

**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 PASTO, DEPARTAMENTO DE
NARIÑO.**

**JOHANNA MARCELA LEÓN SANTACRUZ
DIANA BRIGITTE ZAMBRANO ROSERO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
PASTO-COLOMBIA
2008**

**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.**

**JOHANNA MARCELA LEÓN SANTACRUZ
DIANA BRIGITTE ZAMBRANO ROSERO**

**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
2008**

“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

HERNÁN BURBANO ORJUELA. I.A., M.Sc.
Jurado

San Juan de Pasto, Octubre de 2008

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de conocer este mundo, por haberme dado una familia maravillosa, por ser mi guía, mi fuerza y mi refugio, por haberme permitido llegar hasta este punto y además por su infinita bondad y amor.

A mi madre por su apoyo en todo momento, por estar siempre pendiente de mí, y por dedicar su vida a mi cuidado. Atribuyo todos mis éxitos a la enseñanza moral, física e intelectual que de ella recibí. Gracias mamá por que tú fuerza y amor me dieron alas para volar. Me diste la vida sin nada a cambio, hoy quisiera darte el fruto de tu trabajo.

A mi padre por su constancia y su esfuerzo, gracias por creer en mí y por el valor demostrado para salir adelante.

A mis sobrinos por iluminar mi vida, por darme la felicidad necesaria para motivarme a cumplir mis sueños. Además, porque sin ellos éste y muchos otros triunfos no serían posibles.

A mi tía por sus consejos, sus valores y la motivación constante que me han permitido ser una mejor persona.

A FERNANDO, por su amor, por la fuerza que cada día me da y por permitirme ser parte de su corazón.

Finalmente, a todas las personas que colaboraron de una o de otra forma en la realización de este trabajo.

JOHANA MARCELA LEÓN SANTACRUZ

DEDICATORIA

A Dios por ser mi mejor amigo, mi fortaleza, mi guía y por darme todo lo que tengo y no dejarme desfallecer nunca.

A mis padres por ser los mejores, por enseñarme el amor a la vida y por estar conmigo incondicionalmente, gracias porque sin ellos y sus enseñanzas no estaría aquí, ni sería quien soy ahora.

A mi pequeña hija TATIANA CAROLINA por ser mi compañera incansable y fiel en el transcurso de este camino hacia el triunfo que marcará nuestras vidas. La amo.

A mi hermana PAOLA MARCELA por todo el ánimo y apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida.

A OSCAR, por brindarme su amor, por ser parte de mi vida y por acompañarme en este camino que hoy culmina, en unión de nuestra hija. Gracias.

A mis abuelitos que, aunque no estén conmigo, sé que estarían orgullosos de mí.

A mis tíos y amigos, gracias por la colaboración que me brindaron, la cual, de alguna o de otra forma, hizo posible este éxito.

Gracias por ayudarme a lograrlo.

“TODO LO PUEDO EN CRISTO QUE ME FORTALECE”.

DIANA BRIGEETTE ZAMBRANO ROSERO

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

EDMUNDO APRAÉZ GUERRERO	Zoot., M.Sc., Ph.D.
ARTURO GÁLVEZ CERÓN	Zoot., M.Sc.
HERNÁN BURBANO ORJUELA	I.A., M.Sc.
HERNÁN OJEDA JURADO	Zoot., Esp.
EFREN INSUASTY SANTACRUZ	Zoot.
OSCAR EDUARDO CHECA CORAL	I.A., M.Sc., Ph.D.
MARCO ANTONIO IMUÉZ FIGUEROA	Zoot.
SANDRA ESPINOZA NARVÁEZ	Ing. Acuícola
LUIS ALFONSO SOLARTE PORTILLA	Zoot.

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

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron al logro de este trabajo

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.	22
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	23
3. OBJETIVOS.	24
3.1. OBJETIVO GENERAL.	24
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	24
4. MARCO TEÓRICO.	25
4.1. GENERALIDADES SOBRE EL PASTO KIKUYO (<i>Pennisetum clandestinum</i> H.).	25
4.1.1. Origen del pasto Kikuyo.	25
4.1.2. Adaptación del pasto Kikuyo.	26
4.1.3. Valor nutritivo del pasto Kikuyo.	27
4.1.4. Producción del pasto Kikuyo.	28
4.2. FACTORES CLIMÁTICOS.	28
4.2.1 Temperatura.	29
4.2.2. Luminosidad.	29
4.2.3. Precipitación pluvial.	30
4.2.4. Humedad relativa.	30

