

**DETERMINACIÓN DE FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS QUE INTERVIENEN
EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DEL PASTO KIKUYO
(*Pennisetum clandestinum* Hoehst) EN CONDICIONES DE NO
INTERVENCIÓN EN EL MUNICIPIO DE GUACHUCAL, DEPARTAMENTO
DE NARIÑO.**

**EDGAR ALEXANDER TAPIA CASTILLO
CARLOS ALBERTO RIVERA CANACUAN**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
PASTO-COLOMBIA
2010**

**DETERMINACIÓN DE FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS QUE INTERVIENEN
EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DEL PASTO KIKUYO
(*Pennisetum clandestinum* Hoehst) EN CONDICIONES DE NO
INTERVENCIÓN EN EL MUNICIPIO DE GUACHUCAL, DEPARTAMENTO DE
NARIÑO.**

**EDGAR ALEXANDER TAPIA CASTILLO
CARLOS ALBERTO RIVERA CANACUAN**

**Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título
ZOOTECNISTA**

**Presidente
EDMUNDO APRÁEZ GUERRERO
Zootecnista, M.Sc. Ph.D.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
PASTO-COLOMBIA
2010**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva de los autores”.

Artículo 1° del acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

EDMUNDO APRAÉZ GUERRERO. Zoot. , M.Sc., Ph.D.
Presidente

ARTURO GÁLVEZ CERÓN. Zoot., M.Sc.
Jurado Delegado

OSCAR FERNANDO BENAVIDES ESPINDOLA. Zoot., M. sc.
Jurado

San Juan de Pasto, Marzo de 2010

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido vivir esta experiencia tan gratificante de culminar mis estudios universitarios.

A mi padre José Carlos Rivera, por ser mi ejemplo, mi guía e inspiración en todo momento, por su confianza y cariño.

A mi madre Emérita Canacuán, por su apoyo, cariño incondicional, por sus consejos y por su amor único e irremplazable.

A mis hermanos Edwin Rivera, Roberto Rivera y Natali Rivera por su compañía y apoyo en los momentos más difíciles.

A mis compañeros y amigos, quienes presenciaron esta lucha y este trayecto y de una u otra manera hicieron posible el cumplir este sueño, especialmente a Edgar Tapia.

CARLOS ALBERTO RIVERA CANACUAN

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso por prestarme la vida, y hacer que ella pase por experiencias tan enriquecedoras y gratificantes como la culminación de mis estudios superiores.

A mis padres: Benjamín Efraín Tapia y Melva Yolanda Casillo por darme la vida y hacer que con su esfuerzo y dedicación todo esto sea posible. En una palabra, los amo con el alma.

A mis hermanos Ximena, Nancy, Edilberto y Luis, por brindarme su cariño, ternura y afecto; además por estar presentes en todo mi ciclo estudiantil. Siempre están conmigo muy dentro de mi corazón.

A Gema Lucía, por ser esa persona que me entiende y sabe cómo hacer que todo sea fácil y lo único que importa es salir adelante; siendo cada vez mejor en el camino de la vida. Gracias y te quiero negrita.

Por último a mis compañeros; especialmente a mi compañero de tesis que ha sido mi parcerero; el logro es de ambos; gracias.

EDGAR ALEXANDER TAPIA CASTILLO

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresamos agradecimientos a:

EDMUNDO APRÁEZ GUERRERO	Zoot., M.Sc., Ph.D.
ARTURO GÁLVEZ CERÓN	Zoot., M.Sc.
OSCAR FERNANDO BENAVIDES ESPINDOLA.	Zoot., M.Sc.
HERNÁN OJEDA JURADO	Zoot. Esp.
EFREN INSUASTY SANTACRUZ	Zoot. Esp.
LUIS ALFONSO SOLARTE PORTILLA	Zoot., Esp.

Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia de la Universidad de Nariño.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron a la realización de este trabajo

CONTENIDO

INTRODUCCION	17
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	18
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
3. OBJETIVOS	20
3.1 OBJETIVO GENERAL	20
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	20
4. MARCO TEORICO	21
4.1 GENERALIDADES SOBRE EL PASTO KIKUYO	21
4.1.1 Origen.	21
4.1.2 Distribución geográfica.	21
4.1.3 Producción.	22
4.1.4 Adaptación	22
4.2 FACTORES CLIMÁTICOS	23
4.2.1 Temperatura.	23
4.2.2 Precipitación	23
4.2.3 Luminosidad.	23
4.2.4 Humedad relativa.	24
4.3 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	24
4.3.1 Textura	24
4.3.2 Estructura	25
4.3.3 Porosidad	26
4.3.4 Densidad.	26
4.3.5 Infiltración.	26
4.4 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO	26
4.4.1 Materia orgánica	27
4.4.2 Capacidad de intercambio de cationes	27
4.4.3 pH	27
4.4.4 Elementos mayores	28
4.4.5 Nitrógeno	28
4.4.6 Fósforo.	29
4.4.7 Potasio	29
4.4.8 Elementos menores	29
4.4.9 Hierro	29
4.5 FACTORES BIOLÓGICOS	30
4.5.1 Macro y meso fauna	30
4.6 COMPOSICIÓN QUÍMICA	31
4.6.1 Proteína cruda	31
4.6.2 Extracto etéreo.	31
4.6.3 Carbohidratos	31

4.6.4	Minerales	32
5.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	33
5.1	LOCALIZACIÓN	33
5.2	MATERIALES Y EQUIPOS	33
5.3	EVALUACIONES GENERALES	34
5.3.1	Variables climáticas	34
5.3.2	Variables edáficas.....	34
5.3.2.1	Químicas.	34
5.3.2.2	Físicas.	35
5.3.3	Variables biológicas	36
5.3.4	Variables bromatológicas.....	36
5.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	38
6.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	39
6.1	VARIABLES AGRONÓMICAS.....	39
6.1.1	Materia seca	39
6.1.2	Periodo de recuperación.....	40
6.2	VARIABLES BROMATOLÓGICAS.....	42
6.2.1	Materia seca	43
6.2.2	Proteína	44
6.2.3	Fibra cruda.....	45
6.2.4	Fibra Detergente Neutro	45
6.2.5	Fibra Detergente Ácido	46
6.2.6	Lignina	46
6.2.7	Celulosa	47
6.2.8	Hemicelulosa	47
6.2.9	Nutrientes Digestibles Totales	48
6.2.10	Minerales	48
6.3	VARIABLES EDÁFICAS.....	50
6.3.1	Química del suelo	50
6.3.1.1	pH	50
6.3.1.2	Materia Orgánica	50
6.3.1.3	Nitrógeno	51
6.3.1.4	Capacidad de Intercambio Catiónico	52
6.3.2	Física de los suelos	53
6.3.2.1	Densidad aparente.....	53
6.3.2.2	Densidad real.....	54
6.3.2.3	Porosidad.....	54
6.3.2.4	Infiltración.....	55
6.3.2.5	Capacidad de campo	56
6.4	FAUNA DEL SUELO.....	58
6.5	ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS MÚLTIPLES (ACM).....	64
6.6	ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	68
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77

7.1 CONCLUSIONES.....	77
7.2 RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFÍA	79
ANEXOS	84

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Resultados de variables productivas	42
TABLA 2. Densidad de organismos ind/m ² de suelo	59
TABLA 3. Medidas de tendencia central y de dispersión	64
TABLA 4. Análisis de correspondencias múltiples (acm), histograma de frecuencias para variables categorizadas.	66
TABLA 5. Peso de las variables biológicas con respecto al tipo de suelo.	67
TABLA 6. Histograma de los valores propios, que explican la variabilidad (%) de la correlación (variables cuantitativas)	68
TABLA 7. Peso de los tres primeros componentes principales	69
TABLA 8. Peso de las variables de los tres clúster	75

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Participación relativa de los organismos del suelo de Cualapud	59
FIGURA 2. Participación relativa de los organismos del suelo de Arvela	61
FIGURA 3. Participación relativa de los organismos del suelo de Santa Rosa	62
FIGURA 4. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del primer componente que corresponde a periodo de recuperación del pasto con relación a las condiciones del suelo	70
FIGURA 5. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del segundo componente	71
FIGURA 6. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del tercer componente	74

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Datos de las variables productivas	85
ANEXO B. Datos del análisis bromatológico, porcentaje en base seca	86
ANEXO C. Datos del análisis de suelos de los tres lugares estudiados	87
ANEXO D. Análisis de correspondencia múltiple (ACM). Histograma de frecuencias para variables categorizadas	88
ANEXO E. Datos recolectados de las condiciones climáticas	89
ANEXO F. Coeficientes de variación para las variables productivas	90
ANEXO G. Coeficientes de variación para las variables edáficas	91
ANEXO H. Coeficientes de variación para las variables bromatológicas	92
ANEXO I. Coeficientes de variación para las variables climáticas	92
ANEXO J. Peso de los 6 componentes principales que arrojó el acp	93
ANEXO K. Pesos de las variables del clúster 1	94
ANEXO L. Pesos de las variables del clúster 2	95
ANEXO M. Pesos de las variables del clúster 3	96
ANEXO N. Conformación de grupos basados en un análisis jerárquico de las variables cuantitativas de los factores edafoclimáticos que afectan el pasto kikuyo (dendrograma)	97
ANEXO O. Análisis de correspondencia múltiple (ACM). Histograma de frecuencias para variables categorizadas	98
ANEXO P. Peso de las variables analizadas en el ACM	99

GLOSARIO

BROMATOLOGÍA: se refiere al análisis de las propiedades químicas de los diferentes tipos de alimentos que se lleva a cabo en un laboratorio.

ANÁLISIS PROXIMAL: combinación de los diferentes procesos analíticos utilizados para cuantificar el contenido de proteína, lípidos, materia seca, cenizas y carbohidratos de los alimentos, tejidos o excretas.

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP): técnica estadística de síntesis de información o reducción del número de variables perdiendo la menor cantidad de información posible. Los componentes serán una combinación lineal de las variables originales, y serán independientes entre sí.

ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA MÚLTIPLE (ACM): técnica estadística que se utiliza para analizar desde un punto de vista gráfico, las relaciones de dependencia e independencia de un conjunto de variables categóricas.

MATERIA SECA: resultado obtenido de restar la cantidad de humedad de un material analizado, en este caso un alimento, y que se presenta generalmente en términos de porcentaje.

VALOR NUTRITIVO: balance de nutrientes de un forraje o alimento para garantizar a los animales la asimilación y el aprovechamiento para el crecimiento, producción y reproducción.

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN: indica el grado de asociación entre dos variables.

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO: capacidad del suelo de retener e intercambiar cationes. De la carga del catión depende la fuerza de la carga positiva del catión, lo que permite que un catión reemplace a otro en una partícula de suelo cargada negativamente.

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN: se refiere a la resistencia que tiene un suelo a la penetración de un instrumento de sondeo, éste es un índice integrado de la compactación del suelo, humedad, textura del mismo y el tipo de composición que tiene en cuanto a arenas, limo y arcilla. Es un índice de las condiciones del suelo en las condiciones de la medición.

RESUMEN

El presente estudio se lo desarrolló en el trópico alto de Nariño, donde se analizó el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) en condiciones de no intervención en las veredas de Arvela, Cualapud y Santa Rosa del municipio de Guachucal, departamento de Nariño; situada a una altura entre 2800 y 3200 m.s.n.m. En cada una de las localidades se ubicaron tres réplicas en las cuales el pasto presentó condiciones de óptima producción y calidad, sin ninguna intervención agrícola.

En esta investigación se analizaron los principales factores edáficos y climáticos que condicionan la producción del pasto kikuyo: temperatura, luminosidad, precipitación, humedad relativa, altitud, textura, penetrabilidad, pendiente, densidad aparente, densidad real, porosidad total, capacidad de campo e infiltración, con el fin de generar información técnica y confiable sobre el manejo del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) y las condiciones que requiere para un adecuado crecimiento y desarrollo.

El estudio permite conocer de manera más confiable los requerimientos del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) en condiciones de no intervención y consolidar información que posibilite una mayor disponibilidad de biomasa, especialmente en épocas críticas.

Para obtener una mayor producción y calidad nutritiva del pasto kikuyo, los suelos tienen que presentar unas condiciones químicas favorables, como contenido de materia orgánica de 16,80 %, una capacidad de intercambio catiónico alrededor de 41,50; de las condiciones físicas del suelo, una penetrabilidad de 10,83 KPa, una velocidad de infiltración cercana a 10,96 cm/h, y de las condiciones climáticas, una temperatura que oscile alrededor de 9,66 °C.

SUMMARY

The present study developed it to him in the high tropic of Nariño, where the grass kikuyo was analyzed (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) under non intervention conditions in the areas of Arvela, Cualapud and Santa Rosa of the municipality of Guachucal, department of Nariño; located to a height between 2800 and 3200 m.s.n.m. In each one of the towns three replicas were located in which the grass presented conditions of good production and quality, without any agricultural intervention.

In this investigation they were analyzed good part of the edafic factors and climatic that condition the production of the grass kikuyo: Temperature, brightness, precipitation, relative humidity, altitude, texture, penetrability, slope, apparent density, real density, total porosity, field capacity and infiltration; with the purpose of generating technical and reliable information on the handling of the grass Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) on the conditions that it requires for an appropriate growth and development.

The study allows to know in a more reliable way the requirements of the grass kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) under not intervention conditions and to consolidate information that facilitates a bigger readiness of biomass, especially in critical times.

To obtain a bigger production and nutritious quality of the grass kikuyo the floors they have to present some favorable chemical conditions, but it is a content of organic matter of 16,80%, a capacity of exchange cationico 41,50; of the physical conditions of the floor a penetrability of 10,83 KPa, a speed of near infiltration to 10,96 cm/h and lastly of the climatic conditions a temperature that oscillates around 9,66 °C.

INTRODUCCION

La actividad agropecuaria en el departamento de Nariño forma parte importante de la economía regional; afectada por los altos costos de producción que demandan las pasturas que se manejan actualmente en la mayor parte de las empresas ganaderas.

Indudablemente, las pasturas introducidas presentan problemas al enfrentarse a las condiciones del medio a las que no se encuentran adaptadas, donde presentan bajos rendimientos de forraje y bajos niveles de nutrientes; que se reflejan en la alimentación de los animales que obligan al ganadero a invertir en alimentos complementarios costosos.

Una de las alternativas económicas que se observó es despertar mayor interés en el estudio de gramíneas, como es el caso del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst), especie forrajera que ha prosperado con el paso del tiempo en el trópico alto colombiano, adaptándose a las condiciones ambientales. Logra ser además una alternativa de alimentación para el productor por su alto valor nutricional y considerable producción en forraje verde.

En la actualidad el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) se ha manejado de manera empírica, sin que existan recomendaciones basadas en estudios técnicos, que permitan saber cuáles son las condiciones que requiere para expresar las mejores características agronómicas y nutricionales.

Por las anteriores consideraciones, se ejecutó el presente trabajo con el objeto de evaluar los factores edáficos y climáticos que afectan al pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) en condiciones de no intervención.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La introducción de completos paquetes tecnológicos de pastos y forrajes por parte de empresas multinacionales con el afán de promocionar “especies mejoradas” al trópico alto nariñense han generado un deterioro de la cobertura natural del suelo, produciendo efectos negativos sobre las aguas y la biodiversidad, puesto que estas especies mejoradas demandan mayores necesidades de fertilizantes, agroquímicos y cantidad de labores agrícolas.

Nuestro verdadero potencial para lograr una producción animal amigable con el entorno está en recuperar las especies naturalizadas como el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) que desde tiempos remotos ha sido sustento alimenticio de las especies herbívoras, por lo tanto, se estudió este pasto y las condiciones edáficas y climáticas que intervienen en su productividad, para implementar una guía de actividades que permita aprovechar de una mejor manera este recurso, que se presenta como una alternativa de alimentación importante en el trópico de altura.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente, los sistemas de producción agropecuaria presentan inconvenientes debido a la utilización de especies introducidas que no logran expresar todo su valor genético al no encontrarse en las condiciones ambientales propicias.

El pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst), una especie que se encuentra adaptada a las condiciones de la región y que puede ser utilizada de forma eficiente en los diferentes sistemas de producción pecuaria, obliga a investigar de manera más profunda los factores físicos, químicos y biológicos del suelo, además de las variables climáticas bajo condiciones de no intervención que afectan su desarrollo y calidad nutritiva. Con lo anteriormente expuesto, se planteó el siguiente interrogante:

¿Bajo las condiciones de no intervención, cuáles son los factores edáficos y climáticos que condicionan la producción y calidad nutritiva del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst), a una altura entre los 2800 y 3200 msnm?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar los factores edáficos y climáticos que influyen en la producción y calidad del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst), en condiciones de no intervención en el trópico alto de Nariño, a una altura comprendida entre los 2800 y 3200 m.s.n.m.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar los factores climáticos en cada zona (temperatura, luminosidad, precipitación, humedad relativa, altitud), y su efecto sobre el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst), en condiciones de no intervención.
- Identificar los factores físicos del suelo (textura, penetrabilidad, pendiente, densidad aparente, densidad real, porosidad total, capacidad de campo e infiltración), y el efecto que ejercen sobre el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst).
- Determinar las variables químicas del suelo (pH, materia orgánica, CIC, N, P, K, Mg, Ca, S, B) que intervienen en la producción y calidad nutritiva del pasto.
- Establecer algunos indicadores biológicos del suelo (macro y meso fauna) y su efecto con relación al pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst).
- Generar información técnica y confiable sobre el manejo del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) en las condiciones que el requiere.

4. MARCO TEORICO

4.1 GENERALIDADES SOBRE EL PASTO KIKUYO (*Pennisetum clandestinum* Hoechst).

4.1.1 Origen. Patrick dice que “el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) es originario de Los Lagos, Provincia de Kikuyu, Kenia, África. Es una planta que forma una especie de colchón vegetal denso, debido a la gran proliferación de estolones”².

Según Salamanca, citado por Apráez, su nombre deriva del pueblo kikuyu de Kenia y es nativo de las áreas más elevadas del África oriental y central, con altitudes entre 1950 y 2700 msnm. A Colombia fue introducido por Félix Restrepo H, en el año 1928³.

4.1.2 Distribución geográfica. Piñeros⁴ menciona que:

Esta gramínea fue introducida en el año 1928 a la Sabana de Bogotá, donde su siembra inicial dio excelentes resultados y en octubre de 1931 se llevó por primera vez al Departamento de Boyacá, más precisamente al municipio de Duitama, en el cual se diseminó rápidamente debido a su buenas adaptación a diferentes suelos, temperaturas y a su alta producción de forraje.

Medina y Porto, afirman que la clasificación botánica es:

Reino: vegetal
División: angiospermas
Clase: monocotyledóneas
Familia: gramíneas
Género: *Pennisetum*

² PATRICK, J. C. Principales especies de clima frío. Revista TGM [En línea]: 2004 (cited 05/09/07): disponible en INTERNET: <<http://www.plantaflor.com.ar/césped/nota5.htm>>

³ SALAMANCA, citado por APRAEZ, J. *et al.* Respuesta del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) a diferentes niveles de fertilización nitrogenada orgánica y/o mineral. En: *Revista de Ciencias Agrícolas*, Vol 16 No. 1 y 2. Universidad de Nariño 1999. p. 40

⁴ PIÑEROS, citado por MONCAYO, O y ACOSTA, W. Valor nutritivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) bajo dos sistemas de labranza y diferentes niveles de fertilización orgánica y/o mineral en zonas de ladera, 2002, Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. p. 29.

Especie: *Clandestinum* Hoechst⁵.

4.1.3 Producción. Guerrero propone que:

El kikuyo es una planta que forma una especie de colchón vegetal denso, debido a la gran proliferación de estolones. Dichos estolones se enraízan en los internudos y forman abundantes hojas que pueden tener una longitud de 60 cm. La planta alcanza una altura de 40 cm y su reproducción se lleva a cabo por medio de material vegetativo, ya que el Kikuyo, en el país, no produce semilla fértil⁶.

Sierra afirma que:

Es un césped con una textura entre gruesa y media, de estación cálida y con un rápido ritmo de crecimiento. El ancho de las hojas varía desde 1/8" hasta 1/4". Las hojas más anchas son típicas de las plantas nativas, mientras que las más angostas pertenecen a variedades mejoradas bajo manejo intensivo. Las hojas son planas y terminan en punta y comúnmente tienen una longitud de 1" a 10". El color puede variar desde un verde medio, hasta un verde lima⁷.

Guerrero asegura que "el contenido promedio de proteína cruda de esta gramínea es aproximadamente de 14%, y la digestibilidad *in vitro* promedio de la materia seca es de un 66%, siendo por lo tanto, una de las gramíneas con mayor porcentaje. La producción diaria del pasto Kikuyo es de 40 kg MS/ha sin fertilización"⁸.

4.1.4 Adaptación. Según Bernal:

Es una planta perenne, vigorosa y con hábitos de crecimiento rastrero, se propaga por medio de semillas, rizomas y estolones; sus tallos son suculentos, las hojas de un verde brillante y sin pubescencias, excepto en los márgenes,

⁵ MEDINA, L y PORTO. Rendimiento, composición química y digestible in vitro del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) [En línea]. 1980. Disponible en internet (URL: <http://fao.org/2008/1115>). P 2-5.

