0,02						
Mo	0,00							Mo	0,00						

ELE. (Elemento), RAS (Resultado de análisis de suelo), REQ. (Requerimiento del cultivo en elemento puro)

Anexo D: Clúster 5: Información de la cantidad de kilos asimilables por el suelo según el requerimiento del cultivo en los 3 pisos términos

ELEMENTO	Clúster 5								
	Raigrass (<i>Lolium perenne</i>)			Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)		Brachiaria spp		Guinea (<i>Megathirus maximus</i>)	
	RAS	REQ.	KILOS ASIMILABLES	REQ.	KILOS ASIMILABLES	REQ.	KILOS ASIMILABLES	REQ.	KILOS ASIMILABLES
pH	5,01								
Ntotal	0,53			389		230		332	
Morg	10,71		110,05		110,05		110,05		110,05
P	3,87	48,4	483,29	36,52	347,27	23,32	196,13	49,72	498,41
satAl	30,63								
Al	0,82								
Ca	1,50	42,6	-763,62	42,6	-763,62	35,5	-776,05	28,4	-788,47
Mg	0,51	36	-125,48	36	-125,48	24	-149,48	66	-65,48
K	0,35	398,4	358,00	344,45	250,10	209,16	-20,48	405,04	371,28
Na	0,34								
CiCe	2,69								
B	0,31								
Cu	1,17								
Fe	14,21								
Mn	16,40								
Zn	1,34								
Co	0,01								
Mo	0,00								

ELE. (Elemento), RAS (Resultado de análisis de suelo), REQ. (Requerimiento del cultivo en elemento puro)

Anexo E: Base de datos sobre Interpretación de análisis de suelos de Toncel Gaviria para clima frío y medio según la región.

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS DE SUELOS

AGRICULTOR: _____ FECHA ANÁLISIS: _____

FINCA: _____ VEREDA: _____ MUNICIPIO _____

ALTURA (M.S.N.M.) _____ ÁREA: _____ TOPOGRAFÍA: _____ CULTIVO: _____

CÓDIGO REGIONAL	124	REGIÓN	Región Andina (Clima frío)	CLIMA:	FRÍO	MUESTRA N°: _____
				3		

CALIBRACIÓN ANÁLISIS SEGÚN 5^A Pastos
 APROXIMACIÓN PARA CULTIVOS DE :

		ANÁLISIS DE FERTILIDAD							
	PH	M.O (%)	Fósforo (p.m.m.)	Aluminio (meq/100 g)	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	Bases Totales
RESULTADO	5,73	9,86	8,52	0,53	0,61	3,99	0,76	0,44	5,80
VALORACIÓN	Moderadamente ácido	Medio	Bajo	Probablemente no hay problemas con el aluminio. Evaluar % de saturación de Al.	Alto	Medio	Bajo	Nivel normal	Medio

		PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE BASES					
	RESULTADO CALCULADO	8,37	9,64	63,03	12,01	6,95	91,63
	VALORACIÓN	&	Muy alto	Muy alto	Bajo	Normal (No sódico)	Alto

		ELEMENTOS MENORES					OTRAS DETERMINACIONES			
	Boro	Cobre	Manganeso	Hierro	Cinc	Molibdeno	CICA (meq/100 g)	C.E. (mmhos/cm)	CIC efectiva (meq/100 g)	% de Saturación de Al respecto a CIC efectiva
RESULTADO	0,37	1,32	10,66	10,40	1,84	0,27			6,33	8,37
Valoración	Medio	Medio	Alto	Bajo	Medio	-	x	x	&	Normal. Sin problemas

		RELACIONES ENTRE CATIONES					
	Ca / Mg	Mg / K	Ca / K	$\frac{(Ca + Mg)}{K}$	$\frac{(Ca+Mg+K)}{Al}$	RAS	
RESULTADO	5,25	1,25	6,54	1,25	10,11	0,29	
Valoración	Deficiencia de Mg	Aceptable	Margen adecuado para K	Dentro del margen adecuado para el K	No hay problemas con aluminio	NORMAL	

TEXTURA				
% DE ARCILLA	% DE LIMO	% DE ARENA	TEXTURA CALCULADA	TEXTURA ESTIMADA AL TACTO
			x	Franco arcillo arenoso