4.3. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.	31
4.3.1. Densidad.	31
4.3.2. Porosidad.	32
4.3.3. Textura del suelo.	32
4.3.4. Capacidad de campo e Infiltración.	33
4.4. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO.	33
4.4.1. Materia orgánica del suelo.	33
4.4.2. pH del suelo.	35
4.4.3. Capacidad de intercambio catiónico.	36
4.4.4. NUTRIENTES.	36
4.4.4.1. Calcio (Ca) y Magnesio (Mg).	36
4.4.4.2. Fósforo (P).	37
4.4.4.3. Azufre (S).	37
4.5. FACTORES BIOLÓGICOS DEL SUELO.	38
4.6. ESTUDIO DE SUELOS DE ALTIPLANICIE EN CLIMA FRÍO SECO.	39
4.6.1. Grupo indiferenciado Typic Haplustepts Typic Ustorthents, misceláneo de cenizas y Vitrandic Dystrustepts, escarpados, erosionados.	39
5. DISEÑO METODOLÓGICO.	41
5.1. LOCALIZACIÓN.	41
5.2. MATERIALES Y EQUIPOS	41
5.3. EVALUACIONES GENERALES.	42

5.3.1. Variables climáticas.	42
5.3.2. Variables edáficas.	42
5.3.2.1. Químicas.	42
5.3.2.1. Físicas.	43
5.3.3. Variables biológicas.	44
5.3.4. Variables bromatológicas.	44
5.4. ANALISIS ESTADÍSTICO.	45
6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	47
6.1. VARIABLES PRODUCTIVAS.	47
6.2. VARIABLES BROMATOLOGICAS	49
6.3. VARIABLES EDÁFICAS.	51
6.3.1. Química de suelos.	51
6.3.2. Física de los suelos.	51
6.4. FAUNA DEL SUELO	53
6.5. TEXTURA vs FAUNA DEL SUELO	58
6.6. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES Y DEL VECINO MÁS CERCANO.	61
6.7. PLAN DE MANEJO DEL PASTO KIKUYO EN LA ZONA DEL ALTIPLANO DE PASTO EN UNA RANGO DE ALTURA DE 2400 – 2799 msnm.	74
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	84

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Características óptimas en las que se desarrolla el pasto kikuyo (2400 – 2799 msnm).	17
Tabla 2. Datos de las variables productivas.	48
Tabla 3. Datos del análisis bromatológico porcentaje en base seca.	50
Tabla 4. Datos del análisis de suelos de los tres lugares estudiados.	52
Tabla 5. Densidad de organismos N ^o /m ² de suelo.	54
Tabla 6. Medidas de tendencia central y de dispersión.	57
Tabla 7. Análisis de correspondencia múltiple (ACM). Histograma de frecuencias para variables categorizadas.	60
Tabla 8. Histograma de los valores propios, que explican la variabilidad (%) de la colección (variables cuantitativas).	61
Tabla 9. Peso de los tres primeros componentes principales.	62
Tabla 10. Pesos de las variables del los tres clúster.	68

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Participación relativa (%) de los organismos del suelo con base en la densidad (N°/m^2) en la zona de Pasto (riberas del río Pasto).	54
Figura 2. Participación relativa (%) de los organismos del suelo con base en la densidad (N°/m^2) en la zona de San Fernando.	55
Figura 3. Participación relativa (%) de los organismos del suelo con base en la densidad (N°/m^2) en la zona Genoy.	56
Figura 4. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del primer factor que corresponde a una baja producción de biomasa seca.	63
Figura 5. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del segundo factor que corresponde a la producción de biomasa en forraje verde.	66
Figura 6. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del tercer factor que corresponde al periodo de recuperación.	70