⁶ GUERRERO, O. D. Asistente Laboratorio de Biología. HERBARIO, Universidad De Nariño. 05 de octubre de 1989 trayecto San Fernando, La Laguna.

⁷ SIERRA, J. O. Zoot., M.Sc., Profesor asociado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia [En línea]. <<http://www.gobant.gov.co/organismos/sagricultura/documentos/GRAM%CDN%20EAS%20Y%20LEGUMINOSAS%20FORRAJERAS.doc>>.

⁸ GUERRERO, Op cit. 57.

presenta raíces profundas que se forman en los nudos de los rizomas; algunos tallos crecen erectos o semierectos pudiendo alcanzar alturas hasta de 60 centímetros⁹.

4.2 FACTORES CLIMÁTICOS

Según Mila, “existen factores que afectan la calidad y producción del pasto y, ellos son el clima y el suelo; variables como la humedad, temperatura e intensidad de luz determinan la composición química de los forrajes, los pastos que se desarrollan en climas secos y en fuertes sequías son de inferior calidad, la luz y temperaturas intensas aumentan el contenido de fibra y bajan la digestibilidad”¹⁰.

4.2.1 Temperatura. Estrada asegura que “la temperatura afecta los procesos de fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción de agua y nutrientes, actividad de las enzimas, etcétera”¹¹.

Sierra afirma que “en Colombia las regiones de clima frío se encuentran ubicadas entre 2000 y 3500 msnm y presentan una temperatura promedio anual que fluctúa entre 5 y 20°C, y en épocas de heladas (enero y agosto principalmente) alcanzan valores extremos de hasta menos 6 °C, cuando se presentan daños en las pasturas formadas especialmente por kikuyo”¹².

4.2.2 Precipitación. Sierra indica “que el kikuyo es una especie naturalizada, tolerante a sequías cortas pero muy susceptible a heladas cuando se trabaja por encima de 2500 m., requiere una precipitación anual de 1800 a 2000 mm.”¹³.

4.2.3 Luminosidad. Bernal afirma que “la producción de las plantas es el resultado de las fuerzas ambientales actuando sobre un proceso fotoquímico, la fotosíntesis”¹⁴.

⁹ BERNAL, J. Pastos y forrajes tropicales, Bogotá, Colombia. 3ª edición. 1994. p.50.

¹⁰ MILA, A. Suelos, pastos y forrajes, UNAD, Bogotá D.C. Edición UNISUR, 2006.

¹¹ ESTRADA, J. Pastos y forrajes para el trópico colombiano, Universidad de Caldas, Manizales. Editorial Universidad de Caldas, 2001. P 105.

¹² SIERRA, J. Op. cit., p. 45.

¹³ *Ibíd.*, p. 26-27.

¹⁴ BERNAL, J. Pastos y forrajes tropicales. Producción y manejo. Vicepresidencia de fomento agropecuario- Banco Ganadero. Bogotá. Colombia. 3ª edición. 1994. p 21 y 28.

El mismo autor Indica que “la intensidad de la luz afecta el crecimiento de las plantas y por lo tanto es interesante saber qué cantidad pueden utilizar. La influencia del crecimiento está mediada por tres factores: intensidad, calidad y duración”¹⁵.

Estrada deduce que “la duración del día puede afectar el rendimiento de forraje al reducir el crecimiento vegetativo de las especies. La cantidad de luz interceptada por la superficie solar determina la eficiencia de utilización de la misma. La duración de luz o fotoperiodo, es también importante en la producción de forraje, principalmente en lo que se relaciona con producción de semillas”¹⁶.

4.2.4 Humedad relativa. Bernal afirma que “el agua es uno de los factores ecológicos de mayor importancia. La cantidad y distribución de la precipitación determinan en gran parte la adaptación de una especie forrajera particular en un medio”¹⁷.

4.2.5 Aireación. Patrick señala que:

La aireación del suelo con sacabocados debería llevarse a cabo como mínimo una vez por año y preferentemente dos o tres veces, para incentivar el crecimiento sano de las raíces y promover el desarrollo de rizomas. El kikuyo también se beneficia con aireación profunda (6" a 10") con una aireadora de púas sólidas en primavera. El tratamiento de aireación profunda realiza un mejor trabajo al liberar la compactación del suelo y también propicia mejores movimientos de aire y de agua, ideales para el crecimiento sano de raíces¹⁸.

4.3 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

4.3.1 Textura. Según Aguilar J, el término textura “se usa para representar la composición granulométrica del suelo. Cada término textural corresponde con una determinada composición cuantitativa de arena, limo y arcilla”¹⁹.

¹⁵ *Ibíd.*, p. 28.

¹⁶ Estrada, J. *Op cit.*, p. 38.

¹⁷ BERNAL, *Op. cit.*, p. 23.

¹⁸ PATRICK, *Op. cit.*, p. 24-25.

¹⁹ AGUILAR, J. *Propiedades químicas de los suelos*. Bogotá, Colombia, INAC, 1994. p. 413

Russell, J. y Russell, W. deducen que “la geometría de este espacio de poros depende muy principalmente del grado de dispersión de la partícula del suelo, siendo éstos clasificados por pesados y ligeros, que tiene que ver con el potencial requerido para labrar el suelo”²⁰.

López sugiere “que el conocimiento de la textura es de importancia, ya que es de una característica fundamental para la clasificación edafológica y una fuente de información para determinar las posibilidades agrícolas de un suelo y su correcto manejo”²¹.

El mismo autor afirma “que la textura varía para el suelo entre francos y arenosa-franca, en suelos estudiados en el municipio de Guachucal”²².

4.3.2 Estructura. Estrada concluye que:

Estructura se denomina al arreglo y distribución de las partículas sólidas de un suelo y sus agregados. Una estructura bien desarrollada indica generalmente la presencia de arcillas y materia orgánica, las cuales tienen propiedades aglutinantes. La presencia de una estructura, su forma, su tamaño y la disponibilidad o arreglo de los agregados, determina la cantidad y tamaño de los poros y por consiguiente el grado de permeabilidad²³.

Gavande define la capacidad estructural de un suelo “como su capacidad de formar terrones espontáneamente y de que esos terrones se dividan en pedazos, pequeños granos o agregados sin la intervención del hombre”²⁴.

Russell asegura “que el espacio de poros es de gran importancia en algunos suelos, sobre todo en los suelos medios o pesados, lo que se denomina como estructura de los suelos”²⁵.

²⁰ RUSSELL, J. E. y RUSSELL, W. (1959). Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. Aguilar S.A. de ediciones Madrid. p. 83

²¹ LÓPEZ, J. Propiedades físicas de algunos suelos de Guachucal, Nariño, Colombia. Tesis de grado (Ingeniero Agrónomo), Universidad de Nariño. 1982. p. 5 y 23.

²² *Ibíd.*, p. 23.

²³ Estrada, Julián. *Op cit.*, p. 44.

²⁴ GAVANDE, S Física de los suelos principios y aplicaciones. 1ª ed. México: editorial Limusa-Wiley, 1995. p.250.

²⁵ RUSSELL, *Op. Cit.*, p. 83.

4.3.3 Porosidad. Según Guerrero, “la porosidad conlleva la relación constitución física- productividad, puesto que de ella depende la disponibilidad de aire para el sistema radicular de la planta”²⁶.

4.3.4 Densidad. Forsythe *et al* confirman que “en los suelos volcánicos, la densidad aparente, por lo general, puede oscilar entre 0.45 g/cc y 0.75 g/cc”²⁷.

Bernal señala que “la densidad se refiere a la relación peso – volumen. En el caso de los suelos, se considera la densidad real y aparente. La densidad varía con la textura, estructura, contenido de materia orgánica y grado de compactación. La mayoría de los suelos tiene densidad aparente que varía entre 1.2 y 1.5 gramos / cc”²⁸.

4.3.5 Infiltración. “Es la entrada vertical del agua en el perfil del suelo. El conocimiento de la infiltración es importante para escoger los sistemas de riego adecuados para un suelo. Cuando la capacidad de infiltración es deficiente, se presenta la escorrentía, ya que el suelo no es capaz de retener toda el agua que se suministra”²⁹.

Para Silva y Gaitán, la infiltración es “un proceso por medio del cual el agua penetra en los estratos de la superficie del suelo, moviéndose hacia el manto freático. El conocimiento de la infiltración es importante porque establece criterios que deben tenerse en cuenta en la introducción de sistemas de riego y ante todo para un mejor aprovechamiento del recurso agua”³⁰.

4.4 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

Estrada dice que “la naturaleza química del suelo controla el suplemento y disponibilidad de los nutrientes para el crecimiento de las plantas. La mayor parte

²⁶ Guerrero, Op. Cit., p. 35.

²⁷ FORSYTHE, W. *et al*. Propiedades físicas del suelo, derivados de cenizas volcánicas considerando algunos suelos de América Latina. Turrialba. Costa Rica. 1969. IICA. p. 80.

²⁸ BERNAL, Op. cit., 1994. p. 62.

²⁹ VIDA y recursos naturales, Bogotá, Colombia: Terranova Editores, 1995. p. 68-69.

³⁰ SILVA, L. Rodrigo y GAITAN, M. Manual de Prácticas de Laboratorio de suelos. Corporación Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Colombia: Facultad de Ingenierías, Ingeniería Agronómica. 2002. p., 47.

de la actividad química de un suelo depende del contenido de minerales, el contenido de arcilla y de la materia orgánica bien descompuesta”³¹.

4.4.1 Materia orgánica. Cepeda define la materia orgánica como “la formación orgánica del suelo que incluye vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo y sustancias producidas por los habitantes del mismo”³².

Cairo y Quintero concluyen que:

La materia orgánica comprende todas las uniones orgánicas que se encuentran en los límites de la capa arable del suelo; consta de residuos muertos de plantas y animales y del humus. Influye en las propiedades físicas y químicas de los suelos desproporcionadamente para las pequeñas cantidades presentes, en general se considera que por lo menos, la mitad de la capacidad de intercambio catiónico de los suelos se debe a ésta. Además, provee a los microorganismos del suelo de constituyentes energéticos y somáticos³³.

4.4.2 Capacidad de intercambio de cationes: Viveros considera que:

La CIC es la segunda en importancia en la naturaleza después del proceso de fotosíntesis, efectuado por las plantas. El canje de cationes en los suelos tiene influencia en un gran número de sustancias: estructura, actividad microbial, régimen hídrico y gaseoso, procesos genéticos y en la nutrición vegetal. El intercambio catiónico comprende los proceso reversibles por las cuales la partículas sólidas del suelo adsorben iones de la fase acuosa, y al mismo tiempo reabsorben cantidades equivalentes de otros cationes y se establece equilibrio entre ambas fases³⁴.

4.4.3 pH: Según el Manual de fertilizantes para horticultura:

³¹ ESTRADA, J. Op cit., p. 47.

³² CEPEDA, D. Química de suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2da edición. México, Editorial Trillas, 1991. p. 43 – 48.

³³ CAIRO, P y QUINTERO, Giraldo. Suelos. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana, Cuba. 1997. p. 58

³⁴ VIVEROS, M. Diagnóstico, fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 1980. p. 10 – 11.

Los términos de ácido, neutro y alcalino se refieren a las concentraciones relativas de los iones hidrógeno (H⁺) e hidroxilo (OH⁻) en la solución del suelo.

El mismo autor menciona que estas concentraciones se miden en términos de un valor de pH, que da alguna medida de la acidez activa en la solución del suelo, en vez de la acidez total o potencial de este último.

El pH es importante para el crecimiento de las plantas por varias razones:

- Su efecto sobre la disponibilidad de los nutrientes
- Sobre la solubilidad de sustancias tóxicas como el aluminio
- Sobre los microorganismos del suelo
- El efecto directo del pH sobre las células de la raíz, lo cual afecta la absorción de agua y nutrientes³⁵.

Bernal resalta que “el pH está influenciado por el contenido de materia orgánica, además que “los cationes intercambiables, actividad respiratoria de las plantas y microorganismos, aplicación de enmiendas y fertilizantes, porcentaje de saturación de bases, etc. Con algunas excepciones, el mejor rango de pH para el crecimiento de las plantas se encuentra entre 5.5 y 6.5”³⁶.

4.4.4 Elementos mayores. Aubert y otros afirman que “los elementos del suelo más importantes para la nutrición de las plantas incluyen el fósforo, el azufre, el nitrógeno, el calcio, el hierro y el magnesio”³⁷.

El mismo autor asegura que son los minerales que en forma disponible necesitan las plantas en mayor cantidad para su normal crecimiento, estos elementos mayores son: nitrógeno, fósforo, potasio.

4.4.5 Nitrógeno. Según Mila³⁸, después del agua, el nitrógeno es el nutriente más importante en el desarrollo de la planta, dada su abundancia en las

³⁵ MANUAL DE FERTILIZANTES Para Horticultura, Op. Cit., p. 20-21.

³⁶ BERNAL, Op. cit., p. 63-64.

³⁷ AUBERT, G. y otros. La edafología: el suelo en el que vivimos. Barcelona: Ediciones Orbis, 1986. p. 67

³⁸ *Ibid.*, p. 77.

principales biomoléculas de la materia viva; si a esto añadimos que los suelos suelen ser más deficientes en nitrógeno que en cualquier otro elemento, no resulta extraño que sea, junto con el P y el K, el elemento clave en la nutrición mineral.

4.4.6 Fósforo. Fassbender y Bornemiasza afirman que “El fósforo es relativamente estable en los suelos, no presenta compuestos inorgánicos, como los nitrogenados, que pueden ser volatilizados y altamente lixiviados. Esta gran estabilidad resulta de una baja solubilidad, lo que a veces causa deficiencias en la disponibilidad de fósforo para las plantas, a pesar de la continua mineralización de compuestos orgánicos del suelo”³⁹.

Wallace⁴⁰ deduce que el fósforo desempeña funciones vitales en el desarrollo de las plantas, siendo constituyente esencial del núcleo y de los ácidos nucleicos, interviene en el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas, e incide directamente en la formación de semillas y en la maduración de los frutos.

4.4.7 Potasio. Según Mila⁴¹, junto con el P y el nitrógeno, constituye el contenido principal de los fertilizantes de máxima comercialización debido a la importancia de estos tres elementos. A pesar de su naturaleza catiónica, es muy similar al que presenta el P y el N, redistribuyéndose con suma facilidad de los órganos maduros a los juveniles, dada su solubilidad y baja afinidad por los ligandos orgánicos de los que fácilmente se intercambia.

4.4.8 Elementos menores. Conocidos como elementos trazas, micro-nutrientes u oligoelementos, las plantas los requieren en pequeñas cantidades, pero son esenciales para su normal desarrollo.

4.4.9 Hierro. Mila afirma que:

Entre todos los micro-nutrientes, el hierro es el requerido en mayor cantidad; de hecho, para algunas plantas se llega a considerar como un macro-nutriente.

³⁹ FASSBENDER, W. y BORNEMISZA, E. Química de suelos con énfasis en suelos de América latina. 2ª Ed. San José de costa rica: Instituto interamericano de cooperación para la agricultura, 1994. p. 225.

⁴⁰ WALLACE, C.B. The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms. 3ra. Ed London, Curwen Press. 1961. p.125

⁴¹ MILA, Op. Cit., p. 86.

La importancia del hierro en la planta, al igual que en los animales, radica en dos funciones:

1 Forma parte de los grupos catalíticos de muchas enzimas redox del tipo hemoproteínas, como son citocromos (tanto mitocondriales como cloroplásticos), catalasas, peroxidas, etc.

2. El hierro se encuentra unido a grupos tiolicos de la cisterna en otras proteínas, hierro- azufre, las sulfa ferro proteínas. Estas proteínas son la clave para la fotosíntesis⁴².

4.5 FACTORES BIOLÓGICOS

Según Bernal, citado por Estrada, son aquellos representados por otros seres vivos, que conviven con el pasto en el mismo medio. Estos factores bióticos pueden ser favorables o desfavorables para la producción de pastos. Los principales factores bióticos que influyen en el crecimiento y producción de los pastos son los microorganismos; estos pueden ser beneficiosos o perjudiciales, son beneficiosos los que intervienen en las relaciones del suelo que conducen a la liberación de los nutrientes contenidos en la materia orgánica del suelo, los que fijan nitrógeno atmosférico. Pueden ser perjudiciales si son patógenos como los virus, bacterias y hongos, que causan enfermedades⁴³.

La vida animal, como vegetal, influye mucho en los procesos de formación del suelo y en el carácter del material resultante de los procesos de intemperización. La flora actúa como modificadora de las influencias climáticas y en unión de la fauna intervienen como agentes que le imprimen determinado carácter al suelo, especialmente los contenidos de materia orgánica en la acidez y densidad aparente.

4.5.1 Macro y meso fauna. Wolwork, Store y Eggleton, citados por Coral, manifiestan que:

La clasificación de la fauna de acuerdo al tamaño es relativa, porque los tamaños varían entre organismos de la misma especie. Sin embargo, se ha propuesto la siguiente micro fauna, menor a 0.2mm (nematodos, protozoos y

⁴² MILA, Op. Cit., p. 215.

⁴³ Estrada, J. Op cit., p. 40 y 41.

calíferos); meso fauna, de 0.2 a 2mm, sin capacidad para cavar en el suelo (ácaros, enquitreidos, larvas), y macro fauna, mayor a 2 mm (coleópteros, himenópteros, lombrices)⁴⁴.

4.6 COMPOSICIÓN QUÍMICA

Indica la cantidad de nutrientes orgánicos y minerales presentes (aunque no de su disponibilidad para el animal), así como la existencia de factores o constituyentes que influyen negativamente sobre la calidad.

4.6.1 Proteína cruda. Pirela sustenta que:

Un contenido bajo de proteínas resulta en una disminución del consumo de forrajes. El nivel crítico de la proteína en forrajes tropicales, por debajo del cual limita el consumo, está establecido en 7% (base seca).

Las características deseables en los forrajes y otros alimentos es la de proveer una fuente adicional de proteína (proteína sobrepasante) para ser digerida y absorbida en el intestino delgado y que complemente de forma satisfactoria el suministro de aminoácidos procedentes de la proteína microbiana.

4.6.2 Extracto etéreo. El mismo autor afirma que:

Son compuestos orgánicos insolubles en agua que pueden ser extraídos de las células y tejidos por solventes como el éter, benceno y cloroformo. En líneas generales, proveen energía y otros nutrientes y su disponibilidad para el animal es alta, aunque incluye proporciones variables de otros compuestos con poca importancia nutricional. Buena parte del material que es analizado típicamente como grasa en los pastos es, de hecho, algo distinto a las grasas verdaderas⁴⁵.

4.6.3 Carbohidratos. Bernal propone que:

⁴⁴ CORAL, D. Impacto de las prácticas agrícolas sobre la macrofauna del suelo en la cuenca alta del lago Guamuez. Pasto, Colombia. Palmira, Valle del Cauca, Trabajo de grado (M.Sc.), Universidad Nacional de Colombia, 1998. p. 70.

⁴⁵ PIRELA, M. Valor nutritivo de los pastos tropicales. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas [En línea], octubre. 2002 [citado 10 sep. 2009], disponible en Internet http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manualganaderia/seccion3/articulo6-s3.pdf.

Los principales componentes de los forrajes y son responsable de las 3/4 partes del peso seco de las plantas. Un importante carbohidrato estructural lo constituye la lignina. Este compuesto complejo, heterogéneo y no digerible por los microorganismos ruminales ni por las enzimas intestinales, se encuentra incrustado en la pared celular de los tejidos vegetales. Su contenido aumenta con la madurez, siendo responsable de la digestión incompleta de la celulosa y la hemicelulosa, y el principal factor limitante de la digestibilidad de los forrajes. Los carbohidratos no estructurales están disponibles casi en 100% para el animal, al ser digeridos fácilmente por los microorganismos del aparato digestivo y enzimas segregadas por el animal⁴⁶.

4.6.4 Minerales. Estrada deduce que:

El contenido de minerales en los forrajes es muy variable ya que depende del tipo de planta, del tipo y propiedades del suelo, de la cantidad y distribución de la precipitación y de las prácticas de manejo del sistema suelo-planta-animal.

Con algunas excepciones, los minerales para el crecimiento y producción de los animales son los mismos que los requeridos por las plantas forrajeras. Sin embargo, las concentraciones normales de algunos elementos en las plantas pueden resultar insuficientes para satisfacer los requerimientos de los animales, mientras que en otros casos, ciertos minerales se encuentran en niveles que resultan tóxicos para los animales pero sin causar ningún daño a las plantas⁴⁷.

⁴⁶ BERNAL, Op Cit., p. 58.