Anexo F: Niveles generales de interpretación de análisis de suelos, por Bemestings Analysis Grond, 1999: tomado de SGS TS Agri- Food Laboratory

REACCIÓN DEL SUELO PH					
< 3,5	Ultra acido	6,6 – 7,3	Neutro		
3,5 – 4,5	Extremadamente acido	7,4 – 7,8	Ligeramente alcalino		
4,5 – 5,0	Muy fuertemente acido	7,9 – 8,4	Moderadamente alcalino		
5,1 – 5,5	Fuertemente acido	8,5 – 9,0	Fuertemente alcalino		
5,6 – 6,0	Moderadamente acido	>9,0	Extremadamente alcalino		
6,1 – 6,5	Ligeramente acido				
Parámetro	unidad	Nivel de interpretación			
	Clima	Bajo	Medio	Ideal	Alto
Carbono Orgánico	Frio	<2,9	3,0 – 5,7	5,8 – 7,0	>7,0
	Medio	<1,7	1,8 – 2,9	3,0 – 4,0	>4,0
	Cálido	<1,1	1,2 – 2,3	2,4 – 2,5	>2,5
Materia orgánica = Carbono orgánico * 1,724					
P (ppm)	ppm (mg.Kg ⁻¹)	<15	15 – 25	25 – 40	>40
S	ppm (mg.Kg ⁻¹)	<10	10 – 15	15 – 20	>20
CICE	Cmol(+)Kg ⁻¹	<5	5 – 10	15 – 20	>20
Cationes intercambiables					
K	Cmol(+)Kg ⁻¹	<0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4	>0,4
Ca	Cmol(+)Kg ⁻¹	<3,0	3,0 – 5,0	5,0 – 10,0	>10,0
Mg	Cmol(+)Kg ⁻¹	<1,5	1,5 – 2,5	2,5 – 3,0	>3,0
Na	Cmol(+)Kg ⁻¹			<1	>1,0
Al	Cmol(+)Kg ⁻¹			<1	>1,0
Saturación de cationes					
		Deficiente	Medio	Ideal	Alto
Al	%			<20	>20
K	%	<3	3 – 5	5 – 6	>6
Ca	%	<50	50 – 65	65 – 70	>70
Mg	%	<10	10 – 15	15 – 25	>25
Na	%		5 – 7	<7	>15
Elementos menores					
Fe	ppm (mg.Kg ⁻¹)	<30	30 – 50	50 – 100	>100
Mn	ppm (mg.Kg ⁻¹)	<10	10 – 15	15 – 20	>20
Cu	ppm (mg.Kg ⁻¹)	<1	1 – 2	2 – 3	>3
B	ppm (mg.Kg ⁻¹)	<0,3	0,3 – 0,4	0,4 – 0,6	>1
Zn	ppm (mg.Kg ⁻¹)	<2	2,0 – 3,0	3 – 4	>4

Anexo G: Conversión de las formas de nutrientes en diferentes fuentes de fertilizante

Fertilizante A	Concentración	Nutriente B	Paso de A a B multiplicar por	Paso de B a A multiplicar por
FUENTE DE ELEMENTOS MAYORES				
Urea	46	N	0,46	2,174
Sulfato de amonio	21	N	0,21	4,762
	24	S	0,24	4,160
Nitrato de calcio	15,5	N	0,155	6,452
Ácido fosfórico	52-60	P ₂ O ₅	0,5	1,9
Fosfato monoamónico (MAP)	50	P ₂ O ₅	0,5	2,0
	10	N	0,1	10,0
Fosfato diamónico	46	P ₂ O ₅	0,46	2,174
	18	N	0,18	5,556
Superfosfato triple	46	P ₂ O ₅	0,46	2,174
	13,6	Ca	0,136	7,353
	1,4	S	0,014	71,43
Cloruro de potasio (KCl)	60	K ₂ O	0,6	1,667
Sulfato de potasio	50	K ₂ O	0,5	2,000
	18	S	0,18	5,555
Nitrato de potasio	44	K ₂ O	0,44	2,273
	13	N	0,13	7,692

Anexo H: Mapificación de los 7 clústers correspondientes a los 14 municipios de la zona ganadera de departamento del Cauca