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Datos del análisis bromatológico del pasto kikuyo en los tres lugares.	85
Anexo B. Datos recolectados de las condiciones climáticas de los tres lugares.	86
Anexo C. Coeficientes de correlación y p-valor de las variables cuantitativas evaluadas.	87
Anexo D. Coeficientes de correlación y p-valor de las variables cuantitativas evaluadas en el ACP.	91
Anexo E. Medidas de tendencia central y promedios de los lugares en total, de cada lugar y clúster.	92
Anexo F. Peso de los 7 componentes principales que arrojó el ACP.	93
Anexo G. Pesos de las variables del clúster 1.	94
Anexo H. Pesos de las variables del clúster 2.	95
Anexo I. Pesos de las variables del clúster 3.	96
Anexo J. Conformación de grupos basados en un análisis jerárquico de las variables cuantitativas de los factores edafoclimáticos que afectan el pasto kikuyo (Dendrograma).	97
Anexo K. Análisis de correspondencia múltiple (ACM). Histograma de frecuencias para variables categorizadas.	98
Anexo L. Peso de las variables analizadas en el ACM.	99

GLOSARIO

BROMATOLOGÍA: es el análisis de las propiedades químicas de un alimento llevadas a cabo en un laboratorio.

ANÁLISIS PROXIMAL: combinación de procedimientos analíticos que se utilizan para cuantificar el contenido de proteínas, lípidos, materia seca, cenizas y glúcidos de los alimentos, tejidos animales o excretas.

CELULOSA: polímero de glucosa que se encuentra en un enlace resistente a la hidrólisis producida por las enzimas digestivas.

MATERIA SECA: resultado de restar la humedad del material analizado (alimento) y que generalmente se da en términos de porcentaje.

ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD: indicador que combina los factores agronómicos y bromatológicos de un forraje.

BIOMASA: masa total de los componentes biológicos de un ecosistema.

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

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

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO: es la capacidad que tiene el suelo de retener e intercambiar cationes. La fuerza de la carga positiva varía dependiendo del catión, permitiendo que un catión reemplace a otro en una partícula de suelo cargada negativamente.

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN: la resistencia de un suelo a la penetración de un instrumento de sondeo es índice integrado de la compactación del suelo, contenido de humedad, textura y tipo de mineral de arcilla. Es un índice de la resistencia del suelo en las condiciones de la medición.

INFILTRACIÓN: proceso por el cual el agua penetra en el suelo.

RESUMEN

Con el fin de intervenir directamente en la productividad de los animales que consumen el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), se propuso determinar los factores edafoclimáticos que influyen en la producción y calidad nutritiva del pasto, en condiciones de no intervención, en el municipio de Pasto (Nariño), con un rango de altura de 2400 – 2799 msnm, para obtener finalmente las condiciones propicias en las que se desarrolla de manera óptima.

Para la realización del proyecto, se ubicaron 3 localidades, en cada una se estudiaron 3 sitios (muestras) del pasto en buen estado, ubicados en: Pasto (riberas del río Pasto), Genoy y San Fernando.

Se evaluó el periodo de recuperación con un corte del pasto, la calidad se constató por medio de un análisis bromatológico, y para los factores edafoclimáticos se recurrió a pruebas de laboratorio y campo, las variables evaluadas fueron:

- Climáticas: temperatura, luminosidad, precipitación, humedad relativa, altitud.
- Químicas del suelo: materia orgánica, pH, fósforo disponible, potasio de cambio, Mg, Ca, S, B.
- Físicas del suelo: textura, penetrabilidad, capacidad de campo, infiltración, densidad aparente, densidad real, porosidad.
- Biológicas del suelo: mesofauna y macrofauna.
- Bromatológicas: materia seca, nitrógeno total, proteína cruda, FDN, FDA, hemicelulosa, celulosa, lignina, minerales: Ca, P, Mg, S.

Los datos cuantitativos obtenidos se sometieron a un análisis multivariado de componentes principales (ACP), y los cualitativos a un análisis de correspondencias múltiples (ACM). El ACP permitió expresar el 70% de toda la variabilidad de las variables cuantitativas en tres componentes; en el primer componente se destacaron aquellas variables relacionadas con las propiedades químicas, microelementos y parte de las condiciones climáticas, el segundo componente por propiedades físicas, macroelementos y el tercer componente por condiciones climáticas.

Se recolectó un total de 9 sitios o réplicas, las cuales se agruparon en 3 clústers, sobresaliendo el segundo grupo con respecto al periodo de recuperación, siendo las más representativas las propiedades físicas del suelo y materia orgánica; el tercer clúster se identificó por menor producción de biomasa, afectada por propiedades químicas y microelementos.

En cuanto al ACM, se obtuvo que las oligochaetas (lombrices de tierra) son parte fundamental en la condición del suelo, lo que repercute en la producción del pasto, además se obtuvo que, para efectos de un mejor crecimiento del pasto, se considera que el suelo franco es el más adecuado.