⁴⁷ ESTRADA, Op Cit., p. 98.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 LOCALIZACIÓN

El presente trabajo se desarrolló en las veredas de Arvela, Cualapud y Santa Rosa del municipio de Guachucal, departamento de Nariño; situados a una altura entre 2800 y 3200 m.s.n.m. En cada una de las localidades se ubicaron tres réplicas en las cuales el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoehst) presentó condiciones de óptima producción y calidad, sin ninguna intervención agrícola. Así:

	<i>ALTURA (msnm)</i>	<i>TEMPERAT. (°C)</i>	<i>H.RELAT. %</i>	<i>PRECIP. mm/año</i>	<i>UBICACIÓN con resp a Guachucal</i>
ARVELA	3150	10	86,28	923,23	Norte Km 5 vía
QUALAPUD	3200	8	86,28	923,23	Cumbal Km 3 vía
SANTAROSA	3100	10	86,28	923,23	Ipiales

5.2 MATERIALES Y EQUIPOS

Para la determinación de algunas características en campo, se utilizaron los siguientes equipos:

- Termómetro
- Luxómetro Extech modelo EA30
- Penetrógrafo de pistón
- Altimetro
- Juego de anillos infiltrómetros
- Cuadrante para aforo de 25x25 cm
- Palas
- Bolsas plásticas
- Picas

5.3 EVALUACIONES GENERALES

Para determinar los factores que intervienen en la productividad del kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) se procedió a ubicar áreas, caracterizadas por poseer una excelente producción, en cada localidad se recolectaron 3 muestras de pasto, para lo cual se tuvo en cuenta la altura, el color y densidad (Kg/m^2) del forraje al momento del corte.

En cada zona experimental se realizó un corte que se efectuó a 15 cm del piso, con el fin de determinar el periodo de recuperación, luego se determinó mediante pruebas de campo y laboratorio los indicadores climáticos, químicos, físicos y biológicos del suelo.

5.3.1 Variables climáticas. La humedad relativa y la temperatura se midió con el higrotermógrafo, la luminosidad y la altitud con el luxómetro y altímetro respectivamente. Tanto para estos parámetros como para la precipitación, se recurrió a los datos históricos reportados por el IDEAM desde el año 2002 hasta el 2008.

5.3.2 Variables edáficas. Las variables edáficas se analizaron de acuerdo a los procedimientos descritos por el Manual de Métodos químicos para el análisis de suelos (Laboratorios UDENAR), de la siguiente manera:

5.3.2.1 Químicas.

- La evaluación de materia orgánica se realizó por colorimétrica, método que se basa en una solución de dicromato de potasio que actúa como oxidante en un medio de ácido sulfúrico, reaccionando en ácido crómico, el cual es proporcional a la materia orgánica.
- El pH por determinación potenciométrica (suelo-agua 1:1), se fundamenta en determinar la concentración y la actividad iónica del H^+ en una suspensión del suelo en agua.
- La determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) consiste en la saturación del suelo con soluciones salinas de un determinado catión, eliminación del exceso de solución saturadora y por último la determinación del catión indicador extraído por unidad de peso seco del suelo.

- El Fósforo disponible por fluoruro-ácido diluidos (Bray y Kurtz N° 2), utiliza ácido clorhídrico (HCl) con el fin de incluir una mayor cantidad de fósforo. El ión flúor puede solubilizar los fosfatos de hierro y aluminio por su propiedad de formar complejos con estos cationes en una solución ácida, con la consecuente liberación de fósforo retenido en el suelo.
- El Potasio de cambio, Ca y Mg se determinaron extrayendo su fracción cambiante con una solución de sal neutra. Esto explica la “universalidad” del uso del acetato de amonio normal y neutro para extraer la fracción disponible de estos elementos, ya que desplaza de las posiciones de intercambio a los cationes retenidos por las cargas negativas del complejo coloidal.
- La determinación de azufre disponible se basa en una solución de sal neutra, como el fosfato monocalcico, que extrae el sulfato soluble más el absorbido en la fracción coloidal del suelo.
- El contenido de Cu, Fe, Zn y Mn se analizó en base a su tamaño iónico, el cual permite que estos elementos pueden sustituir isomórficamente a los elementos principales en los minerales.

5.3.2.2 Físicas.

- La textura se determinó mecánicamente por el método del hidrómetro, específicamente a las proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la “tierra fina” del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con un diámetro inferior a 2mm.
- La penetrabilidad se determinó por lectura y análisis del penetrógrafo, ya que brinda un índice integrado de la compactación del suelo, contenido de humedad, textura y tipo de mineral de arcilla, por lo cual, es un índice de la resistencia del suelo en las condiciones de la medición.
- La capacidad de campo por el método de las columnas de Chapingo, se define como el porcentaje de humedad que permanece en el suelo 2 ó 3 días después de haber sido saturado y después de que el drenaje libre prácticamente ha cesado. Esta definición se aplica a los suelos bien drenados.
- La densidad aparente por el método del terrón parafinado, es la relación existente entre el peso de un volumen dado de suelo seco a la estufa (105 – 110 °C) incluyendo su grado estructural y el volumen de agua desalojado por él.

- La densidad real se determinó de acuerdo al peso de las partículas sólidas de los suelos, por lo tanto, puede definirse como la relación entre el peso de las partículas sólidas y secas a la estufa y el volumen de agua desalojado por ellas.
- La porosidad total se determinó con la relación entre las densidades real y aparente, aplicando la siguiente fórmula:

$$PT\% = 100 (1 - D_a / D_r)$$

PT: Porosidad total

Da: Densidad aparente

Dr: Densidad real.

5.3.3 Variables biológicas. La evaluación de la mesofauna se realizó en un bloque de 25 cm x 25 cm x 30 cm, en cada uno de los lugares seleccionados. Después de obtener el bloque se colocó en una bandeja para retirar todos los animales y evaluar el número de individuos por metro cuadrado con base en 0,0625 m² de la muestra, según la técnica descrita por el Manual de distribución vertical de macroinvertebrados (laboratorios UDENAR).

5.3.4 Variables bromatológicas. Las variables bromatológicas se analizaron de acuerdo con los procedimientos descritos por el análisis químico de alimentos (laboratorios UDENAR), de la siguiente manera:

- La materia seca (MS) se determinó mediante análisis proximal o de Weende, este método sirve para determinar únicamente la cantidad de materia seca presente en una sustancia y no es una medida exacta del contenido de humedad puesto que en desecación ocurren una serie de reacciones químicas que ocasionan variaciones en esta determinación.
- La determinación de la humedad por análisis de Weende se basa en tres factores: presión, tiempo y temperatura, y dependen del tipo de pasto.
- La determinación de la ceniza por el análisis proximal, únicamente sirve para conocer de forma aproximada el contenido mineral, más no es un indicativo claro del valor o calidad mineral de ella.
- El extracto etéreo se realizó mediante análisis proximal o de Weende, el cual utiliza solventes, que generalmente son éter, cloroformo, benceno, entre otros,

que, a su vez, arrastran consigo en el proceso otras sustancias diferentes a las grasas, por esto es un valor generalizado.

- La fibra cruda (FC) y el extracto libre de nitrógeno (ELN), determinado por análisis proximal, se basa en la ebullición alterna de la muestra con un ácido y un álcali débiles. El residuo que queda libre de componentes solubles se llama FC, descontando la ceniza, y el ELN se determina por diferencia de la fibra, proteína, grasa y ceniza.
- Para fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN), hemicelulosa, celulosa y lignina por Van Soest, el cual utiliza detergentes que se combinan con la proteína para solubilizarla, así como un agente quelante (EDTA) que remueve los metales pesados y los iones alcalinos contaminantes.
- Nitrógeno total y proteína verdadera por Kjeldahl, se basa en tres pasos fundamentales: digestión de la muestra con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de un catalizador y a elevada temperatura, para transformar el nitrógeno en sulfato de amonio. La solución se alcaliniza y el amoníaco liberado se destila para su posterior titulación.
- La disponibilidad de los minerales como Ca, P, Mg y S se estimaron multiplicando la cantidad de elemento extractado durante el análisis por un factor de dilución (FD) y los cálculos se hicieron en forma de porcentaje.
- El porcentaje de nutrientes digestibles totales (NDT) se determinó aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{NDT} = \frac{(0,0504(\% \text{PC}) + 0,077(\% \text{EE}) + 0,02(\% \text{FC}) + 0,011(\% \text{ENN}) + 0,000377(\text{ENN})^2 - 0,152)}{4,38} * 100$$

4,38

NDT: Nutrientes digestibles totales
PC: Proteína cruda
EE: Extracto etéreo

FC: Fibra Cruda
ENN: Extracto no nitrogenado

5.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos correspondientes a las variables cuantitativas se procesaron mediante el análisis de componentes principales (ACP) y las cualitativas al utilizar el análisis de correspondencia múltiple (ACM). Este procedimiento se hizo mediante la utilización del software SASS y SPSS 15 respectivamente. Ambos permiten detectar las correlaciones entre caracteres de una población y estructurar la variabilidad existente, de tal modo que es posible encontrar diferentes tipos de información (Factores) contenida en las variables y la cantidad de información del mismo tipo (Factor) que contiene cada variable. Se partió del supuesto de que una variable determinada contiene en parte información ya suministrada por otra u otras variables⁴⁷.

Para el análisis de componentes principales se tomaron las variables que tuvieron un coeficiente de variación (CV) mayor del 20%. De igual manera, se realizó un análisis de correlación de Pearson, con el fin de eliminar variables que están altamente correlacionadas, dejando para el análisis de componentes principales (ACP) tan sólo una de ellas.

Las variables cuantitativas eliminadas antes del análisis por su baja variabilidad y por estar altamente correlacionadas, fueron: densidad real, penetrabilidad, porosidad, capacidad de intercambio catiónico, nitrógeno total del suelo, carbono orgánico, ceniza, extracto etéreo, fibra cruda, proteína cruda, proteína verdadera, NDT, extracto no nitrógeno, FDA, FDN, lignina, celulosa, hemicelulosa, calcio, fósforo, magnesio, azufre, nitrógeno total de la planta.

Posteriormente, se construyeron clústers o grupos; en los grupos que presentaron los mayores valores de biomasa, se observó cuáles variables se encontraron incluidas como aportantes y con ellas se efectuó el análisis que permitió explicar de manera satisfactoria la respuesta.

⁴⁷ BAUTISTA, L. y RAMOS, J. Análisis de datos de encuestas y de tabulados. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 1988. p. 85.

6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 VARIABLES AGRONÓMICAS

Es necesario aclarar que las muestras del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst), fueron tomadas de áreas donde el pasto presentaba las mejores condiciones de producción y por ello no se encontraron mayores variaciones en su composición nutricional y producción de biomasa. Las variables agronómicas se presentan en la Tabla 1.

6.1.1 Materia seca. Reportó una producción de 10.50, 9.70 y 8.96 ton/MS/ha/corte, en Cualapud, Arvela y Santa Rosa respectivamente, encontrándose diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las localidades mencionadas, presentando un rango alto. Similares resultados encontraron Burbano y Cadena⁴⁸ en investigaciones sobre el pasto Brasileiro (*Phalaris sp*), en la zona alta del municipio de Guachucal, y reportan un promedio de 10,37 ton/MS/ha/corte.

Los resultados en relación a esta variable superan los reportados por Zambrano y León, en estudios realizados en el municipio de Pasto, el cual fue de 6,81 ton/MS/ha/corte⁴⁹.

Las diferencias observadas pueden estar relacionadas con las condiciones edáficas, principalmente con la CIC que presentaron los suelos, los cuales fueron de 38.0, 33.27 y 45.87 en Cualapud, Arvela y Santa Rosa respectivamente.

La capacidad de intercambio de cationes está asociada directamente con la textura, tipo de arcilla y el contenido de materia orgánica en el suelo. Estudios en Colombia dan resultados muy variables, aún en una misma región. Es deseable que un suelo tenga una CIC alta, ya que indica una gran capacidad potencial de

⁴⁸ BURBANO, F y CADENA, W. Determinación de las características edafoclimáticas que garantizan la producción y calidad nutritiva del pasto brasileiro (*Phalaris sp*), en condiciones de no intervención, en un rango de altitud comprendida entre 3050 – 3300 m.s.n.m. en el municipio de Guachucal, departamento de Nariño. 2009. p59.

⁴⁹ ZAMBRANO, D y LEON J. Determinación de factores edafoclimáticos que intervienen en la producción y calidad nutritiva del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) en condiciones de no intervención en el municipio de pasto, departamento de Nariño. 2009. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia. p. 47.

suministro y reserva de Ca, Mg, y K. un estimativo general de la CIC en los suelos es la siguiente (Frye, citado por Salamanca.⁵⁰):

Menor que 10 meq/100g de suelo: Baja

10 – 20 meq/100g de suelo: Media

Mayor que 20 meq/100g de suelo: Alta.

Por consiguiente, los valores de las tres veredas son altos. Para el pasto Kikuyo, la capacidad de intercambio catiónico alta hizo que esta gramínea tenga una buena disponibilidad de nutrientes disueltos en el suelo, permitiendo así la fácil obtención por parte de la planta de todos los nutrientes que se necesiten para los procesos metabólicos y fisiológicos de manera adecuada, lo que se resumió en un buen nivel productivo del pasto.

6.1.2 Periodo de recuperación. Presentó un cierto grado de variación ($P < 0.05$) entre las localidades. Estos, en promedio, oscilaron entre 54.33, 50.67 y 50.44 días en Arvela, Santa Rosa y Cualapud, respectivamente.

Similares periodos de recuperación encontraron Ortiz y Ossa, quienes reportan periodos de recuperación de 52 a 56 días en una pradera de kikuyo bajo pastoreo rotativo con bovinos⁵¹.

El periodo de recuperación en este estudio estuvo influenciado por la densidad aparente, los cuales en el análisis de suelos reportaron promedios de 0,90, 0,87 y 0,83 para Arvela, Cualapud y Santa Rosa, respectivamente; las mejores condiciones las presenta la localidad de Cualapud, lo que determina que el pasto Kikuyo necesita suelos livianos, que le permitan su óptimo desarrollo.

De acuerdo con Garavito⁵², valores de densidad aparente inferiores a 1g/cc corresponden a suelos livianos, en donde hay una lenta incorporación de la materia orgánica, siendo la proporción de materia orgánica inversamente proporcional a la densidad.

⁵⁰ SALAMANCA, S. Tecnología Agrícola. Óp. cit. p. 133.

⁵¹ ORTIZ, W y OSSA, A. Evaluación de la estructura en praderas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) bajo dos sistemas de renovación. Medellín, Colombia. 1986. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. .p. 3-13.

⁵² GARAVITO, F. Propiedades Químicas de los Suelos. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1974. p 222.

López, citado por Ortega y Chavarro⁵³, determinó que los suelos de Guachucal presentan una densidad aparente por debajo de 1.0g/cc, su porcentaje de porosidad es alto, al igual que su materia orgánica, facilitando un buen desarrollo radicular en las plantas, que conlleva a una mayor producción de biomasa.

⁵³ ORTEGA, F. y CHAVARRO, G. Estudio de algunas propiedades Físico Químicas y de Fertilidad de los Suelos de Leiva, Nariño – Colombia. 1990. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Agronomía. p. 5.

Tabla 1. Resultados de variables productivas.

PRODUCCION PASTOS

		VARIABLES PRODUCTIVAS					PROMEDIOS			
		P.REC (Días)	Prod. BIOMAS A (kg/m ²)	P.REC. 2 (Días)	Prod. BIOMAS A (kg/m ²)	P.REC. 3 (Días)	Prod. BIOMAS A (kg/m ²)	PERIODO RECUPERACIÓ N (Días)	Prod. BIOMAS A (Kg/m ²)	Prod. BIOMAS A MS (ton/ha)
LUGARES	A1	56	5,00	54	5,20	54	5,10	54,67	5,10	9,17
	A2	60	4,90	55	5,40	56	5,00	57,00	5,10	8,60
	ARVELA A3	50	4,60	50	4,90	54	4,90	51,33	4,80	11,33
								54,33	5,00	9,70
CUALAPU	C1	54	4,70	51	5,20	49	5,40	51,33	5,10	13,58
	C2	57	4,80	52	4,40	51	4,30	53,33	4,50	7,24
	D C3	45	4,30	49	4,90	46	4,90	46,67	4,70	10,69
								50,44	4,77	10,50
STA	SR1	58	5,00	47	4,80	48	5,20	51,00	5,00	8,93
	SR2	54	4,50	51	5,30	50	4,90	51,67	4,90	8,37
	ROSA SR3	52	5,20	49	5,40	47	5,60	49,33	5,40	9,57
								50,67	5,10	8,96

6.2 VARIABLES BROMATOLÓGICAS

Las variables bromatológicas encontradas en la investigación se resumen en la Tabla 2.

6.2.1 Materia seca. En las tres localidades no se presentaron variaciones marcadas ($P < 0.05$). Se encontraron valores de 19.49%, 21.82% y 17.56% para Arvela, Cualapud y Santa Rosa respectivamente, los cuales se encuentra en un rango alto. La materia seca se afectó de manera directa por la CIC, posiblemente porque de ella depende el almacenamiento y distribución de nutrientes en el suelo, lo que a su vez está directamente relacionada con la materia orgánica, puesto que a mayor cantidad de materia orgánica existe una mayor CIC.

Situación que respalda Salamanca, quien argumenta que “la capacidad de intercambio catiónico depende principalmente del contenido y naturaleza de la arcilla, contenido de materia orgánica y de pH”⁵⁴.

Además, la edad del forraje influye de manera directa ya que a cierto estado vegetativo la MS se incrementa. Según Pirela⁵⁵, la edad o estado de madurez de la planta es tal vez el más importante determinante de la calidad nutritiva del forraje. Durante el proceso de crecimiento de la planta, después del estado foliar inicial, hay un rápido incremento de materia seca y un cambio continuo en los componentes orgánicos e inorgánicos. A medida que avanza el estado de madurez, la formación de los componentes estructurales (lignina, celulosa y hemicelulosa) ocurren en mayor velocidad que el incremento de los carbohidratos solubles; además, los componentes nitrogenados progresivamente constituyen una menor proporción de la materia seca. Esto se debe tanto a la pérdida de hojas como al aumento progresivo de la lignina, uno de los componentes estructurales que forma parte esencial de la membrana celular, el cual dificulta la digestión y disminuye el valor nutritivo de los pastos.

⁵⁴ SALAMANCA, Javier. Op. Cit., p 118.

⁵⁵ PIRELA, Op. Cit., [on line]

McDonald *et al*⁵⁶ afirman que el contenido de humedad del pasto es alto en los primeros grados de crecimiento, generalmente es del 75 al 85% y a medida que avanza la edad de la planta, éste decrece.

Los resultados son superiores a los reportados por el laboratorio de bromatología de la Universidad de Nariño; según un análisis del 2006 realizado en la zona rural del municipio de Guachucal, donde el porcentaje de materia seca fué 16%.

6.2.2 Proteína. Los niveles de proteína encontrados en Arvela fueron de 10.67%, en Cualapud 11.27% y Santa Rosa 13.83%, los cuales no presentaron diferencias ($P < 0.05$), encontrándose en un rango intermedio, valores que se hallan normales, posiblemente obedecieron a la edad en que fue cortado el pasto, que se realizó cuando el forraje presentó las mejores características de producción.

Respecto a lo anterior, Pirela sostiene que “el contenido proteico en gramíneas tropicales es relativamente alto en los estadios iniciales de crecimiento, para luego caer marcadamente hasta antes de la floración”⁵⁷.

Los resultados son similares a los reportados por Rodas, quien manifiesta que “el forraje de esta gramínea es generalmente rico en proteínas y es muy palatable para el ganado. El contenido de proteína cruda raras veces es inferior al 12% de la materia seca, y en ocasiones alcanza hasta el 23-25% en forraje verde, aunque bajo condiciones desfavorables y en forrajes muy maduros se han registrado contenidos de proteína cruda tan bajos como el 5 o 7%”⁵⁸.

Benavides encontró un porcentaje promedio de 10,59% de proteína verdadera en kikuyo cosechado en condiciones naturales sin fertilización ni escarificación a los 55 días⁵⁹. Porcentajes similares encontró Navarrete al combinar abono mineral (25-15-0) y sulfato de amonio en dosis de 50 Kg/N/ha/corte en época de invierno y verano, obteniendo valores de 11,14%⁶⁰.

⁵⁶ MCDONALD, P. EDWARDS, R. A. y GREENHALFH, J. F. D. Nutrición Animal. Zaragoza – España: Acribia S. A, 1981. p. 384.

⁵⁷ PIRELA, M. Op Cit; p 132.

⁵⁸ RODAS, A. Memorias tierra, pastos y ganado. 12-13 de abril. Universidad de Nariño.

⁵⁹ BENAVIDES, S. Valor nutritivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst). Bogotá. 1986. Trabajo de grado (Magister Scientiae). Universidad Nacional. Programa de Estudios para graduados de Ciencias Agrarias. ICA. p. 45.

⁶⁰ NAVARRETE, E. Respuesta del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) a la aplicación de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno. Bogotá 1996. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. p. 150.

6.2.3 Fibra cruda. Se encontró una fibra de 29,09%, 30,17% y 30,91% para Arvela, Cualapud y Santa Rosa respectivamente; sin presentar diferencias significativas ($P < 0.05$), datos que son altos para esta variable. La fibra cruda representa el grado de maduración de un pasto, el cual es determinante para la alimentación de animales herbívoros. Según esto, se podría afirmar que esta variable presentó un valor considerable, provocado posiblemente por el grado de madurez del forraje, que se extendió hasta lograr que el pasto en el momento de corte esté en un estado de abanderamiento; además, pudo haber influenciado las partes diferentes a las hojas, como tallos, que presentan una estructura mucho más consistente, lo que determina que la FC se incremente.

Respecto a lo anterior, Church y Pond⁶¹ plantean que se considera un nivel alto de fibra en un pasto cuando éste es mayor a 18%, lo cual le confiere una menor digestibilidad, siendo estas 2 características inversamente proporcionales, las cuales hacen que los pastos disminuyan su digestibilidad.

Semple⁶² dice que los tallos maduros de la mayoría de las gramíneas contienen casi siempre tanta fibra de difícil digestión y tan poca calidad de otros principios nutritivos, que los animales que se alimentan exclusivamente con ellos no consumen ni digieren lo suficiente para satisfacer sus necesidades.

6.2.4 Fibra Detergente Neutro. Los resultados de FDN fueron de 64,84%, 62,47% y 62,75% para Arvela, Cualapud y Santa Rosa respectivamente, sin encontrar diferencias marcadas ($P < 0.05$), con valor medio, lo que demuestran que este componente se encuentra dentro de los parámetros normales. A medida que el pasto madura, se incrementa el contenido de FDN que conlleva a ser un factor limitante por su relación negativa con la digestibilidad de la MS y, por lo tanto, con la energía disponible.

Los valores encontrados se encuentran dentro del rango reportado por Bernal⁶³, quien afirma que los componentes de la pared celular incluidos en la fracción FDN constituyen entre el 40 y 80%, de la materia seca siendo mayor la proporción en pastos maduros con deficiencias de nutrientes en el suelo. También coincide con

⁶¹ CHURCH, D. C. y POND, W. G. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. México: Limusa, 1998. p. 311.

⁶² SEMPLE, A. T. Avances en pasturas cultivadas y naturales. Argentina. Hemisferio Sur. 1997. p. 89-90.

⁶³ BERNAL, Op cit., p. 193.

los reportados con Soto⁶⁴, quien obtuvo valores de 63.84, 64.02 y 64.49 en kikuyo con dosis de 0, 50 y 100 Kg/N/ha respectivamente.

Benavides⁶⁵ reporta para kikuyo cultivado en condiciones naturales sin fertilización y cosechado a tres edades diferentes: 40, 80 y 120 días, logró porcentajes de FDN 54.07, 55.69 y 59.66% respectivamente.

6.2.5 Fibra Detergente Ácido. La FDA presentó los siguientes resultados: 36,80%, 34,58% y 33,75% para Arvela, Cualapud y Santa Rosa respectivamente. No existió variación significativa entre las muestras ($P < 0.05$). Según el ICA⁶⁶, estos porcentajes son considerados como altos. El valor obtenido para FDA es cercano al reportado por Laredo y Cuesta (1988), quienes indican un % de FDA de 36,1 para el pasto kikuyo⁶⁷.

Beltrán y Benavides⁶⁸, en trabajos realizados en pasto Saboya (*Holcus lanatus*) bajo condiciones similares y en las mismas localidades de estudio, encontraron valores de FDA de 31,70%, los cuales son menores.

6.2.6 Lignina. Presentó los siguientes resultados: 10,25, 9,67 y 10,16 % para Arvela, Cualapud y Santa Rosa. Estos valores son considerados altos para este pasto, lo que determina que el estado de madurez incrementó el contenido de esta variable, lo que indica que para obtener un forraje de mejores condiciones nutritivas el corte se debe realizar en periodos vegetativos más tempranos, con respecto al estado de abanderamiento.

Apráez y Moncayo reportan valores entre 5.77 y 8.80% de lignina en muestras de kikuyo recolectadas en el departamento de Nariño⁶⁹. Al respecto, Bernal⁷⁰

⁶⁴ SOTO, L. Digestibilidad y consumo voluntario del pasto () en ovinos bajo fertilización nitrogenada. Bogota. Trabajo de grado (Magister Scientiae). Universidad Nacional. Programa de estudio para graduados en ciencias agrícolas. 1979. P. 83.

⁶⁵ BENAVIDES, J. op cit., p. 130

⁶⁶ INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). Op. cit., p. 3.

⁶⁷ LAREDO, M. y CUESTA, A. Valor nutritivo de pastos de zonas frías. El pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst). Anual y estacional; Revista ICA (Bogotá), 17. 1988. p. 157 – 167.

⁶⁸ BELTRAN, R. y BENAVIDES, R. Determinación de los factores climáticos y edáficos que condicionan la producción y calidad nutritiva del pasto saboya (*Holcus lanatus*) en suelos no intervenidos de las veredas Cualapud, Arvela y Santa Rosa del municipio de Guachucal - Nariño, con altitudes entre 3050 – 3300 msnm. Pasto, Colombia. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia. 2009. P 56.

manifiesta que estos porcentajes pueden variar significativamente de acuerdo a la época del corte, estación del año, fertilización y fertilidad de los suelos.

6.2.7 Celulosa. Se encontró valores de 26,53% en Arvela, 24,91% para Cualapud y 23,60% en Santa Rosa. Los resultados de celulosa se consideran normales en el pasto kikuyo, encontrándose entre los rangos medios. Obedeció posiblemente al estado de madurez del pasto, el cual ofrece a la planta las condiciones favorables para esta variable.

Los resultados se encuentran entre los parámetros reportados por Bernal⁷¹, quien afirma que la celulosa puede ser el más abundante de los carbohidratos estructurales, su cantidad puede variar entre 20 y 40 % del total de la materia seca del pasto en estudio. Así mismo, la celulosa encontrada por Correa *et al*, fue de 26,9%, similares a los reportados por este estudio⁷².

6.2.8 Hemicelulosa. Los resultados para hemicelulosa son de 28,04%, 27,90% y 29,00 % para Arvela, Cualapud y Santa Rosa respectivamente, sin que se presente variación significativa entre los datos ($P < 0.05$), encontrándose en los rangos medios para este forraje.

El contenido de hemicelulosa en muestras de pasto kikuyo recolectadas en Antioquia asciende a 26.2% de la MS, variando en un rango que va entre 21.5 y 29.4% de la MS. Estos valores son más bajos que los estimados por Apráez y Moncayo⁷³ en el departamento de Nariño, quienes reportaron valores que oscilan entre 30.9 y 35.7% de la MS. Kamstra *et al*, por su parte, encontraron que el contenido de hemicelulosa del pasto kikuyo varió en función de la edad de rebrote, oscilando entre 29.6 y 39.2% de la MS.

Los valores que se obtuvieron en el estudio son considerados normales, de acuerdo al reporte del laboratorio de bromatología de la Universidad de Nariño, en donde se presentan valores que oscilan entre 27.66% y 32.54% para este carbohidrato.

⁶⁹ APRÁEZ E Y MONCAYO O. Caracterización agronómica y bromatológica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) sometida a rehabilitación mediante labranza y fertilización orgánica y/o mineral. Pasto. 2000. <http://www.virtualcentre.org/es/enl/keynote14.htm>.

⁷⁰ BERNAL, Javier. Op. Cit., p. 174.

⁷¹ BERNAL, Ibid., p. 175.

⁷² CORREA, J. y col. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I. Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2002. p. 23.

⁷³ APRÁEZ, E. Y MONCAYO, Ibid., p. 51.

6.2.9 Nutrientes Digestibles Totales. El pasto reporta un valor de nutrientes digestibles totales (NDT) de 55.66% en Arvela, 57.35% para Cualapud y 57.85% en Santa Rosa. Estos valores son considerados medios. Estos valores de NDT pudieron deberse principalmente a los contenidos de nitrógeno en los suelos que le permitió a la planta tener mejor reservas energéticas. Valores similares encontró Apréaz, quien reporta datos de 55 y 58% de NDT.

6.2.10 Minerales. El contenido de Calcio en los sitios de estudio es de 0.30%, 0.28% y 0.27% para Arvela, Cualapud y Santa Rosa respectivamente; el cual es considerado alto, según lo indica Vargas y colaboradores⁷⁴, quienes indican un porcentaje normal de este mineral de 0.24%.

El Fósforo expresó valores de 0.26% en Arvela, 0.31% en Cualapud y 0.37% en Santa Rosa.

Estos altos contenidos de minerales (Ca-P) posiblemente se deben a que los suelos estudiados son de origen volcánico, lo que indica que son ricos en dichos elementos y además, por los niveles medios de materia orgánica, por la mineralización. Los componentes del suelo se dispersan y la planta los absorbe, lo que conlleva a un incremento de estos componentes.

⁷⁴ VARGAS, E. CAMPABADAL, C. y Palmer, L. composición química y mineral de algunos forrajes de la provincia de Cartago y su relación con los requerimientos del ganado bovino [on line]. 1980. [citado 09/10/2009.]. Disponible en internet. http://www.mag.go.cr/rev_agr/v04n02_165.pdf.

Tabla 2. Resultados del análisis bromatológico (% BS)

	ARVELA				CUALAPUD				SANTA ROSA			
	A1	A2	A3	X	C1	C2	C3	X	SR1	SR2	SR3	X
<i>MS %</i>	17,99	16,88	23,60	19,49	26,63	16,09	22,75	21,82	17,87	17,08	17,73	17,56
<i>CENIZA %</i>	12,70	15,06	10,00	12,59	10,60	12,03	10,38	11,00	11,95	11,64	11,34	11,64
<i>EE (%)</i>	1,46	1,59	1,26	1,44	1,97	2,64	2,25	2,29	3,18	2,60	2,50	2,76
<i>FC %</i>	29,04	26,81	31,41	29,09	33,14	28,66	28,70	30,17	28,40	34,93	29,40	30,91
<i>P. CRUDA %</i>	17,24	19,96	14,28	17,16	12,73	21,27	18,10	17,37	16,65	23,11	22,87	20,88
<i>ENN %</i>	39,56	36,59	43,05	39,73	41,56	35,40	40,56	39,17	39,82	27,72	33,88	33,81
<i>FDN %</i>	64,03	62,84	67,65	64,84	67,80	58,66	60,95	62,47	65,20	61,29	61,77	62,75
<i>FDA %</i>	37,10	35,76	37,53	36,80	37,64	33,48	32,62	34,58	34,90	34,25	32,11	33,75
<i>LIGNINA%</i>	11,16	11,00	8,63	10,26	10,90	9,91	8,20	9,67	10,62	11,00	8,86	10,16
<i>CELULOSA %</i>	25,94	24,76	28,90	26,53	26,74	23,57	24,42	24,91	24,29	23,25	23,25	23,60
<i>HEMICEL %</i>	26,93	27,07	30,12	28,04	30,17	25,18	28,34	27,90	30,29	27,04	29,66	29,00
<i>CALCIO %</i>	0,40	0,22	0,27	0,30	0,30	0,27	0,26	0,28	0,26	0,29	0,26	0,27
<i>FOSFORO %</i>	0,24	0,31	0,24	0,26	0,23	0,36	0,34	0,31	0,38	0,38	0,36	0,37
<i>MAGNESIO %</i>	0,40	0,32	0,28	0,33	0,23	0,32	0,25	0,27	0,29	0,31	0,31	0,30
<i>AZUFRE %</i>	0,22	0,29	0,24	0,25	0,19	0,27	0,26	0,24	0,23	0,20	0,26	0,23
<i>N. TOTAL %</i>	2,76	3,19	2,28	2,74	2,04	3,40	2,90	2,78	2,66	3,70	3,66	3,34
<i>PROT. VERD %</i>	10,70	11,77	9,53	10,67	8,75	13,65	11,41	11,27	11,60	15,67	14,21	13,83
<i>NDT %</i>	55,60	55,25	56,28	55,65	55,08	58,41	58,76	57,35	57,90	57,22	59,05	57,85

6.3 VARIABLES EDÁFICAS

6.3.1 Química del suelo. Las variables edáficas se presentan en la Tabla 3.

6.3.1.1 pH. En el presente estudio, se encontró que los suelos tienen un pH de 5,63 en Arvela, 5,37 para Cualapud y 5,40 en Santa Rosa; según el análisis estadístico, no presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), considerándose con un rango medio. Los suelos, según los resultados, se podrían catalogar con tendencia ácida, estos datos corroboran la condición de muchos suelos en Nariño, especialmente de los derivados de cenizas volcánicas, que presentan un alto grado de meteorización.

Similares resultados obtuvieron Beltrán y Benavides, que catalogan los suelos de estudio en el municipio de Guachucal como ligeramente ácidos, valor promedio de 5.40, argumentándolo como un indicativo de materia orgánica y una alta mineralización⁷⁵. Al igual que Burbano y Cadena⁷⁶ reportan un promedio de 5.6 en la misma zona.

Según Guerrero, el rango de pH encontrado en esta investigación se puede clasificar como ligeramente ácido, confiriéndole al suelo condiciones adecuadas para el cultivo del kikuyo⁷⁷. Así mismo, Osorio y Roldan⁷⁸ argumentan que las plantas tienen un desarrollo normal cuando el suelo presenta un pH de 5 – 8. Además, Bernal menciona que bajo estas características, el kikuyo prospera en forma adecuada cuando las condiciones edafoclimáticas interactúan positivamente⁷⁹.

6.3.1.2 Materia Orgánica. El valor más alto fue para Santa Rosa, con 17.03%, seguido de Cualapud con 16.00% y Arvela con 14.50%, presentando diferencias significativas entre las muestras ($P > 0.05$), especialmente las que demostraron tener mayor cantidad de materia orgánica.

Para los casos de Santa Rosa y Cualapud, con contenidos altos de materia orgánica, posiblemente se debieron a la influencia del pH, ya que cuando el suelo presenta acidez, la materia orgánica tiende a aumentar, debido a que se disminuye la descomposición por parte de los organismos del suelo.

⁷⁵ BELTRÁN, R. y BENAVIDES, R. Op Cit. p. 58.

⁷⁶ BURBANO, F. y CADENA, W. Op Cit. p. 73.

⁷⁷ GUERRERO, R. Diagnóstico químico de la fertilidad del suelo. Bogotá Colombia. Sociedad colombiana de ciencias del suelo. 1980. 141-149p.

⁷⁸ OSORIO Y ROLDAN. Op. cit., p. 17

⁷⁹ BERNAL, E. Op. cit., p. 148.

En este sentido, García reporta un comportamiento similar para la materia orgánica, argumentando que: “En clima frío, se puede observar una frecuencia de valores medios de M.O, debido posiblemente a las bajas temperaturas y menor descomposición y acción de los microorganismos del suelo, acompañado en muchos casos por un pH bajo”⁸⁰.

De igual manera, la altura sobre el nivel del mar puede de alguna forma incidir sobre esta variable, ya que a mayor altura la temperatura disminuye, limitando a los microorganismos, a ejercer su trabajo, incrementando los niveles de MO.

Estos resultados corroboran el estudio de Bernal⁸¹, donde indica que en Colombia la materia orgánica tiende a aumentar con la altura sobre el nivel del mar. De acuerdo con Sanint, citado por Estrada⁸², este valor obtenido de materia orgánica para clima frío es estimado como un porcentaje medio.

Burbano y Cadena reportan un promedio de “materia orgánica considerable, que es de 15.56%, esto se debe a que haciendo la relación con la fauna del suelo existieron gran cantidad de individuos, que por ende contribuyeron su transformación en humus que ayuda a su fertilidad”⁸³.

6.3.1.3 Nitrógeno. Los resultados fueron de 0,53% para Arvela, 0,58% en Cualapud y 0,60% para Santa Rosa, los cuales no presentan una diferencia significativa ($P < 0.05$), considerados con un rango alto. Un alto contenido de este mineral se presentó posiblemente porque los suelos de estudio son de origen volcánico, los cuales presentaron una baja tasa de mineralización. Con respecto a esto, Salamanca⁸⁴ sostiene que para clima frío valores mayores a 0.50% se consideran altos en Nitrógeno total.

Según Sanint, citado por Estrada⁸⁵, los valores de Nitrógeno se encuentran en una clasificación alta para clima frío. Al respecto, Salamanca sostiene que los suelos de clima frío contienen más nitrógeno total que los de clima cálido, pero el suministro es menor debido a la baja tasa de mineralización⁸⁶.

⁸⁰ GARCIA, B. Características químicas y la fertilidad de los suelos con énfasis en el departamento de Nariño. CORPOICA. Pasto, Obonuco, 2000. p.15.

⁸¹ ESTRADA A. Op. cit., p. 50.

⁸² *Ibíd.*, p. 50.

⁸³ BURBANO, F. y CADENA, W. Op Cit. p. 72.

⁸⁴ SALAMANCA. Op cit., p 133.

⁸⁵ *Ibíd.* p. 58.

⁸⁶ SALAMANCA, J. Op Cit; p-131.

Benitez afirma que: “El nitrógeno presente en el suelo puede mejorar sustancialmente los niveles energéticos del mismo por el incremento en los extractos libres de nitrógeno, que se constituyen como reservas potenciales de energía para la planta”⁸⁷.

Burbano y Cadena afirman que, “gracias a la disponibilidad de Nitrógeno influye de manera directa en el contenido de proteína lo que convierte al pasto en una gramínea de alta calidad, también influyo dando un buen color al pasto lo que es un sinónimo de calidad y aceptabilidad por los animales”⁸⁸.

6.3.1.4 Capacidad de Intercambio Catiónico. Se encontró en Arvela 33.27, en Cualapud 38,00 y en Santa Rosa 45.87 meq/100g; lo cual indica una clara diferencia significativa entre las localidades ($P>0.05$). catalogada como alta.

La CIC no presentó una homogeneidad en las tres localidades debido posiblemente a las características propias de cada suelo, lo que posiblemente demuestra que en suelos con una alta cantidad de materia orgánica existirá una mejor CIC. Esta afirmación es argumentada por Salamanca⁸⁹, quien afirma que valores superiores a 25meq/100g indican una capacidad de intercambio catiónico alta.

El mismo autor⁹⁰ afirma que la CIC es una de las propiedades químicas más importantes de los suelos y está estrechamente relacionada con la fertilidad del mismo. Esta capacidad de intercambio catiónico depende de la naturaleza y de la cantidad de coloides presentes en el suelo, por tanto, los que tienen gran cantidad de materia orgánica tienen una mayor capacidad de intercambio catiónico que los suelos arenosos con bajo contenido de este componente. Bernal *et al* aseguran que “la capacidad de intercambio de cationes depende principalmente del contenido de materia orgánica y pH”⁹¹.

Burbano y Cadena⁹² afirman, que una CIC alta hace que las gramíneas tengan una buena disponibilidad de nutrientes disponibles en el suelo, que le permite a la planta la fácil obtención, todos los nutrientes que se necesiten para los procesos

⁸⁷ BENITEZ, C. Los pastos en Cuba. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación. 1983. p. 676.

⁸⁸ BURBANO, F. y CADENA, W. Op Cit. p. 72.

⁸⁹ SALAMANCA, R. Tecnología Agrícola. Bogotá: UNISUR. 1990. p 133.

⁹⁰ *Ibíd.*, p. 109.

⁹¹ BERNAL, J. *et al*. Factores ecológicos en la producción de forrajes. En: Establecimiento y manejo de pastos y forrajes. 2 ed. Bogotá. 1983. p. 32.

⁹² BURBANO, F. y CADENA, W. Op Cit. p. 74.

metabólicos y fisiológicos, lo que se resumió en un buen nivel nutritivo del pasto sobre todo en el contenido de proteína y minerales.

6.3.2 Física de los suelos. Castro⁹³ afirma que las propiedades físicas fundamentales como porosidad, capacidad de retención de agua, distribución y tamaño de partículas y estructura, pueden dar una visión global de la potencialidad productiva del suelo.

6.3.2.1 Densidad aparente (DA). Los datos encontrados son 0.90, 0.87 y 0.83 g/cc para Arvela, Cualapud y Santa Rosa respectivamente, los cuales no presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), valores que se encuentran en un rango bajo.

Similares resultados obtuvieron Beltrán y Benavides, en estudios realizados en las mismas localidades, que fueron de 0,80 g/cc y de igual manera sostienen que son suelos livianos⁹⁴. Igual densidad encontraron Burbano y Cadena⁹⁵, quienes reportan un promedio de 0.867 g/cc.

Con relación a esta variable, presentaron valores bajos, esto pudo ser ocasionado por que los suelos encontrados en las localidades de estudio son de estructura franca y franco arenoso, que corresponden a suelos livianos, con un alto contenido de materia orgánica, lo cual conlleva a efectos inversos con respecto a la variable.

López, citado por Ortega y Chavarro⁹⁶, determinó que los suelos de Guachucal presentan una densidad aparente por debajo de 1.0g/cc, su porcentaje de porosidad es alto, al igual que su materia orgánica.

De acuerdo con Garavito⁹⁷, valores de densidad aparente inferiores a 1g/cc corresponden a suelos livianos, en donde hay una lenta incorporación de la materia orgánica, siendo la materia orgánica inversamente proporcional a la densidad.

⁹³ CASTRO, D. Influencia del grado de disturbacion del suelo y efecto fisiológico de un herbicida de contacto en una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst). Pasto, Colombia. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Agronomía 1990. 75p.

⁹⁴ BELTRAN, R. y BENAVIDES, F. Op Cit. p. 62.

⁹⁵ BURBANO, F. y CADENA, W. Op Cit. p. 67

⁹⁶ ORTEGA, F. y CHAVARRO, G. Estudio de algunas propiedades Físico Químicas y de Fertilidad de los Suelos de Leiva, Nariño – Colombia. 1990. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Agronomía. p. 5.