En conclusión, lo que afecta a la producción de biomasa son las condiciones climáticas, pH, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico, teniendo los dos últimos una influencia inversa; para el periodo de recuperación, se percibió además que era afectado por las propiedades físicas, como también por el nitrógeno total y carbono orgánico. Se estableció rangos de condiciones donde el kikuyo se desarrolla de una manera óptima:

A manera de facilitar el conocimiento y para que el productor pueda colocar en práctica, se establecieron los siguientes rangos, indicados en la siguiente tabla:

Tabla 1. Características óptimas en las que se desarrolla el pasto kikuyo (2400 – 2799 msnm).

	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
PROPIEDADES FÍSICAS		
INFILTRACIÓN (cm/h)	3,0	5,0
PENETRABILIDAD (MPa/cm ²)	1,5	2,0
POROSIDAD (%)	60	65
CAPACIDAD DE CAMPO (%)	35	40
DENSIDAD REAL (g/cc)	2,6	2,6
DENSIDAD APARENTE (g/cc)	0,95	1,05
PROPIEDADES QUÍMICAS		
pH	6,5	7,0
CONDICIONES CLIMÁTICAS		
HUMEDAD RELATIVA (%)	85,0	90,0
TEMPERATURA (°C)	15,0	17,0
LUMINOSIDAD (lux)	18,0	20,0

ABSTRACT

With the purpose of intervening directly in the productivity of the animals that they consume the kikuyo grass (*Pennisetum clandestinum* H.), it intended to determine edafoclimatic factors, that influence in the production and nutritious quality of the grass under non intervention conditions, in the municipality of Pasto (Nariño), with a range of height of 2400-2799, to try obtain the favorable conditions, that it is developed in a way good.

For the realization of the proyect, three towns were located in each three places were located (proofs) of the grass in good state, they are: Pasto (banks of river Pasto), Genoy and San Fernando.

The period of recovery was evaluated with a cut of the grass, the cuality was realized for a bromatological analysis and edafoclimtics factor, it was appealed to laboratory tests and field, the evaluated variables were:

- Climatic: Temperature, shining, precipitation, relative humidity, altitude.
- Chemical of the ground: Organic matter, pH, available phosphorus, potassium of change, Mg, Ca, S, B.
- Physical of the ground: texture, penetrability, field capacity, infiltration, bulk density, particle density, porosity.
- Biological of the ground: mesofauna and macrofauna.
- Bromatological: dry matter, total nitrogen, raw protein, FDN, FDA, hemicellulose, cellulose, lignin, minerals: Ca, Mg, P and S.

The obtained quantitative data underwent an analysis multivariado of main components (ACP), and the qualitative ones to an analysis of multiple correspondences (ACM). The ACP allowed ton express 70 % of all the variability of the quantitative variables in three components, in the first component they stood out those variables related with the chemical properties, microelements and it leaves of the climatic conditions, the second component fro physical properties and the third component for climatic conditions.

It harvest a total of nine places or replies, which grouped in the three clusters, standing out the second group with regard to the period of recovery, being those but representative the physical properties of the ground and organic matter. The third cluster identifies for smaller production of biomass, affected by chemical properties and microelemnts.

As for the ACM, it obtained that the oligochaetas (earth worms) they are fundamental part in the development of the ground this rebounds after all, in the production of the grass, it was also obtained that it stops effects of a better growth of the grass, it is considered that the frank ground is of bigger use of the plant achieving that it captures more nutriments what bears to obtain a bigger yield.

In conclusion what effects to the production of biomass is the climatic conditions, pH, organic matter, cation exchange capacity, having these two last an inverse influence: for the period of recovery it was also perceived that it was affected by values of the physical properties, as well as the total nitrogen and organic carbon. It settled down ranges of conditions where the kikuyu is developed in a good way.

A way to facilitate knowledge and for which the producer can put into practice, established the following ranges, shown in the following table.