⁹⁷ GARAVITO, F. Propiedades Químicas de los Suelos. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1974. p 222.

Los resultados que se encontraron en esta investigación están por debajo de los reportados por Rodríguez⁹⁸; quien afirma que valores de densidad aparente comprendidas entre 1.1 y 1.4 g/cc, pueden considerarse como óptimas para el crecimiento de los cultivos, y son un indicativo confiable del buen estado estructural del suelo.

6.3.2.2 Densidad real. Los resultados encontrados en los suelos del sur de Nariño (Guachucal), son los siguientes: 2.41 g/cc para Arvela, 2.23 g/cc en Cualapud y 2.32 g/cc para Santa Rosa; éstos no presentan diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), valores que se encuentran en un rango bajo. Valores similares encontraron Benavides y Beltrán⁹⁹ quienes reportan un valor promedio de 2.34, en estudios realizados en el municipio de Guachucal, sobre el pasto brasilero (*Phalaris sp.*).

La presencia alta de materia orgánica y mineral en las tres localidades de estudio pudo ser la causante de los valores encontrados, ya que se hallan estrechamente relacionados. A medida que se incrementan estos factores, existe la tendencia de disminuir la variable densidad real de los suelos.

Cairo y Quintero afirman que la densidad real de la capa arable puede estar influenciada por la cuantía de elementos orgánicos presentes en ella, es así como en suelos minerales con porcentajes menores a 3% de materia orgánica pueden presentar normalmente valores de densidad real entre 2.6 y 2.7 g/cc, mientras que en suelos con bastante materia orgánica estos pueden ser menores a 2.4 g/cc¹⁰⁰.

Adicionalmente, Herrera y Amezcuita encontraron una densidad real de 2.31 g/cc, en un suelo bajo labranza mínima con dos pases de rastrillo de disco. Grillo y Camero encontraron que los valores de densidad real son difíciles de alterar, ya que esta variable se relaciona con las características mineralógicas del material parental, sin embargo la erosión y excesiva compactación puede lograrlo a largo plazo¹⁰¹.

6.3.2.3 Porosidad. Resultados para esta variable son de 62,68% en Arvela, 61,18% para Cualapud y 64,02% en Santa Rosa, estos valores no presentan

⁹⁸ RODRIGUEZ, M. Influencia de la reducción de operaciones de labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo, erosión y escurrimiento. Bogotá. Colombia. Trabajo de grado (Magister Scientiae), Universidad Nacional. Programa de Estudios para graduados en Ciencias Agrícolas. ICA. 1984. 62p.

⁹⁹ BELTRÁN, R. y BENAVIDES, R. Op Cit. p.60.

¹⁰⁰ CAIRO, P. y QUINTERO, G. Suelos. La Habana, Cuba. Pueblo y educación. 1987. 195. p.

¹⁰¹ HERRERA, P. y AMEZCUITA, E. Efecto de la labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo. Bogotá, Colombia. Trabajo de grado (Agrólogo). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Agrología. 1989. 56p.

diferencias marcadas ($P < 0.05$) entre las localidades de estudio, presentando un rango alto.

La porosidad se encuentra superior a los reportados por la literatura; lo cual se puede relacionar posiblemente a las condiciones que presenta el suelo, su contenido de materia orgánica, que se encuentran estrechamente relacionados; logrando modificar esta variable, permitiendo la fácil penetración de las raíces y el agua que permiten el aprovechamiento de los nutrientes del suelo y el mejor desarrollo de las plantas.

Para ello, Goriyenko, citado por Castro¹⁰², asegura que el rango óptimo para la porosidad total se considera entre 50 y 55%. Valores extremos para esta variable puede ocasionar impedimento para la profundización de raíces o lixiviación de nutrientes.

Lo anterior se complementa con la investigación de Baver¹⁰³, quien indica que porosidades mayores o iguales al 50% son consideradas óptimas, mientras que las menores al 10% dificultan la dinámica entre gases y agua, como también el crecimiento y profundización de las raíces.

Rodríguez¹⁰⁴ argumenta que valores altos de porosidad pueden estar relacionados con su determinación a partir de la capa superficial entre 5 y 10 centímetros donde la presencia de materia orgánica es mayor y el estado de agregación de los glomérulos mínima, por lo cual la porosidad *in situ* puede arrojar valores altos.

6.3.2.4 Infiltración. Los resultados en los suelos estudiados son de 11.93, 14.63 y 10.67 cm/h para Arvela, Cualapud y Santa Rosa, respectivamente, sin encontrar diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos, encontrándose en valor medio. Esto permitió catalogar a estos suelos como permeables; en la localidad de Cualapud la velocidad de infiltración fue mayor, que es el más seco de los tres, por cuanto permite el paso del agua en mayores cantidades.

Según la clasificación de Malagón, citado por Erasso y Paz¹⁰⁵, corresponde a una infiltración rápida, lo que indica una alta facilidad del agua en penetrar el suelo, de tal manera que se disminuye la erosión del suelo en terrenos de ladera y el encharcamiento en terrenos planos.

¹⁰² .CASTRO, Op cit., p. 125.

¹⁰³ BAVER, L.D. física de suelos. México; Hispanoamericana, 1983. 105. p.

¹⁰⁴ RODRIGUEZ, M. Op cit., 40. p.

¹⁰⁵ ERASSO, E. y PAZ SALAS, A. Determinación de la Tasa Básica de Infiltración en algunos suelos del altiplano de Pasto- Nariño. 1975. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Agronomía. p. 13.

Morgan *et al*¹⁰⁶ afirman que generalmente los suelos con textura gruesa como los arenosos y franco-arenosos poseen una velocidad de infiltración más elevada que los suelos arcillosos, debido al mayor tamaño de los espacios entre las partículas del suelo (poros), esta capacidad de infiltración puede variar de 20cm/h para suelos arenosos a 0.5cm en suelos arcillosos compactados.

Berlín¹⁰⁷ afirma que lo deseable es que los suelos tengan mayor infiltración para su propia conservación, ya que en suelos desnudos la infiltración disminuye notablemente incidiendo en la degradación y grandes pérdidas de suelo por aguas de escorrentía. En un suelo con una buena cobertura permanente, la infiltración y la retención de humedad son mayores, y por ende el desarrollo vegetal será normal.

6.3.2.5 Capacidad de campo. Los valores corresponden a 45,50% en Arvela, 46,57% para Cualapud y 51,53% en Santa Rosa, lo que indica que no existen diferencias significativas ($P < 0.05$). Teniendo en cuenta el anterior concepto, puede deducirse que el valor de capacidad de campo obtenido en el estudio es bastante alto, lo que indica una alta retención de agua como consecuencia posiblemente del tipo de suelo y, sobre todo, la presencia de materia orgánica.

Chamorro asegura que la capacidad de campo “puede estar determinada por las características texturales del horizonte del suelo, es así como en suelos arcillosos se han encontrado porcentajes superiores al 80 %, mientras que en los arenosos pueden ser inferiores al 15 %, casos en los cuales la materia orgánica entraría a desempeñar un papel de regulador de la humedad, aumentando su retención en suelos arenosos y permeabilidad en arcillosos”¹⁰⁸.

La capacidad de campo reportada por Beltrán y Benavides, fue de 48,8 %. “lo cual da una idea del grado de absorción que tiene el suelo y sus reservas de agua en caso de veranos prolongados”¹⁰⁹.

¹⁰⁶ MORGAN, R. URBANO J y URBANO M. Erosión y conservación del suelo. España: Mundi-prensa, 1997. p. 37.

¹⁰⁷ BERLÍN, J. D. Cultivos Forrajeros. Manual para Educación Agropecuaria. México: Trillas, 1990. p 16.

¹⁰⁸ CHAMORRO, E. Correlación entre la población de lombriz de tierra y las características fisicoquímicas de tres suelos seleccionados de la sabana de Bogotá. Bogotá, Colombia. Trabajo de grado (Magister Scientiae). Universidad Nacional. Programa de Estudios para graduados en Ciencias Agrícolas. ICA. 1981. 87. p.

¹⁰⁹ BELTRÁN, R. y BENAVIDES, R. Op Cit. p. 59.

Tabla 3. Resultados del análisis de suelos para los tres sitios de estudio

	ARVELA				CUALAPUD				SANTA ROSA				X TOTAL
	A1	A2	A3	X	C1	C2	C3	X	SR1	SR2	SR3	X	
<i>pH</i>	5	5,8	6,1	5,63	5,6	5,3	5,2	5,37	5,9	5,3	5	5,40	5,47
<i>MAT. ORG. %</i>	20,6	8,8	14,1	14,50	14,9	15,2	17,9	16,00	15,9	15,9	19,3	17,03	15,84
<i>N total</i>	0,68	0,37	0,53	0,53	0,55	0,56	0,62	0,58	0,58	0,58	0,65	0,60	0,57
<i>CIC (meq/100 g)</i>	40,6	26,8	32,4	33,27	38,4	38	37,6	38,00	42	48,8	46,8	45,87	39,04
<i>DA (g/cc)</i>	0,8	1	0,9	0,90	0,9	0,9	0,8	0,87	0,8	0,9	0,8	0,83	0,87
<i>Dens. Real g/cc</i>	2,27	2,56	2,39	2,41	2,31	2,21	2,17	2,23	2,38	2,38	2,19	2,32	2,32
<i>Porosidad %</i>	64,76	60,94	62,4	62,68	61,1	59,3	63,1	61,18	66,39	62,19	63,48	64,02	62,63
<i>Infiltración (cm/h)</i>	12	12,8	11	11,93	10,8	18,3	14,8	14,63	9,1	11,6	11,3	10,67	12,41
<i>Capac. Campo %</i>	58,3	35,2	43	45,50	45	36,5	58,2	46,57	45,7	49,3	59,6	51,53	47,87
<i>Penetrabilidad (kgf/cm²)</i>	11	11	12	11,33	11	12	12	11,67	9	11	11	10,33	11,11

6.4 FAUNA DEL SUELO

Los individuos identificados en las tres localidades, se clasificaron en 7 especies, reconocidas como: oligochaeta (lombriz de tierra), dermáptera (tijeretas), coleóptera (escarabajos y cucarrones), diplópoda (milpiés), collembola (saltarines), isópoda (cochinillas) y díptera (moscas).

Burges define al suelo como un complejo vivo el cual no solamente sirve como medio de apoyo mecánico o substrato del que se aseguran y nutren las raíces de la plantas, sino que su biodiversidad compone un complejo sistema de interrelación de microorganismos que con sus acciones permiten y crean las condiciones y factores necesarios para quien se desarrollen tanto las plantas como la microflora, microfauna, macroflora y macrofauna, que son de gran importancia como agentes pedogenéticos del suelo¹¹⁰.

Al comparar estos resultados con estudios realizados por Burbano y Cadena¹¹¹ en el las similares condiciones, encontraron que la especie Oligochaeta (lombriz de tierra) es la de mayor predominancia con un promedio de 26.29 %, catalogado como un rango alto y establecen que es un indicativo de alta mineralización y contenido de materia orgánica, talvez porque mejora la aireación del suelo.

Como se indica en la Tabla 4, el valor más alto del número de individuos se encuentra en Cualapud con 448 ind/m², seguido por Arvela con 384 ind/m² y en último lugar Santa Rosa con 336 ind/m².

Cabe destacar que la investigación se la realizó en localidades aledañas a pasturas de potreros donde se encuentran bovinos destinados a la producción de leche, los cuales al defecar aportan materia orgánica, que al descomponerse son gran atrayentes como alimento para las moscas del género díptera, por esta razón puede ser el gran número de individuos presentes en las localidades de Arvela y Cualapud.

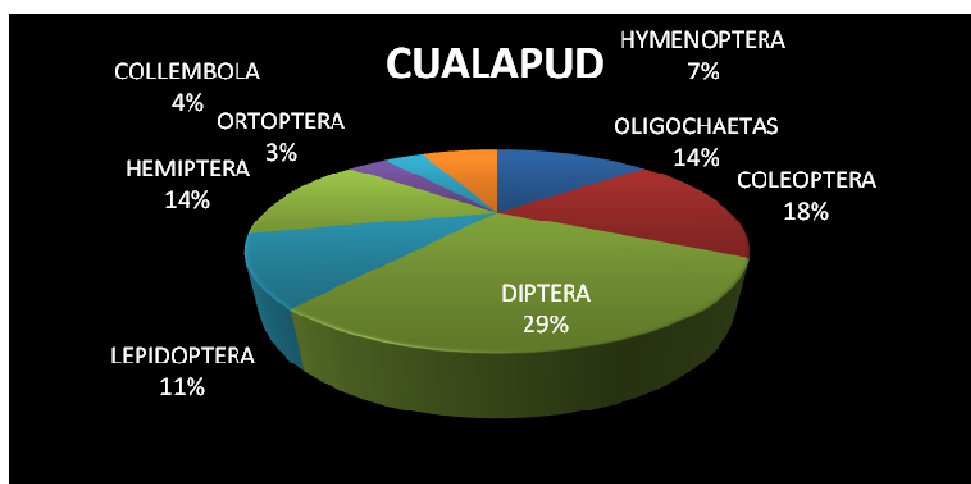
¹¹⁰ BURGÉS, A. introducción a la microbiología del suelo. Zaragoza, Espana: Acribia. 1996. 139-155p.

¹¹¹ BURBANO, F. y CADENA, W. Op Cit. p.89.

Tabla 4. Densidad de organismos ind/m² de suelo.

ORDEN:FAMILIA	ARVELA			CUALAPUD			SANTA ROSA					
	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
OLIGOCHAETAS	32		16	48	32	16	16	64	16	16	64	96
COLEOPTERA	16	32	16	64	32	16	32	80	16		16	32
DIPTERA	32	16	48	96	48	64	16	128	32	32		64
ISOPODA		16		16								
LEPIDOPTERA					16		32	48		16	16	32
GASTEROPODA		48	32	80								
ARACHNIDA	16	16		32					32	16		48
HIRUDINEA			16	16								
HEMIPTERA			32	32		16	48	64	32		16	48
ORTOPTERA						16		16	16			16
COLLEMBOLA						16		16				
HYMENOPTERA							32	32				
INDIVIDUOS/ZONA				384				448				336

Figura 1. Participación relativa de los organismos del suelo de Cualapud.



En Cualapud se encontró que el 29% pertenece al orden de las Dipteras (moscas), le siguen las Coleópteras (cucarrones) con el 18%, entre el 11% al 14% se encuentran las Oligochaetas (lombriz), Hemipteras (chinchas), Lepidópteras (polilla), y con el menor porcentaje las del orden Hymenoptera (hormigas), Orthoptera (saltamontes) y Collembola (acaros), como se indica en la Figura 1.

Los individuos que se encontraron en esta zona y de mayor importancia para el crecimiento y desarrollo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst), se encuentran los de orden coleóptera y oligochaetas, que sirven como mejorantes de las propiedades del suelo, como por ejemplo la aireación y drenaje interno. De igual manera, cabe resaltar el aporte de materia orgánica que éstos hacen.

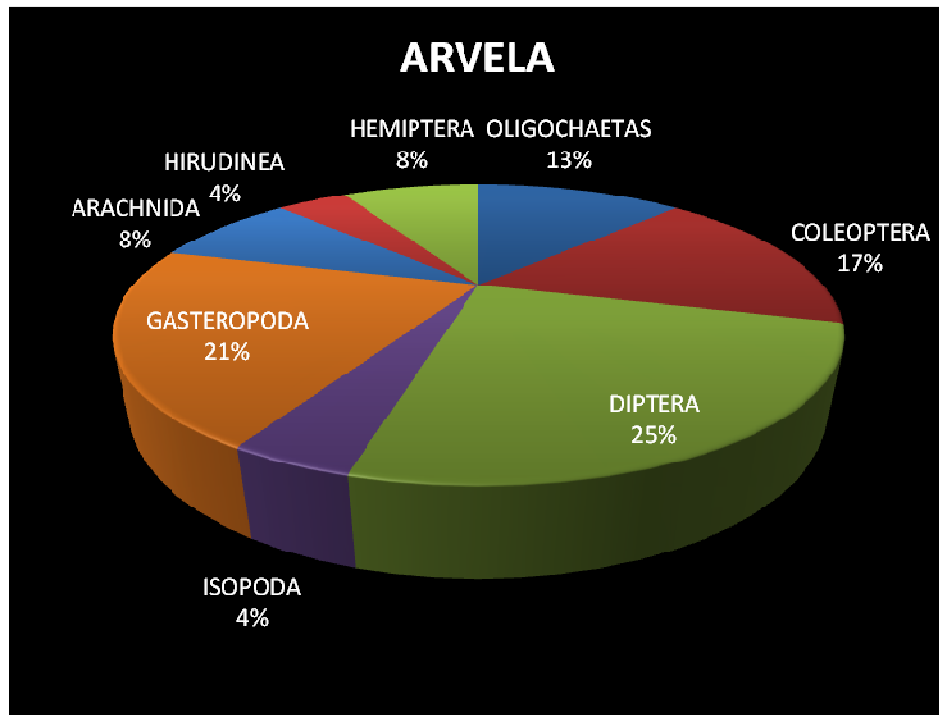
Según Durán¹¹², su actividad influye positivamente sobre la aireación, infiltración y distribución del agua en el suelo por la gran cantidad de canales que construyen durante su desplazamiento. Mezclan los materiales orgánicos con los materiales minerales del suelo, constituyéndose en una extraordinaria fábrica de fertilizantes naturales, sin costo alguno para el hombre.

Charry¹¹³ argumenta además que el organismo más importante desde el punto de vista de los suelos, lo constituyen las lombrices, no sólo por su gran número, sino también, por la enorme actividad que desarrollan en la transformación de sustancias inorgánicas, las que al ser ingeridas experimentan una acción enzimática originándose compuestos de fácil aprovechamiento para los cultivos; además, las lombrices forman galerías o conductos por medio de los cuales tiene lugar el intercambio gaseoso entre la atmósfera del suelo y la externa; como también el movimiento del agua.

¹¹² DURAN, F. Volvamos al Campo: Manual de Cultivos Orgánicos y Alelopatía. Bogotá – Colombia: Grupo Latino Ltda, 2003. p. 74.

¹¹³ CHARRY. Op cit., 211

Figura 2. Participación relativa de los organismos del suelo de Arvela.



En Arvela, el orden más alto que se encontró fue el de Dipteras (moscas) con el 25%, le siguen Gasterópodos (babosas) con un 21%, se sitúan en su orden Coleópteras (cucarrones) con un 17% y Oligochaetas (lombriz) con 13%. En valores más bajos están Arácnidos (arañas) y Hemipteras (chinches) con un 8% y las de orden Hirudinea con un 4%.

Los microorganismos del género Diptera son los más sobresalientes, su presencia se pudo presentar por la cercanía de potreros destinados a la ganadería, las heces de los animales son un gran atractivo de moscas, este género; por lo tanto su gran número seguido por Gasteropodos con un 21% posiblemente podría ser debido a la humedad del lugar en el momento de la toma de las muestras; que indirectamente da lugar a la producción de forraje verde. Al respecto Burbano, afirma que “las babosas son consideradas como plagas en los cultivos, al consumir el follaje de estos”¹¹⁴.

¹¹⁴ BURBANO, H. Op Cit., p 201.

Según Casanova¹¹⁵, algunos de los factores más importantes que afectan la actividad de los cucarrones y lombrices de tierra son: la aireación del suelo, contenido de materia orgánica, humedad, pH y temperatura del suelo. Estos organismos prefieren suelos bien aireados aunque con ambiente húmedo, son heterótrofos, por lo tanto requieren de materia orgánica como fuente de alimento y su número aumenta notablemente en suelos que reciben aplicaciones de residuos de plantas y estiércol, pocas especies son tolerantes a la acidez en el suelo, el número y distribución en el perfil es afectado por temperaturas del suelo inferiores o superiores a 10°C.

Para Santos Macías, “el humus está formado por restos muy descompuestos y su presencia tiende a aumentar la absorción de agua. Aumenta también las partículas del suelo y hace más cohesivos los suelos arenosos y menos los arcillosos”¹¹⁶.

Figura 3. Participación relativa de los organismos del suelo de Santa Rosa.



¹¹⁵ CASANOVA, E. Introducción a la Ciencia del Suelo. Caracas. Venezuela: Editorial, CDCH UCV. Enero de 2006. p. 263.

¹¹⁶ SANTOS, A. Ciencia combinada Nuffield: Guía del profesor. Estados Unidos: Signal Books. 1975. p.192.

En Santa Rosa se presentaron gran número de individuos, donde sobresale los del género oligochaeta con un porcentaje de 29%. En esta investigación ocurre algo singular ya que a pesar de que el orden Diptera fue el de mayor participación en los lugares, porque siempre se encontraba en un porcentaje alto, excepto en Santa Rosa, donde fue el orden Oligochaetas el más elevado, obteniendo en esta zona un contenido alto de materia orgánica con alta mineralización, como se indica en la Tabla 5.

De acuerdo a lo anterior, las Oligochaetas son un indicativo que donde se encuentran en una considerable población, el suelo adquiere un mayor contenido de materia orgánica y mineralización; tal vez esto ocurra por que mejora la aireación del suelo y en general aumenta las condiciones del mismo, haciendo que los nutrientes sean disponibles para la planta, lo que significa que existe un mayor contenido de materia orgánica asimilada por el Kikuyo para su crecimiento y desarrollo.

Adicionalmente, Chamorro menciona que la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas dependen en gran parte de los microorganismos que lo habitan, los cuales pueden mostrar cierto grado de especialización con relación a las actividades que ejecutan, así por ejemplo, hay algunos que intervienen en la degradación de residuos orgánicos, otros en la transformación de elementos o sustancias a formas aprovechables o no por la planta, causar enfermedades, producir antibióticos, intervenir en agregación de partículas, entre otras¹¹⁷.

El pH tiene una relación directa con el número de individuos del suelo, ya que a un pH de 5,4 se obtuvo 336 ind/m² y de 5,63 existió 384 ind/m² (Tabla 5), siendo este un potencial propicio para la proliferación de estos individuos.

La relación existente promedio entre Carbono-Nitrógeno fue de 16%, lo que significa que es un indicativo de que existe una alta proporción de minerales; a pesar que en Santa Rosa existe menor cantidad de microfauna, contiene uno de los mayores contenidos de materia orgánica activa, posiblemente se debe a que se encuentra mayor número de individuos que transforman esa materia orgánica en sustancias más asimilables para las plantas, logrando su estabilidad y confort.

¹¹⁷ CHAMORRO, E. Op cit., p. 22.

Tabla 5. Medidas de tendencia central y de dispersion.

ARVELA			CUALAPUD			SANTA ROSA		
1	2	3	1	2	3	1	2	3
Media	DESVEST	CV	Media	DESVEST	CV	Media	DESVEST	CV
5,63	0,57	10,09	5,37	0,21	3,88	5,40	0,46	8,49
14,50	5,91	40,76	16,00	1,65	10,33	17,03	1,96	11,52
0,53	0,16	29,44	0,58	0,04	6,57	0,60	0,04	6,70
8,42	3,42	40,59	9,28	0,97	10,48	9,91	1,14	11,48
384,00	32,00	8,33	448	24,44	5,46	336	32	9,52

6.5 ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS MÚLTIPLES (ACM)

Este análisis tiene dos dimensiones, una que es el suelo Franco-arenoso y la otra el tipo Arenoso-franco. El ACM se realizó con el fin de comparar la textura del suelo con la cantidad de individuos del mismo, donde se encontró para el tipo de suelo Franco-arenoso un porcentaje del 22% de Dipteras, seguido de Oligochaetas con 20%, las Coleópteras con el 13%, Gasterópodos, Hemípteras y Arácnidas con el 11%, los órdenes que están por debajo del 4% son lepidóptera, Orthoptera, Isópoda e Hirudinea, como se indica en la Tabla 6.

Para el suelo Arenoso-franco se encontró que el 28% del total de individuos en este tipo de suelo son Dipteras, le siguen las Coleópteras con el 17,9%, las Hemipteras y las Oligochaetas con el 14,3% y las Lepidópteras, Colembollas, Hymenopteras y Orthopteras con un valor inferior al 10% (Tabla 6).

Finalmente, el suelo franco - arenoso se caracteriza por presentar condiciones favorables para la especie Oligochaeta, que es el suelo perteneciente a Santa Rosa y el suelo de textura arenoso-franca presenta condiciones favorables para albergar mayor diversidad de especies, aunque éstas no presentan mayor influencia en condiciones favorables del suelo para la planta. En cuanto a la humedad, cabe resaltar que los suelos franco arenoso encontrados en este estudio poseen una mayor retención de agua, lo que favorece la proliferación de individuos mejorantes del suelo.

Según Estrada, los suelos arenoso-francos ofrecen buena aireación y drenaje, suelen ser sueltos y friables por lo que resulta fácil su cultivo, lo que facilita la preparación o laboreo, la germinación de las semillas, la penetración de las raíces, mayor contenido y retención de nutrientes¹¹⁸.

Por otra parte, Burges y Raw, citados por Rodríguez, afirman que la composición de las comunidades y su abundancia están influenciadas por la localización geográfica, el clima, propiedades físicas y químicas del suelo, tipo de vegetación, naturaleza y profundidad de la materia orgánica¹¹⁹.

¹¹⁸ ESTRADA, J. Op Cit., p. 42-43.

¹¹⁹ RODRIGUEZ, C. Caracterización físico – química del suelo en tres coberturas vegetales y su relación con la macro fauna del suelo en la vereda La Josefina municipio de Pasto – Nariño. Pasto, Colombia. 2005. p. 60. Trabajo de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

Tabla 6. Analisis de correspondencias multiples (ACM), Histograma de frecuencias para variables categorizadas.

Perfiles de fila

TEXTURA	INDIVIDUOS												Margen activo
	COLEOPTERA	DIPTERA	GASTROPODA	HEMIPTERA	LEPIDOPTERA	HYMENOPTERA	COLLEMBOLA	OLIGOCHAETA	ARTHROPTERA	ARACNIDA	ISOPODA	HIRUDINEA	
FRANCO-ARENOSO	,133	,222	,111	,111	,044	,000	,000	,200	,022	,111	,022	,022	1,000
ARENOSO-FRANCO	,179	,286	,000	,143	,107	,071	,036	,143	,036	,000	,000	,000	1,000
Masa	,151	,247	,068	,123	,068	,027	,014	,178	,027	,068	,014	,014	

Perfiles de columna

TEXTURA	INDIVIDUOS												Masa
	COLEOPTERA	DIPTERA	GASTROPODA	HEMIPTERA	LEPIDOPTERA	HYMENOPTERA	COLLEMBOLA	OLIGOCHAETA	ARTHROPTERA	ARACNIDA	ISOPODA	HIRUDINEA	
FRANCO-ARENOSO	,545	,556	1,000	,556	,400	,000	,000	,692	,500	1,000	1,000	1,000	,616
ARENOSO-FRANCO	,455	,444	,000	,444	,600	1,000	1,000	,308	,500	,000	,000	,000	,384
Margen activo	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

Además, de acuerdo a la Tabla 7, se observó que el tipo de suelo Arenoso-franco, le confiere las condiciones óptimas para que se desarrollen los individuos del suelo que pertenecen al orden de Hymenopteras y Colembollas, y para el tipo de suelo franco-arenoso es el medio adecuado para el orden Hirudinea, Isópoda, Arácnida y Gasterópoda; por tal razón, si se encuentran estos individuos en el suelo de la pradera, se puede hablar de que son un indicativo para definir de algún modo el tipo de suelo al que pertenecen.

Tabla 7. Peso de las variables biológicas con respecto al tipo de suelo.

Confianza para Puntos de columna

	Desviación típica en la dimensión
INDIVIDUOS	1
COLEOPTERA	,082
DIPTERA	,081
GASTEROPODA	,107
HEMIPTERA	,081
LEPIDOPTERA	,097
HYMINOPTERA	,165
COLLEMBOLA	,165
OLIGOCHAETA	,077
ORTHOPTERA	,085
ARACNIDA	,107
ISOPODA	,107
HIRUDINEA	,107

6.6 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

El análisis de componentes principales permitió establecer que los tres primeros factores o componentes explicaron el 65% de la variabilidad de la matriz que se introdujo al análisis, con lo que se obtuvo además un total de 6 componentes, como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Histograma de los valores propios, que explican la variabilidad (%) de la correlación (variables cuantitativas)

	Valor	Diferencia	Proporción	Acumulado
1	5,164	0,143	0,234	0,234
2	5,021	0,948	0,228	0,463
3	4,072	1,0008	0,185	0,648
4	3,071	1,1304	0,139	0,787
5	1,941	0,454	0,088	0,875
6	1,486	0,454	0,067	0,943
7	1,032	0,8208	0,046	0,9904
8	0,211	0,211	0,009	1,000

El primer componente representa al periodo de recuperación, donde se ve influenciado indirectamente con la materia orgánica, nitrógeno total del suelo y en una menor proporción con el azufre disponible, y directamente con la densidad aparente. Lo que quiere decir que para un periodo de recuperación corto debería existir un alto valor de materia orgánica y nitrógeno total, además de un valor bajo de densidad aparente, como se indica en la Tabla 9.

El segundo componente se identifica por una alta producción de biomasa con un alto valor de lignina, el cual está indirectamente relacionado con la resistencia a la penetración y la velocidad de infiltración, y en forma directa con la temperatura. (Tabla 9). Esto significa que para obtener una mayor cantidad de biomasa del pasto kikuyo se necesita que exista una baja resistencia a la penetración, baja velocidad de infiltración, además de una temperatura moderadamente alta.

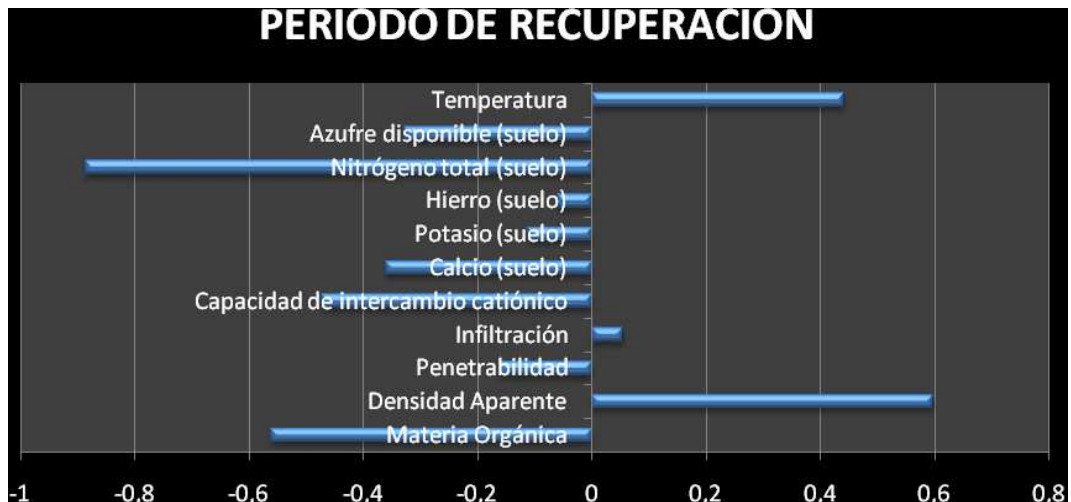
El tercer componente determina la calidad nutritiva, por su alto valor de proteína verdadera y bajo valor de materia seca, lo cual se ve afectado directamente por la capacidad de intercambio catiónico, y en menor proporción en forma indirecta con el hierro del suelo. Es decir que para obtener una mayor calidad del pasto Kikuyo se necesita tener un alto valor de la capacidad de intercambio catiónico y bajo contenido de hierro en el suelo (Tabla 9).

Tabla 9. Peso de los tres primeros componentes principales.

	Periodo de recuperación	Producción de Biomasa	Calidad nutritiva
Materia Orgánica	-0,562	0,369	0,398
Densidad Aparente	0,596	-0,354	-0,393
Penetrabilidad	-0,161	-0,743	-0,091
Infiltración	0,054	-0,853	0,292
Capacidad de intercambio catiónico	-0,473	0,525	0,645
Calcio (suelo)	-0,36	0,439	-0,426
Potasio (suelo)	-0,112	0,533	0,042
Hierro (suelo)	-0,06	0,606	-0,693
Nitrógeno total (suelo)	-0,886	0,182	0,213
Azufre disponible (suelo)	-0,329	0,162	0,002
Temperatura	0,442	0,604	0,157

En este análisis de los componentes, también se observa unas agrupaciones de los lugares, para que de esta manera se pueda identificar con datos reales los rangos para obtener una mayor producción de biomasa y calidad del pasto Kikuyo.

Figura 4. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del primer Componente que corresponde a periodo de recuperación del pasto con relación a las condiciones del suelo.

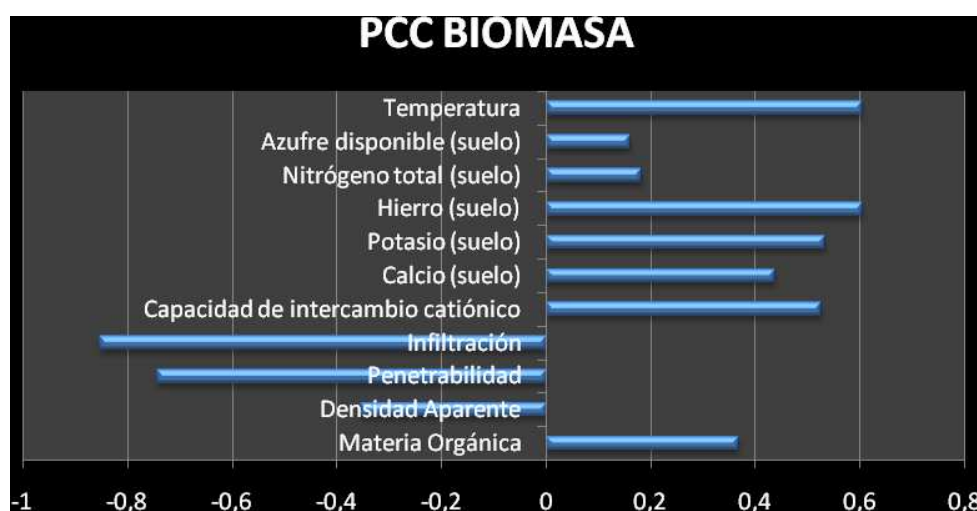


Para esta variable, el componente que influye directamente corresponde a la densidad aparente que, para este caso, es de 0.59. La densidad varía con la textura, estructura y grado de compactación. La mayoría de los suelos tienen densidad aparente que varía entre 1,2 a 1,5 gramos por centímetro cúbico, lo que permite determinar que posiblemente los suelos franco arenosos son los más indicados para el establecimiento del pasto kikuyo.

El periodo de recuperación está influenciado de manera indirecta por el Nitrógeno total y la materia orgánica, esto puede deberse a que el estudio se desarrolló en suelos de origen volcánico y a una elevada altura sobre el nivel del mar, en los cuales la mineralización del carbono y el nitrógeno, aún si se encuentran en el suelo, la planta no los puede aprovechar en su totalidad. Lo anterior posiblemente se debe a que esta materia no se degrada por la ausencia de microorganismos capaces de presentarla en sus formas más asimilables. La altura sobre el nivel del mar que posiblemente limita la microfauna que degrada la materia orgánica y disminuye el metabolismo de la planta que conlleva a largos periodos de recuperación.

Estrada¹²⁰ dice que del 97 a 98 % del nitrógeno aprovechable por la planta proviene de la materia orgánica y ésta tiene que ser descompuesta por microorganismos, para producir amonio y nitratos que son utilizadas por las plantas

Figura 5. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del segundo Componente que corresponde a Producción de biomasa del pasto con relación a las condiciones del suelo.



La variable producción de biomasa se presenta en la Figura 5, los componentes que la afectan de manera directa. Según el estudio, uno de ellos es la temperatura, debido posiblemente a que un incremento en los parámetros adecuados de ella, conllevan a incrementar la producción de forraje, probablemente por la adaptación al medio tropical por parte del pasto.

La temperatura influye en la mayoría de procesos de crecimiento de las plantas y por ello resulta fácil entender por qué éste es el factor principal que controla la distribución y la diversidad de especies forrajeras.

Al respecto, Estrada¹²¹ afirma que en los trópicos la temperatura permite obtener altos rendimientos en materia seca. En los trópicos, a mayor altitud la temperatura es más baja y el rango diario de temperatura puede aumentar, especialmente cuando crece la latitud.

¹²⁰ ESTRADA, J. Op Cit., p 51

¹²¹ Ibid., p 34-35.

El mismo autor complementa que el valor óptimo para el crecimiento de las gramíneas tropicales es generalmente 35°C, la máxima es de 40-45 y la mínima es de 15°C, por debajo de la cual el crecimiento es muy lento o se suspende.

Bernal asegura que la temperatura afecta el crecimiento y la floración. A temperaturas altas, la floración puede anticiparse y la producción de semilla aumentar. La temperatura puede afectar enormemente la morfología de algunas especies de pastos de regiones templadas, produciendo plantas más altas, con hojas más grandes a temperaturas altas y plantas con más macollaje a temperaturas bajas¹²².

Cada especie está adaptada a su óptimo de temperatura donde presentan su mayor desarrollo, pero puede resistir a periodos cortos de temperaturas extremas, tanto altas como bajas. Se ha demostrado que la temperatura afecta procesos de fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción de agua y nutrientes, actividades de las enzimas, entre otras.

Otro factor que interviene en esta variable de producción de biomasa es el hierro, siendo este necesario, según Bernal, “para la síntesis y clorofila de las plantas, desempeñando una función especial del metabolismo del ácido nucléico, del ARN y los cloroplastos (componente esencial de muchas enzimas)”¹²³.

Como se indica en la Figura 5, el potasio también es una de las variables que afecta directamente la producción de biomasa del pasto kikuyo. Al respecto, Ricaurte¹²⁴ afirma que:

Este mineral es un activador de enzimas involucradas en la fotosíntesis y el metabolismo de proteínas y carbohidratos. Participa en la translocación de los carbohidratos, síntesis de proteínas y mantenimiento de su estabilidad, permeabilidad de membranas y control del pH; utilización del agua mediante regulación de los estomas. Mejora la utilización de la luz mediante periodos fríos y nublados, por lo tanto aumenta la resistencia de las plantas al frío y otras condiciones adversas. Aumenta la resistencia a las enfermedades.

La CIC que presentó el estudio es una variable influyente de manera positiva al componente de producción de biomasa (Figura 5). La CIC indicaría que hay un buen intercambio de cationes, concediendo al suelo una buena fertilidad, reflejándose esta cualidad en una alta producción.

¹²² BERNAL, Op cit., p. 64.

¹²³ Ibid., p. 82.

¹²⁴ RICAURTE, B. Pastos y forrajes. Tecnología agropecuaria No.6. Ministerio de educación nacional. Bogotá, Colombia. Editora Guadalupe Ltda. 1997. P 73.

Según Castro, es deseable que un suelo presente una CIC alta, asociada con una buena saturación de bases, ya que esto indica una gran capacidad potencial de suministro y reserva de minerales. Cuando un suelo presenta baja CIC es índice de baja fertilidad¹²⁵.

La investigación arrojó datos para la variable de producción de biomasa que influyen indirectamente, los cuales son infiltración y penetrabilidad (ver Figura 5).

En cuanto a la penetrabilidad, Bernal deduce que el espesor del horizonte o perfil del suelo depende principalmente del grado de la meteorización, naturaleza del material parental, edad y erosión. La presencia de horizontes endurecidos ("Claypan o Hardpan") puede limitar seriamente el crecimiento de las raíces de las plantas.

Respecto a la infiltración que se presenta en la Figura 5, tal vez se relacione con la capacidad de retención de agua, que no favorece el transporte de los nutrientes del suelo a la planta, mejorando la productividad del pasto.

Teniendo en cuenta lo enunciado por Bernal¹²⁶, quien afirma que a medida que el suelo se compacta, sus propiedades físicas se van deteriorando, lo que tiene como consecuencia severos casos de encharcamiento, escorrentía, pérdidas de agua y nutrimentos e impedimento para que las raíces de las plantas tengan un desarrollo normal por deficiencia de agua y oxígeno con el resultado final de una baja producción.

Legarda¹²⁷ corrobora al decir que la compactación del suelo, causada por inadecuado manejo del mismo, disminuye la tasa básica de infiltración, aumenta la resistencia del suelo a la penetración y hace descender la capacidad de éste para almacenar agua.

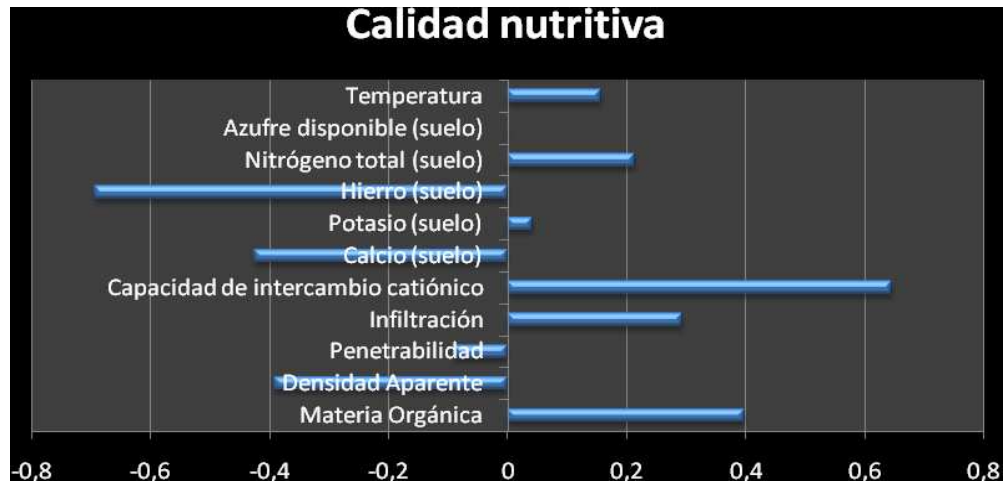
¹²⁵ CASTRO, Op. cit., p. 164 – 165.