Table 1. Optimal characteristics in which the kikuyu grass (2400 – 2799 msnm)

	<i>Mínimum</i>	<i>Máximum</i>
PHYSICAL PROPERTIES		
INFILTRATION (cm/h)	3	5
PENETRABILITY (MPa/cm ²)	15	20
POROSITY (%)	60	65
FIELD CAPACITY (%)	35	40
PARTICLE DENSITY (g/cc)	2,6	2,6
BULK DENSITY (g/cc)	0,95	1,05
CHEMICAL PROPERTIES		
pH	6,5	7
CLIMATIC CONDITON		
RELATIVE HUMIDITY (%)	85	90
TEMPERATURE (°C)	15	17
SHINING (lux)	18	20

INTRODUCCIÓN

La alimentación de los animales domésticos necesita reorientarse con base en recursos locales adaptados a las condiciones ambientales donde se desarrolla la actividad zootécnica; factor que constituye un pilar fundamental de la producción pecuaria, que ha estado enmarcada en un modelo tecnológico foráneo, con prácticas propias de zona templada que difieren mucho a las condiciones tropicales de la región y que implican costos adicionales de siembra, resiembra y mantenimiento¹.

Por tal razón, es necesario cambiar el paradigma impuesto por tecnologías foráneas que incluye la utilización excesiva de agroquímicos y uso intensivo de maquinaria, que causa la dependencia de insumos externos costosos y que deteriora el suelo. En este punto, es conveniente iniciar una investigación científica que permita reevaluar la utilización de pastos naturalizados, sobre los cuales existe escasa información y que han demostrado, en numerosas experiencias de campo, sus bondades y factibilidad de utilizarlos como alimento base en las dietas de los herbívoros.

CORFAS² reporta que en el departamento de Nariño, el 90% de los planteles pecuarios basan su alimentación en recursos foráneos, los cuales, por su alta demanda de insumos, preparación de tierra, requerimientos de agua y fragilidad del perfil agrícola, se han tornado en esquemas insostenibles económica y ecológicamente.

En este punto, una de las gramíneas naturalizadas que más se utiliza en la alimentación de especies pecuarias, solo o en mezcla con otros pastos, es el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), que se destaca por su rápido crecimiento, fácil adaptación a condiciones climáticas, topográficas, rusticidad y adecuado valor nutritivo; sin embargo, la desventaja más sobresaliente es la escasa información desarrollada en esta región.

¹ GÁLVEZ, Arturo. Seguridad alimentaria animal: ruta de investigación. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias. 2006. p.3

² CORFAS. Fondos rurales en el departamento de Nariño. 2002. Disponible en internet: <http://fondosrurales.net/entidades-apoyo>

Con el pasto kikuyo es posible tener una excelente producción, con un manejo mínimo de pradera; al evaluar los factores que intervienen en el desarrollo óptimo de su productividad, es posible generar una reducción de los costos por manejo y potencializar la calidad de este pasto para obtener beneficios ecológicos, nutritivos y económicos.

Bajo las anteriores consideraciones, este trabajo planteó determinar el efecto de los factores físicos, químicos y biológicos del suelo, junto con las variables climáticas bajo condiciones de no intervención, que afectan su desarrollo y calidad nutritiva, constituyendo una base fundamental para establecer planes de manejo racional de este recurso alimentario.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente, el comportamiento insostenible del hombre respecto al planeta tiene efectos que deterioran el recurso suelo y atentan, por consiguiente, contra la productividad de las tierras, provocado por el uso equivocado de éste, manejo irracional del agua de riego, el no uso de prácticas de conservación, que origina la dependencia a una agricultura industrial costosa que perjudica la flora y fauna del suelo.

Por tal razón, se inició una investigación científica de pastos naturalizados que han demostrado ser productivos, pero la escasa información que existe ha provocado que no se lo identifique como un pasto con gran potencial forrajero. En el departamento de Nariño, una de las gramíneas naturalizadas que más se utiliza en la alimentación de especies pecuarias es el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), que se destaca por crecer espontáneamente, tener gran palatabilidad en las distintas especies pecuarias y adecuado valor nutritivo; pero que la falta de información acerca de las condiciones óptimas de desarrollo y de los factores determinantes en su crecimiento ha limitado la producción.

Con el conocimiento de los factores que intervienen en el desarrollo adecuado de la planta, es posible optimizar su productividad, con bajos costos de manejo de praderas y aumentar los ingresos por el valor nutritivo que ofrece a las especies pecuarias, reflejándose en carne o leche.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El kikuyo (*Pennisetum clandestinum* H.) ha constituido la base alimenticia de diversas especies pecuarias y se ha mantenido por su crecimiento espontáneo en diferentes climas y tipos de suelos, razón por la cual se considera una especie con un valor nutritivo apreciable; sin embargo, existen muchos factores que condicionan su desarrollo y productividad.