¹²⁶ BERNAL. Op. cit., p. 164 – 165.

¹²⁷ LEGARDA, L. Variabilidad de algunas propiedades físicas en suelos del Putumayo.

Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, En: Revista de investigaciones, 1(2):211. 1985.

Figura 6. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del tercer componente que corresponde a calidad nutritiva del pasto con relación a las condiciones del suelo.



En el presente estudio se encontró que la CIC afecta de manera directa al valor nutritivo del pasto kikuyo como se muestra en la Figura 6. Esto se debe probablemente a que al tener una mayor CIC el suelo dispone cantidades considerables de nutrimentos para las plantas, teniendo en cuenta que ésta también depende de la cantidad de materia orgánica presente en el mismo, logrando así una mejor asimilación de sustancias que reflejan un alto valor nutritivo del forraje.

Al respecto del componente hierro, se ve influenciado indirectamente con la calidad nutritiva del forraje, esto podría ser posible a causa de que los suelos en los cuales se llevó a cabo el estudio presentan un pH ligeramente ácido, los cuales disponen de altas cantidades de este mineral, convirtiéndolo como un elemento nocivo para las plantas y una posterior deficiencia nutritiva del forraje.

Bernal asegura que en suelos ácidos se encuentra altas concentraciones de hierro y aluminio activos, especialmente en suelos con bajo contenido de calcio. Las aplicaciones de calcio y fósforo pueden neutralizar la toxicidad de estos elementos¹²⁸.

Como se aprecia en la Tabla 10, se puede deducir que el clúster 1 es el que le provee las condiciones propicias al pasto Kikuyo, para que de esta manera se

¹²⁸ BERNAL, Op cit., p 309.

obtenga una excelente producción y calidad nutritiva; a este clúster pertenecen los lugares de Santa Rosa muestra 1, 2 y 3; Arvela muestra 1 y 2, y Cualapud muestra 1.

Este clúster se identifica por un bajo periodo de recuperación, una alta producción de biomasa en forraje verde (5,05 Kg/m²), materia seca (1016,04 g/m²), y en proteína verdadera (594,09 g/m²); además un contenido alto de materia orgánica con 16,80 %, una penetrabilidad de 10,83 KPa, una velocidad de infiltración de 10,96 cm/h y una temperatura de 9,66 °C. Todos estos datos comprueban las relaciones ya mencionadas para cada componente.

Tabla 10. Peso de las variables de los tres clúster.

	Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3
Periodo de recuperación	51,55	50,00	57,00
Producción de biomasa	5,05	4,60	5,10
Materia seca	1016,04	896,65	860,88
Ceniza	574,75	514,60	768,06
Extracto etéreo	110401,0	112,27	81,09
Extracto no nitrogenado	1897,05	1749,66	1866,09
Lignina	514,62	415,67	561,00
Calcio (pasto)	14,98	12,18	11,22
Magnesio (pasto)	15,33	13,07	16,32
Azufre (pasto)	11,29	12,18	14,79
Proteína verdadera	594,09	575,26	600,27
Materia orgánica	16,80	16,50	9,00
Densidad aparente	0,85	0,85	1,00
Penetrabilidad	10,83	12,00	11,00
Infiltración	10,96	16,55	12,80
Capacidad de intercambio catiónico	41,50	37,80	26,80
Calcio (suelo)	11,95	8,65	8,50
Potasio (suelo)	2,15	1,31	1,93
Hierro (suelo)	358,33	243,00	314,00
Nitrógeno total (suelo)	0,01	0,01	0,00
Azufre disponible (suelo)	23,91	15,79	16,06
Temperatura	9,66	8,00	10,00

Para concluir y para que el productor entienda con facilidad esta investigación, se debe tener en cuenta que para obtener una mayor producción y calidad nutritiva del pasto kikuyo los suelos tienen que presentar unas condiciones químicas favorables, como es un contenido de materia orgánica de 16,80 %, una capacidad de intercambio catiónico alrededor de 41,50; de las condiciones físicas del suelo, una penetrabilidad de 10,83 KPa, una velocidad de infiltración cercana a 10,96 cm/h, por último, de las condiciones climáticas una temperatura que oscile alrededor de 9,66 °C.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- El pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) expresa su potencial productivo en pisos térmicos donde las condiciones climáticas como temperatura y luminosidad obtienen valores cercanos a 9.66 °C y 59.22 lux, correspondientemente.
- Los suelos sueltos, húmedos, pero bien drenados, ricos en materia orgánica, con presencia de cobertura vegetal y organismos biológicos como lombrices de tierra, ciempiés, milpiés y tijeretas poseen en su mayoría valores cercanos al 51.56% en capacidad de campo. Estas características favorecen la adaptación, crecimiento y desarrollo del pasto kikuyo, condición esta que se encontró en la vereda Santa Rosa municipio de Guachucal.
- Para obtener un buen rendimiento del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst), el suelo debe presentar una materia orgánica cercana o superior a 16.80%, un pH similar a 5.46, una capacidad de intercambio catiónico de 40.51%.
- Las condiciones físicas que mejoran la adaptabilidad del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst), según el estudio realizado deben encontrarse en un 10.83 KPa, además de una velocidad de infiltración cercana a 10.96 Cm/h.
- Los factores climáticos que mas favorecen el desarrollo y crecimiento del pasto kikuyo encontradas en los sitios de estudio se encuentra un promedio de temperatura de 9.66°C, una pluviosidad de 920 mm anuales.
- En la zona de Cualapud encontramos la mejor producción de materia seca, con un valor de 10.50 T/MS/Ha/C. que supera los estudios realizados en el medio que reportan una producción de 6.81 T/MS/Ha/C., lo que indica que existe un gran recurso alimentario para sistema de producción pecuario.
- Se obtuvo que el periodo de recuperación del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst), se halla entre los parámetros normales reportados para la zona; que van de los 40-65 días en verano e invierno respectivamente. Así es que se espera que en el año se obtengan entre 6 y 7 cortes.
- De acuerdo a la proteína cruda encontrada que es de 18.47% y una proteína verdadera de 11.92%, indican que para el pasto kikuyo (*Pennisetum*

clandestinum *Hoechst*), en condiciones de no intervención se encuentra en los parámetros reportados en la literatura.

7.2 RECOMENDACIONES

- Establecer praderas de pasto kikuyo (*Pennisetum Clandestinum* *Hoechst*) como medio de alimentación de especies de interés zootécnico, pues esta es una gramínea que se adapta fácilmente a las condiciones del trópico de altura; sirviendo como una base forrajera indispensable en la nutrición de los mismos. Además por ser una especie nativa adaptada a la región los costos por implementación y manejo son reducidos en relación a pasturas mejoradas.
- Para el manejo y producción del pasto kikuyo (*Pennisetum Clandestinum* *Hoechst*) en la cuenca lechera del departamento de Nariño, es recomendable que el agricultor acondicione los suelos a pH cercanos a 5.46 con el fin de mejorar la actividad biológica y disponibilidad de nutrientes al pasto.
- Tener suelos sueltos, con buen drenaje, buena aireación que favorece la extracción de nutrientes para el desarrollo óptimo de la planta, esto se lo puede hacer con labranzas mínimas como por ejemplo labores mecánicas con rastrillo o cincel.
- Establecer un sistema de pastoreo rotacional con el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* *Hoechst*), por su capacidad de recuperación. Además un buen manejo de esta gramínea asegura una constante disponibilidad de forraje y es más con valores nutritivos que suplen las necesidades del animal.
- Implementar este pasto como protector del suelo ante la erosión en zonas de ladera, debido a que forma un césped denso que impide el contacto directo contra el viento y la lluvia.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, J, Propiedades químicas de los suelos. Bogotá Colombia: INAC, 1994.
- CORREA, J. CARULLA, J. Y PABON, M. Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I. Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2002.
- AUBERT, G. *et tal.* La edafología: el suelo en el que vivimos. Barcelona: Ediciones Orbis, 1986.
- BAUTISTA, L. y RAMOS, J. Análisis de datos de encuestas y de tabulados. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 1988.
- BAVER, L.D. Física de suelos. México; Hispanoamericana, 1983.
- BELTRAN, R. y Benavidez, R. Determinación de los factores climáticos y edáficos que condicionan la producción y calidad nutritiva del pasto saboya (*Holcus lanatus*) en suelos no intervenidos de las veredas Cualapud, Arvela y Santa Rosa del municipio de Guachucal - Nariño, con altitudes entre 3050 – 3300 msnm. Pasto, Colombia. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia. 2009.
- BENAVIDES, S. Valor nutritivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst). Bogotá. 1986. Trabajo de grado (Magister Scientiae). Universidad Nacional. Programa de estudios para graduados de ciencias agrarias. ICA.
- BERNAL, J. Pastos y forrajes tropicales. Producción y manejo. Vicepresidencia de fomento agropecuario- Banco Ganadero. Bogotá. Colombia. 3ª edición. 1994.
- BERNAL, J. Pastos y forrajes tropicales, Bogotá, Colombia. 3ª edición. 1994.
- BURBANO, F y CADENA, W. Determinación de las características edafoclimáticas que garantizan la producción y calidad nutritiva del pasto brasilero (*Phalaris sp*), en condiciones de no intervención, en un rango de altitud comprendida entre 3050 – 3300 m.s.n.m. en el municipio de Guachucal, departamento de Nariño. 2009.
- BURGES, A. introducción a la microbiología del suelo. Zaragoza, Espana: Acribia. 1996.

CAIRO, P y QUINTERO, G. Suelos. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana, Cuba. 1997.

CASANOVA, E. Introducción a la Ciencia del Suelo. Caracas. Venezuela: Editorial, CDCH UCV. Enero de 2006.

CASTRO, D. Influencia del grado de disturbacion del suelo y efecto fisiológico de un herbicida de contacto en una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoehst). Pasto, Colombia, 1990, 107p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de ciencia Agrícolas. Programa de Agronomía.

CEPEDA, D. M. Química de suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2da edición. México, Editorial Trillas, 1991.

CHAMORRO, E. Correlación entre la población de lombriz de tierra y las características fisicoquímicas de tres suelos seleccionados de la sabana de Bogotá. Bogotá, Colombia, 1981, 187. p. Trabajo de grado (Magister Scientiae). Universidad Nacional. Programa de estudios para graduados en ciencias agrícolas. ICA.

CHARRY, J. Naturaleza y propiedades físicas de los suelos. Palmira – Colombia 1987. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

CORAL, D. Impacto de las prácticas agrícolas sobre la macrofauna del suelo en la cuenca alta del lago Guamuez. Pasto, Colombia. , 1998, p. 70. Palmira, Valle del Cauca, Trabajo de grado (M.Sc.), Universidad Nacional de Colombia.

DURAN, F. Volvamos al Campo: Manual de Cultivos Orgánicos y Alelopatía. Bogotá – Colombia: Grupo Latino Ltda, 2003.

ERASO, H. Estudio de la micro fauna del suelo bajo plantaciones de pino (*Pinus patula* Schlech. et Cham.) y eucaliptos (*Eucalytus globulus* Labill.) en un suelo del altiplano de Pasto - Nariño. Pasto, Colombia. 1999. Trabajo de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

ESCOBAR, E. y LOPEZ, A. Valoración nutritiva del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoehst) cultivado en un sistema de labranza mínima en el levante y engorde de cuyes (*Cavia porcellus*). Pasto, Colombia, 2001. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia.

ESTRADA, J, Pastos y forrajes para el trópico colombiano, Universidad de Caldas, Manizales. Editorial Universidad de Caldas, 2001.

FASSBENDER, W. y BORNEMISZA, E. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2ª ed. San José de Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1994.

FORSYTHE, W. *et al.* Propiedades físicas del suelo, derivados de cenizas volcánicas considerando algunos suelos de América Latina. Turrialba. Costa Rica. 1969. IICA.

GARCIA, B. Características químicas y la fertilidad de los suelos con énfasis en el departamento de Nariño. CORPOICA. Pasto, Obonuco, 2000.

GAVANDE, S Física de los suelos principios y aplicaciones. 1ª ed. México: editorial Limusa-Wiley, 1995.

GUERRERO, O. D. Asistente Laboratorio de Biología. HERBARIO, Universidad De Nariño. 05 de octubre de 1989 trayecto San Fernando, La Laguna.

GUERRERO, R. Diagnóstico químico de la fertilidad del suelo. Bogotá Colombia. Sociedad colombiana de ciencias del suelo. 1980.

HERRERA, P. Y AMEZQUITA, E. Efecto de la labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo [En línea]. 1989. Bogotá, Colombia. Trabajo de grado (Agrólogo). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Agrología. http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manualganaderia/seccion3/articulo6-s3.pdf. 2002.

LASCANO, C. y SPAIN, J. Establecimiento y Renovación de Pasturas. Cali: CIAT, 1997.

LEGARDA, L. Variabilidad de algunas propiedades físicas en suelos del Putumayo. Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Revista de investigaciones, 1(2):211. 1985.

LÓPEZ, J. Propiedades físicas de algunos suelos de Guachucal, Nariño, Colombia. Tesis de grado (Ingeniero Agrónomo), Universidad de Nariño. 1982.

MEDINA, L. Rendimiento, composición química y digestible *in vitro* del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoehst). 1980. P 2-5 (consulta vía internet. URL: <http://fao.org/2008/11/15>).

MILA, A, Suelos, pastos y forrajes, UNAD, Bogotá D.C. Edición UNISUR, 2006.

NAVARRETE, E. Respuesta del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) a la aplicación de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno. Bogotá 1996. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional. Facultad de Agronomía.

OSORIO, D. y ROLDAN, J. Volvamos al Campo. Cultivo de Pastos y Forrajes. Bogotá D.C: Grupo Latino Ltda, 2003.

PATRICK, J. C. Principales especies de clima frío [En línea]. Revista TGM: 2004 [citado 05/09/07]. <<http://www.plantaflor.com.ar/césped/nota5.htm>>.

PIÑEROS, citado por Moncayo Oscar y Acosta, Wilmer. Valor nutritivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) bajo dos sistemas de labranza y diferentes niveles de fertilización orgánica y/o mineral en zonas de ladera. Colombia, 2002. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.

PIRELA, M. Valor nutritivo de los pastos tropicales. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, disponible en Internet

RICAURTE; B. Pastos y forrajes. Tecnología agropecuaria No.6. Ministerio de Educación Nacional. Bogotá, Colombia. Editora Guadalupe Ltda. 1997.

RODRIGUEZ, M. Influencia de la reducción de operaciones de labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo, erosión y escorrentía. Bogotá. Colombia, 1984. 83p. Trabajo de grado (Magister Scientiae), Universidad Nacional. Programa de estudios para graduados en ciencias agrícolas. ICA.

RUSSELL. J. E. y RUSSELL, W. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. Aguilar S.A. de ediciones Madrid. (1959).

SALAMANCA, citado por Apraez, J. *et al.* Respuesta del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) a diferentes niveles de fertilización nitrogenada orgánica y/o mineral. En: Revista de ciencias agrícolas, Vol 16 No. 1 y 2. 1999. Universidad de Nariño.

SANTOS, A. Ciencia combinada Nuffield: Guía del profesor. Estados Unidos: Signal Books. 1975.

SIERRA, J. O. Zoot., M.Sc., Profesor asociado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia [En línea]. [citado 10-10-2009] /documentos/GRAM%CDNEAS%20Y%20leguminosas%20forrajeras.doc>.

SILVA, R y GAITAN, M. de Prácticas de Laboratorio de suelos. Corporación Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Bogotá, Colombia: Facultad de Ingenierías, Ingeniería.

SOTO, L. Digestibilidad y consumo voluntario del pasto () en ovinos bajo fertilización nitrogenada. Bogotá, 1979. Trabajo de grado (Magister Scientiae). Universidad Nacional. Programa de estudio para graduados en ciencias agrícolas.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO. Herbario, San Juan de Pasto. 05 de octubre de 1989 trayecto San Fernando, La Laguna.

VARGAS, E. Campabadal, C. y Palmer, L. Composición química y mineral de algunos forrajes de la provincia de Cartago y su relación con los requerimientos del ganado bovino [En línea]. 1980. [citado 09/10/2009]. Disponible en internet. http://www.mag.go.cr/rev_agr/v04n02_165.pdf. 09/10/2009.

VIDA Y RECURSOS naturales, Bogotá, Colombia: Terranova Editores, 1995.

VIVEROS, Miguel. Diagnóstico, fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 1980.

WALLACE, C.B. The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms. 3ra. Ed London, Curwen Press. 1961.

ZAMBRANO, D y León J. Determinación de factores edafoclimáticos que intervienen en la producción y calidad nutritiva del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) en condiciones de no intervención en el municipio de pasto, departamento de Nariño. 2009, 95 p. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia.

SEMPLÉ, A. T. Avances en pasturas cultivadas y naturales. Argentina. Hemisferio Sur. 1997.

APRÁEZ, E. y Moncayo, O. Caracterización agronómica y bromatológica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) sometida a rehabilitación mediante labranza y fertilización orgánica y/o mineral. [En línea]. 2000. [citado 09/10/2009]. Disponible en internet. <http://www.virtualcentre.org/es/enl/keynote14.htm>

ANEXOS

Anexo A. Datos de las variables productivas

LUGARES		VARIABLES PRODUCTIVAS						PROMEDIOS		
		P.REC. 1 (Días)	PX BIOMASA (kg/m ²)	P.REC. 2 (Días)	PX BIOMASA (kg/m ²)	P.REC. 3 (Días)	PX BIOMASA (kg/m ²)	PERIODO RECUPER ACIÓN (Días)	PX BIOMASA (Kg/m ²)	PX BIOMASA MS (ton/ha)
ARVELA	A1	56	5	54	5,2	54	5,10	54,67	5,10	9,17
	A2	60	4,9	55	5,4	56	5,00	57,00	5,10	8,60
	A3	50	4,6	50	4,9	54	4,90	51,33	4,80	11,33
	promedio								54,33	5,00
CUALAPUD	C1	54	4,7	51	5,2	49	5,40	51,33	5,10	13,58
	C2	57	4,8	52	4,4	51	4,30	53,33	4,50	7,24
	C3	45	4,3	49	4,9	46	4,90	46,67	4,70	10,69
	promedio								50,44	4,77
STA ROSA	SR1	58	5	47	4,8	48	5,20	51,00	5,00	8,93
	SR2	54	4,5	51	5,3	50	4,90	51,67	4,90	8,37
	SR3	52	5,2	49	5,4	47	5,60	49,33	5,40	9,57
	promedio								50,67	5,10
promedio general								51,81	4,96	9,72

Anexo B. Datos del análisis bromatológico, porcentaje en base seca

	ARVELA				CUALAPUD				SANTA ROSA				X PROMEDIO
	A1	A2	A3	X	C1	C2	C3	X	SR1	SR2	SR3	X	
MS %	17,99	16,88	23,60	19,49	26,63	16,09	22,75	21,82	17,87	17,08	17,73	17,56	19,62
CENIZA %	12,70	15,06	10,00	12,59	10,60	12,03	10,38	11,00	11,95	11,64	11,34	11,64	11,74
EE (%)	1,46	1,59	1,26	1,44	1,97	2,64	2,25	2,29	3,18	2,60	2,50	2,76	2,16
FC %	29,04	26,81	31,41	29,09	33,14	28,66	28,70	30,17	28,40	34,93	29,40	30,91	30,05
P. CRUDA %	17,24	19,96	14,28	17,16	12,73	21,27	18,10	17,37	16,65	23,11	22,87	20,88	18,47
ENN %	39,56	36,59	43,05	39,73	41,56	35,40	40,56	39,17	39,82	27,72	33,88	33,81	37,57
FDN %	64,03	62,84	67,65	64,84	67,80	58,66	60,95	62,47	65,20	61,29	61,77	62,75	63,35
FDA %	37,10	35,76	37,53	36,80	37,64	33,48	32,62	34,58	34,90	34,25	32,11	33,75	35,04
LIGNINA%	11,16	11,00	8,63	10,26	10,90	9,91	8,20	9,67	10,62	11,00	8,86	10,16	10,03
CELULOSA %	25,94	24,76	28,90	26,53	26,74	23,57	24,42	24,91	24,29	23,25	23,25	23,60	25,01
HEMICEL %	26,93	27,07	30,12	28,04	30,17	25,18	28,34	27,90	30,29	27,04	29,66	29,00	28,31
CALCIO %	0,40	0,22	0,27	0,30	0,30	0,27	0,26	0,28	0,26	0,29	0,26	0,27	0,28
FOSFORO %	0,24	0,31	0,24	0,26	0,23	0,36	0,34	0,31	0,38	0,38	0,36	0,37	0,32
MAGNESIO %	0,40	0,32	0,28	0,33	0,23	0,32	0,25	0,27	0,29	0,31	0,31	0,30	0,30
AZUFRE %	0,22	0,29	0,24	0,25	0,19	0,27	0,26	0,24	0,23	0,20	0,26	0,23	0,24
N. TOTAL %	2,76	3,19	2,28	2,74	2,04	3,40	2,90	2,78	2,66	3,70	3,66	3,34	2,95
PROT. VERD %	10,70	11,77	9,53	10,67	8,75	13,65	11,41	11,27	11,60	15,67	14,21	13,83	11,92
NDT %	55,60	55,25	56,28	55,65	55,08	58,41	58,76	57,35	57,90	57,22	59,05	57,85	56,95