Debido a que el conocimiento de dichos factores es hasta ahora incipiente, es preciso avanzar en su investigación, por lo tanto, se plantea el siguiente interrogante:

¿Cuáles son los factores edafoclimáticos que condicionan la producción y calidad nutritiva del pasto kikuyo en condiciones de no intervención en un rango de altura entre 2400 y 2799 msnm?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Valorar los factores edafoclimáticos de influencia en la producción y calidad nutritiva del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en condiciones de no intervención en el municipio de Pasto (Nariño) en un rango de altura de 2400-2799 msnm.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los factores climáticos (temperatura, luminosidad, precipitación pluvial, humedad relativa, altitud) que afectan la producción y calidad del forraje en condiciones de no intervención.
- Establecer los factores físicos del suelo (textura, penetrabilidad, densidad aparente, densidad real, porosidad total, capacidad de campo e infiltración) que intervienen en la producción y calidad nutritiva del pasto.
- Determinar las variables químicas del suelo (materia orgánica, pH, fósforo disponible, potasio de cambio, Ca, Mg, S, B) que afectan la producción y calidad del forraje en condiciones de no intervención.
- Establecer algunos indicadores biológicos del suelo (macro y meso fauna) que afectan la producción y calidad del forraje en condiciones de no intervención.
- Proponer un plan de manejo del pasto Kikuyo en condiciones de altura con datos más específicos en el municipio de Pasto.

4. MARCO TEÓRICO.

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

4.1.1 Origen. Silva afirma que: “El kikuyo es una gramínea bien adaptada a la zona de clima frío y medio. Deriva su nombre del pueblo kikuyu, Kenia, y es nativo de las áreas más elevadas de África Oriental y Central, a altitudes entre 1950 y los 2700 msnm”³.

Piñeros 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 buena adaptación a diferentes suelos, temperaturas y a su alta producción de forraje⁴.

Según Salamanca, la clasificación botánica de esta especie es:

REINO:	Vegetal
SUB- REINO:	Fanerógamas
DIVISIÓN:	Angiospermas
CLASE:	Monocotiledóneas
ORDEN:	Graminales
FAMILIA:	Gramineae
GENERO:	<i>Pennisetum</i>
ESPECIE:	<i>Clandestinum</i> Hoechst ⁵

³ SILVA, J. Recomendaciones generales sobre gramíneas de clima frío, medio y cálido. Pasto, ICA-DRI Convenio Colombo-Holandés. 1984. p. 93.

⁴ PIÑEROS, Jesús. Informe sobre el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* H.). En: Revista Boletín Agrícola. Vol 6, N° 3 (Marzo, 1993); p. 5-7.

⁵ SALAMANCA, Rafael. Pastos y forrajes: producción y manejo. Bogotá: USTA, 1990. p. 126.

4.1.2 Adaptación: De acuerdo con Bernal:

El Kikuyo es una planta perenne y con hábitos de crecimiento rastrero, se propaga por medio de semillas, rizomas y/o estolones; sus tallos son suculentos, las hojas de un verde brillante y sin pubescencia, excepto en los márgenes, presenta raíces profundas que se forman en los nudos de los rizomas; algunos tallos crecen erectos o semirrectos pudiendo alcanzar alturas hasta 60cm⁷.

Navarrete considera que:

El Kikuyo es susceptible a las heladas que pueden llegar a dañar su parte vegetativa pero su sistema radicular le permite recuperarse rápidamente ya que posee tallos tanto subterráneos como superficiales que pueden invadir el terreno y pueden formar una capa densa de material vegetal, confiriéndole además una gran resistencia al pisoteo del ganado. Es resistente a la sequía pero se ha comprobado que requiere por lo menos una precipitación anual de 762 mm⁸.

Mera y Zamora afirman que:

El pasto kikuyo presenta hojas de color verde brillante, pubescencias en los filos, lo cual hace apetecidas y palatables para los animales que lo digieren. Tallos suculentos, erectos o semirrectos, con alturas de 70 mm máximo, los tallos suculentos dan origen a otras ramificaciones y/o estolones. Las flores son inconspicuas, con estambres blanquecinos y brillantes, el porcentaje de lámina foliar varía con la edad de rebrote, la relación hoja-tallo disminuye con el incremento de la altura⁹.