Anexo C. Datos del análisis de suelos de los tres lugares estudiados

	ARVELA				CUALAPUD				SANTA ROSA				X TOTAL
	A1	A2	A3	X	C1	C2	C3	X	SR1	SR2	SR3	X	
<i>Ph</i>	5	5,8	6,1	5,63	5,6	5,3	5,2	5,37	5,9	5,3	5	5,40	5,47
<i>MAT. ORG. %</i>	20,6	8,8	14,1	14,50	14,9	15,2	17,9	16,00	15,9	15,9	19,3	17,03	15,84
<i>DA (g/cc)</i>	0,8	1	0,9	0,90	0,9	0,9	0,8	0,87	0,8	0,9	0,8	0,83	0,87
<i>Dens. Real g/cc</i>	2,27	2,56	2,39	2,41	2,31	2,21	2,17	2,23	2,38	2,38	2,19	2,32	2,32
<i>Capac. Campo %</i>	58,3	35,2	43	45,50	45	36,5	58,2	46,57	45,7	49,3	59,6	51,53	47,87
<i>Penetrabilidad (kgf/cm²)</i>	11	11	12	11,33	11	12	12	11,67	9	11	11	10,33	11,11
<i>Infiltración (cm/h)</i>	12	12,8	11	11,93	10,8	18,3	14,8	14,63	9,1	11,6	11,3	10,67	12,41
<i>Porosidad %</i>	64,76	60,94	62,35	62,68	61,1	59,3	63,14	61,18	66,39	62,19	63,48	64,02	62,63
<i>Fosforo (ppm)</i>	12,2	49,5	154,2	71,97	26,1	8	45,2	26,43	141	234	27,5	134,17	77,52
<i>CIC (meq/100 g)</i>	40,6	26,8	32,4	33,27	38,4	38	37,6	38,00	42	48,8	46,8	45,87	39,04
<i>Ca (meq/100 g)</i>	9,9	8,5	13,4	10,60	12,8	7,5	9,8	10,03	16,2	13,4	6	11,87	10,83
<i>Mg (meq/100 g)</i>	2,8	3,78	6,6	4,39	5,5	2,1	3,2	3,60	9,4	5,3	1	5,23	4,41
<i>K (meq/100g)</i>	1,07	1,93	1,9	1,63	2,24	1,04	1,59	1,62	2,56	3,03	2,1	2,56	1,94
<i>Al (meq/100g)</i>	*	*	*		*	*	*		*	*	*		0,00
<i>Fe (ppm)</i>	418	314	342	358,00	468	218	268	318,00	310	332	280	307,33	327,78
<i>Mn (ppm)</i>	0,4	6,8	7	4,73	1	1	4,4	2,13	5,6	15,8	1,6	7,67	4,84
<i>Cu (ppm)</i>	2,24	2,42	2	2,22	1,28	1,32	2,36	1,65	3,1	4,3	1,82	3,07	2,32
<i>Zinc (ppm)</i>	2,2	6,4	12,2	6,93	1,8	1,2	5,4	2,80	9,8	16	3,4	9,73	6,49
<i>Boro (ppm)</i>	0,25	0,26	0,52	0,34	0,58	0,23	0,69	0,50	0,43	0,65	0,56	0,55	0,46
<i>N total</i>	0,68	0,37	0,53	0,53	0,55	0,56	0,62	0,58	0,58	0,58	0,65	0,60	0,57
<i>C Organico</i>	11,95	5,13	8,17	8,42	8,62	8,83	10,4	9,28	9,25	9,25	11,22	9,91	9,20
<i>S disp. (ppm)</i>	12,88	16,06	35,65	21,53	16,06	6,35	25,24	15,88	15,88	40,94	22,06	26,29	21,24

Anexo D. Análisis de correspondencia múltiple (ACM). Histograma de frecuencias para variables categorizadas

Perfiles de fila

TEXTURA	INDIVIDUOS												Margen activo
	COLEOPTERA	DIPTERA	GASTROPODA	HEMIPTERA	LEPIDOPTERA	HYMINOPTERA	COLLEMBOLA	OLIGOCHAETA	ARTHROPODA	ARACNIDA	SOPODA	HIRUDINEA	
FRANCO-ARENOSO	,133	,222	,111	,111	,044	,000	,000	,200	,022	,111	,022	,022	1,000
ARENOSO-FRANCO	,179	,286	,000	,143	,107	,071	,036	,143	,036	,000	,000	,000	1,000
Masa	,151	,247	,068	,123	,068	,027	,014	,178	,027	,068	,014	,014	

Perfiles de columna

TEXTURA	INDIVIDUOS												Masa
	COLEOPTERA	DIPTERA	GASTROPODA	HEMIPTERA	LEPIDOPTERA	HYMINOPTERA	COLLEMBOLA	OLIGOCHAETA	ARTHROPODA	ARACNIDA	SOPODA	HIRUDINEA	
FRANCO-ARENOSO	,545	,556	1,000	,556	,400	,000	,000	,692	,500	1,000	1,000	1,000	,616
ARENOSO-FRANCO	,455	,444	,000	,444	,600	1,000	1,000	,308	,500	,000	,000	,000	,384
Margen activo	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

Anexo E. Datos recolectados de las condiciones climáticas de las tres veredas

LUGARES		FACTORES CLIMATICOS					X luminosidad	PRESIPITAC ION
		ALTURA (msnm)	LUMINOSID AD X MAX (klux)	LUMINOSID AD X MIN (klux)	TEMPERATU RA (°C)	H. RELATIVA %		
ARVELA	1	3150	115,75	44,35	10	86,28	80,05	923,23
	2	3150	117,9	40,2	10	86,28	79,05	923,23
	3	3150	116,95	36,15	10	86,28	76,55	923,23
	X	3150,00	116,87	40,23	10,00	86,28	78,55	923,23
CUALAPUD	1	3200	119,5	21,4	8	86,28	70,45	923,23
	2	3200	108,55	18,8	8	86,28	63,675	923,23
	3	3200	97,7	22,2	8	86,28	59,95	923,23
	X	3200,00	108,58	20,80	8,00	86,28	64,69	923,23
STA ROSA	1	3100	112,65	37,5	10	86,28	75,075	923,23
	2	3100	109,2	39,5	10	86,28	74,35	923,23
	3	3100	108,15	36,45	10	86,28	72,3	923,23
	X	3100,00	110,00	37,82	10,00	86,28	73,91	923,23

Anexo F. Coeficientes de variación para las variables productivas

ANALISIS	Media	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
Periodo de recuperación (días)	51,81	2,98	5,75
Prod de Biomomasa	4,96	0,27	5,35

Anexo G. Coeficientes de variación para las variables Edáficas

VARIABLE	MEDIA	DESV EST.	COEF VAR
pH	5,47	0,4	7,32
MATERIA O	0,16	0,03	21,49
DENSIDAD	0,87	0,07	8,16
DENSIDAD	2,32	0,12	5,37
CAPACIDAD	0,48	0,09	19,28
PENETRAB	11,11	0,93	8,35
INFILTRACI	12,41	2,7	21,72
POROSIDA	0,63	0,02	3,4
C I C.	39,04	6,75	17,28
FÓSFORO	77,52	79,43	102,46
CALCIO	10,83	3,31	30,56
MAGNESIO	4,41	2,58	58,43
POTASIO	1,94	0,65	33,5
ALUMINIO			
HIERRO	327,78	76,19	23,24
MANGANES	4,84	4,86	100,36
COBRE	2,32	0,93	40,34
ZINC	6,49	5,16	79,54
BORO	0,46	0,18	38,52
N Total	0,01	0	15,63
CARBONO	0,09	0,02	21,46
AZUFRE dis	21,24	11,1	52,29

Anexo H. Coeficientes de variación para las variables Bromatológicas

VARIABLE	MEDIA	DESV EST.	COEF VAR.
MAT SECA	972,27	189,02	19,44
CENIZA	582,87	88,64	15,21
EXTRACTO	107,56	34,44	32,02
FIBRA CRU	1489,33	149,6	10,04
PROTEÍNA	915,51	192,86	21,07
ESTR. NO I	1860,86	244,46	13,14
F D N	3142,06	257,36	8,19
F D A	1737,1	144,59	8,32
LIGNINA	497,79	68,87	13,83
CELULOSA	1239,36	109,6	8,84
HEMICELUL	1404,96	140,29	9,99
CALCIO	13,94	2,72	19,49
FÓSFORO	15,62	3,14	20,11
MAGNESIO	14,94	2,7	18,06
AZUFRE	11,88	1,7	14,32
NITRÓGEN	146,46	30,88	21,08
PROTEINA	590,59	115,62	19,58
NDT	3,26	0,18	5,46

Anexo I. Coeficientes de variación para las variables Climáticas

VARIABLE	MEDIA	DESV EST.	COEF. VAR.
ALTITUD	3150	43,3	1,37
LUMINOSID	72,38	6,76	9,34
TEMPERAT	9,33	1	10,71
H. RELATIV	0,86	0	0
PRECIPITA	923,23	0	0

Anexo J. Peso de los 6 componentes principales que arrojó el ACP

	Prin1	Prin2	Prin3	Prin4	Prin5	Prin6
PR	0.375121	0.023196	-.112995	0.082699	0.249253	-.169114
BIO	0.137162	0.329432	0.009185	0.049873	-.267690	0.247915
MS	-.208477	0.067911	-.357393	0.002425	-.188259	0.167128
CEN	0.406827	0.131811	0.042411	0.044593	-.074493	-.041190
EE	-.083348	0.110361	0.335341	-.104821	-.367843	-.290050
ENN	-.044700	0.082026	-.342040	0.202795	-.399467	0.084902
LIG	0.234707	0.307729	-.079270	0.030676	0.137248	-.284640
CaB	-.047619	0.271096	-.051150	0.396233	0.250114	0.038136
MqB	0.246688	0.194281	0.161884	0.294082	0.169126	0.146507
SB	0.276249	-.143811	0.146020	0.034814	-.392119	0.271906
ProtVer	0.097489	0.088581	0.434696	-.140400	0.099537	0.100461
MO	-.247407	0.164916	0.197295	0.342075	0.030370	0.098567
DA	0.262449	-.158213	-.195046	-.246305	0.218409	-.036475
Penetr	-.071121	-.331836	-.045444	0.124896	0.235012	0.365717
Infiltr	0.023935	-.381005	0.144776	0.166259	0.153300	-.152910
CIC	-.208192	0.234662	0.319641	-.003698	0.133851	-.066389
CaS	-.158494	0.196007	-.211382	-.268130	0.108187	-.235150
KS	-.049711	0.238066	0.020950	-.468666	0.007864	-.001936
FeS	-.026674	0.270758	-.343726	0.118681	0.138794	-.004304
NTS	-.390091	0.081511	0.105946	0.127139	0.103782	-.064127
SDisp	-.145156	0.072516	0.001018	-.341549	0.256085	0.497781
TEMP	0.194725	0.269624	0.078275	-.108780	0.063450	0.348152

Anexo K. Pesos de las variables del clúster 1

Variable	N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
PR	6	51.5550000	1.7364533	49.3300000	54.6700000
BID	6	5.0500000	0.2073644	4.8000000	5.4000000
MS	6	1016.04	195.4005622	836.9200000	1358.13
CEN	6	574.7533333	59.0200544	480.0000000	647.7000000
EE	6	110.4016667	41.4925894	60.4800000	159.0000000
ENN	6	1897.05	281.5573828	1358.28	2119.56
LIG	6	514.6233333	58.1832889	414.2400000	569.1600000
CaB	6	14.9850000	2.7912703	12.9600000	20.4000000
MqB	6	15.3333333	2.9977836	11.7300000	20.4000000
SB	6	11.2950000	1.5776153	9.6900000	14.0400000
ProtVer	6	594.0933333	143.7158017	446.2500000	767.8300000
MO	6	0.1683333	0.0263944	0.1400000	0.2100000
DA	6	0.8500000	0.0547723	0.8000000	0.9000000
Penetr	6	10.8333333	0.9831921	9.0000000	12.0000000
Infiltr	6	10.9666667	1.0092902	9.1000000	12.0000000
CIC	6	41.5000000	5.9137129	32.4000000	48.8000000
CaS	6	11.9500000	3.5382199	6.0000000	16.2000000
KS	6	2.1500000	0.6606058	1.0700000	3.0300000
FeS	6	358.3333333	70.7380143	280.0000000	468.0000000
NTS	6	0.0100000	0	0.0100000	0.0100000
SDisp	6	23.9116667	11.6536285	12.8800000	40.9400000
TEMP	6	9.6666667	0.8164966	8.0000000	10.0000000

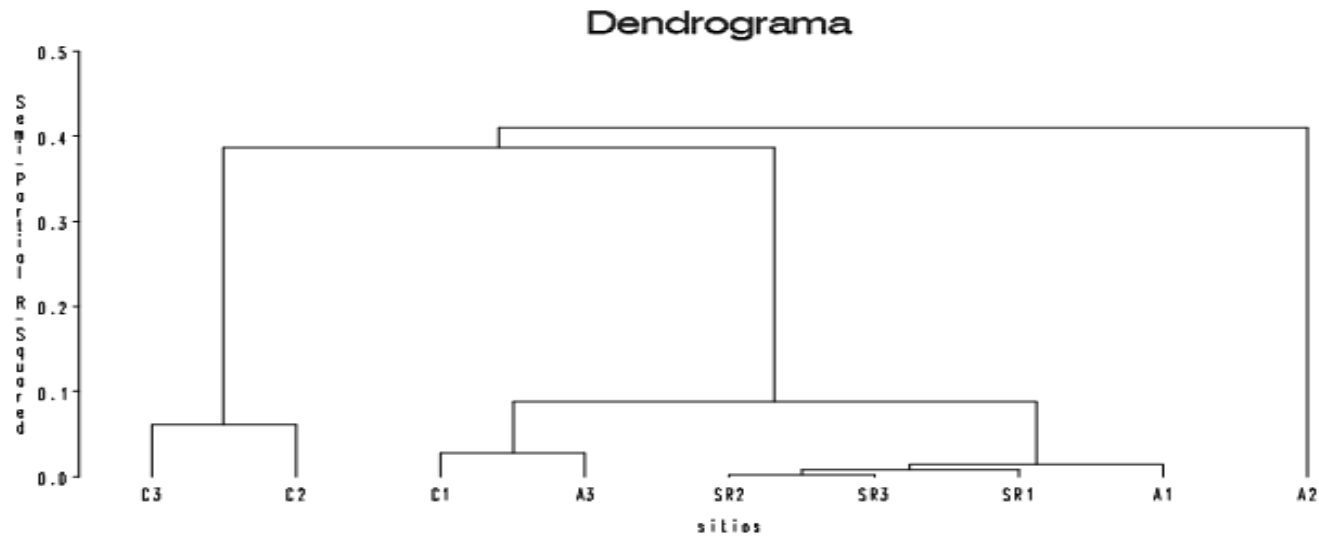
Anexo L. Pesos de las variables del clúster 2

VARIABLE	N	MEAN	STD DEV	MINIMUM	MAXIMUM
PR	6	51.5550000	1.7364533	49.3300000	54.6700000
BID	6	5.0500000	0.2073644	4.8000000	5.4000000
MS	6	1016.04	195.4005622	836.9200000	1358.13
CEN	6	574.7533333	59.0200544	480.0000000	647.7000000
EE	6	110.4016667	41.4925894	60.4800000	159.0000000
ENN	6	1897.05	281.5573828	1358.28	2119.56
LIG	6	514.6233333	58.1832889	414.2400000	569.1600000
CaB	6	14.9850000	2.7912703	12.9600000	20.4000000
MqB	6	15.3333333	2.9977836	11.7300000	20.4000000
SB	6	11.2950000	1.5776153	9.6900000	14.0400000
ProtVer	6	594.0933333	143.7158017	446.2500000	767.8300000
MO	6	0.1683333	0.0263944	0.1400000	0.2100000
DA	6	0.8500000	0.0547723	0.8000000	0.9000000
Penetr	6	10.8333333	0.9831921	9.0000000	12.0000000
Infiltr	6	10.9666667	1.0092902	9.1000000	12.0000000
CIC	6	41.5000000	5.9137129	32.4000000	48.8000000
CaS	6	11.9500000	3.5382199	6.0000000	16.2000000
KS	6	2.1500000	0.6606058	1.0700000	3.0300000
FeS	6	358.3333333	70.7380143	280.0000000	468.0000000
NTS	6	0.0100000	0	0.0100000	0.0100000
SDisp	6	23.9116667	11.6536285	12.8800000	40.9400000
TEMP	6	9.6666667	0.8164966	8.0000000	10.0000000

Anexo M. Pesos de las variables del clúster 3

Variable	N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
PR	1	57.0000000	.	57.0000000	57.0000000
BID	1	5.1000000	.	5.1000000	5.1000000
MS	1	860.8800000	.	860.8800000	860.8800000
CEN	1	768.0600000	.	768.0600000	768.0600000
EE	1	81.0900000	.	81.0900000	81.0900000
ENN	1	1866.09	.	1866.09	1866.09
LIG	1	561.0000000	.	561.0000000	561.0000000
CaB	1	11.2200000	.	11.2200000	11.2200000
MqB	1	16.3200000	.	16.3200000	16.3200000
SB	1	14.7900000	.	14.7900000	14.7900000
ProtVer	1	600.2700000	.	600.2700000	600.2700000
MO	1	0.0900000	.	0.0900000	0.0900000
DA	1	1.0000000	.	1.0000000	1.0000000
Penetr	1	11.0000000	.	11.0000000	11.0000000
Infiltr	1	12.8000000	.	12.8000000	12.8000000
CIC	1	26.8000000	.	26.8000000	26.8000000
CaS	1	8.5000000	.	8.5000000	8.5000000
KS	1	1.9300000	.	1.9300000	1.9300000
FeS	1	314.0000000	.	314.0000000	314.0000000
NTS	1	0	.	0	0
SDisp	1	16.0600000	.	16.0600000	16.0600000
TEMP	1	10.0000000	.	10.0000000	10.0000000

Anexo N. Conformación de grupos basados en un análisis jerárquico de las variables cuantitativas de los factores edafoclimáticos que afectan el pasto kikuyo (Dendrograma)



A Arvela
C Cualapud
SR Santa Rosa

El análisis de dendrograma permite concluir que las localidades C3 y C2 se encuentran poco distantes con relación a las localidades C1 y A3, las cuales, a su vez, se encuentran cercanas con las localidades de SR1, SR2, SR3 y A1; mientras que la localidad A2 se encuentra altamente distante en relación a las localidades C3 y C2, tal como se observa en el presente anexo.

Anexo O. Análisis de correspondencia múltiple (ACM). Histograma de frecuencias para variables categorizadas

Examen de los puntos de fila(a)

		Puntuación En la dimensión	Inercia	Contribución		
				De los puntos a la inercia de la dimensión	De la dimensión a la inercia del punto	
		1		1	Total	
TEXTURA	Masa	1	Inercia	1	1	Total
FRANCO-ARENOSO	,616	-,525	,075	,384	1,000	1,000
ARENOSO-FRANCO	,384	,844	,121	,616	1,000	1,000
Total activo	1,000		,197	1,000		

a. Normalización Simétrica

Examen de los puntos columna(a)

		Puntuación en la dimensión	Inercia	Contribución		
				De los puntos a la inercia de la dimensión	De la dimensión a la inercia del punto	
		1		1	Total	
INDIVIDUOS	Masa	1	Inercia	1	1	Total
COLEOPTERA	,151	,219	,003	,016	1,000	1,000
DIPTERA	,247	,188	,004	,020	1,000	1,000
GASTEROPODA	,068	-1,184	,043	,217	1,000	1,000
HEMIPTERA	,123	,188	,002	,010	1,000	1,000
LEPIDOPTERA	,068	,668	,014	,069	1,000	1,000
HYMINOPTERA	,027	1,903	,044	,224	1,000	1,000
COLLEMBOLA	,014	1,903	,022	,112	1,000	1,000
OLIGOCHAETA	,178	-,234	,004	,022	1,000	1,000
ORTHOPTERA	,027	,360	,002	,008	1,000	1,000
ARACNIDA	,068	-1,184	,043	,217	1,000	1,000
ISOPODA	,014	-1,184	,009	,043	1,000	1,000
HIRUDINEA	,014	-1,184	,009	,043	1,000	1,000
Total activo	1,000		,197	1,000		

a. Normalización Simétrica

Anexo P. Peso de las variables analizadas en el ACM

Confianza para Puntos de fila

	Desviación típica en la dimensión
TEXTURA	1
FRANCO-ARENOSO	,079
ARENOSO-FRANCO	,108

Confianza para Puntos de columna

	Desviación típica en la dimensión
INDIVIDUOS	1
COLEOPTERA	,082
DIPTERA	,081
GASTEROPODA	,107
HEMIPTERA	,081
LEPIDOPTERA	,097
HYMINOPTERA	,165
COLLEMBOLA	,165
OLIGOCHAETA	,077
ORTHOPTERA	,085
ARACNIDA	,107
ISOPODA	,107
HIRUDINEA	,107