⁷ BERNAL, Javier. Pastos y forrajes tropicales: Producción y manejo. 3 ed. Bogotá: Ángel Agro-ideagro, 1994.p.24.

⁸ NAVARRETE, Eduardo. Respuesta del pasto kikuyo (*Pennisetum Clandestinum* H.) a la aplicación de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno. Bogotá, 1996, 150 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía.

⁹ MERA, Fanur y ZAMORA, Ana. Establecimiento y evaluación inicial del arreglo árboles dispersos en asociación con el pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* H.) en el altiplano de Pasto. 2003. p. 32. Trabajo de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencia Agrícolas.

4.1.3. Valor Nutritivo del Pasto Kikuyo. Según Bernal:

La eficiencia potencial de un forraje para el crecimiento y producción de carne, leche o lana es el reflejo de su valor nutritivo; por lo tanto, un pasto se considera de buena calidad si posee todos los nutrimentos esenciales disponibles y en proporciones balanceadas, tiene alta digestibilidad y es gustoso o agradable para el animal.

Las condiciones ambientales como la humedad, intensidad de luz y temperatura afectan la composición química de los forrajes, ya que aquellos producidos bajo condiciones de sequía presentan menor digestibilidad, la luz intensa y las altas temperaturas aumentan el contenido de la pared celular y reduce la digestibilidad de materia seca; la combinación de temperatura y transpiración explica gran parte de los efectos ambientales sobre la calidad del forraje¹⁰.

Urbano, Arriojas y Dávila sostienen que:

El pasto Kikuyo es una gramínea forrajera con alto valor nutritivo. Algunos autores reportan que el contenido de proteína cruda se encuentra entre 14 a 25 % a los 30-35 días después del corte o pastoreo, disminuyendo hasta un 5% en edades muy avanzadas. Los principales factores que influyen en la calidad de los pastos son la fertilización y la frecuencia de corte. Con el primero se ha demostrado que el nitrógeno produce aumento en el contenido de proteína cruda, y con el segundo, se ha determinado que el porcentaje de proteína de las gramíneas declina rápidamente entre los 40 a 60 días¹¹.

Además, un punto muy importante que se debe tener en cuenta, según Salamanca,¹² es el relacionado con la acumulación de nitritos, nitratos y otras sustancias nitrogenadas en los tejidos de la planta, en concentraciones superiores a las normales y que suelen suceder bajo condiciones de sequía, carencia de

¹⁰ BERNAL, Javier. Op cit., p. 24.

¹¹ URBANO, Diannelis; ARRIOJAS, Ismael y DÁVILA, Ciro. Efecto de la fertilización en la asociación Kikuyo-Alfalfa (*Pennisetum clandestinum- Medicago sativa*).
[Http://www.ceniap.gov.ve/pbd/Revistascientificas/ZootecniaTropical/zt1302/texto/fertilizacion.htm+valor+nutritivo%2Bkikuyo&hl=es&ct=clnk&cd=1&gl=co&lr=lang-es](http://www.ceniap.gov.ve/pbd/Revistascientificas/ZootecniaTropical/zt1302/texto/fertilizacion.htm+valor+nutritivo%2Bkikuyo&hl=es&ct=clnk&cd=1&gl=co&lr=lang-es)

¹² SALAMANCA, Javier. Op cit., p. 129.

azufre, cobre, cinc, magnesio, y boro en el suelo, y a la abundancia de materias nitrogenadas que pueden ser asimiladas por el pasto.

Bernal afirma que: “Existe una relación íntima entre el suelo, la planta y el animal. La planta es un reflejo de lo que contiene el suelo, y el animal un resultado de los nutrientes que contiene la planta, cuando ésta es la única fuente de alimentación”¹³.

4.1.4. Producción. Para Salamanca¹⁴, la producción de un forraje depende en gran parte de la fertilidad y humedad del suelo, cuando se cosecha en el estado apropiado produce forraje abundante y de buena calidad. Este pasto tiende a acolchonarse, lo que hace que rebaje significativamente su producción, debido a que los nutrientes, incluso el agua del suelo, no son aprovechados. Con buenas prácticas de manejo se han obtenido más de 20 ton/ha al año de materia seca de buena calidad.

El ICA, citado por Cárdenas, reportó rendimientos de diferentes especies forrajeras comparando condiciones naturales con buen manejo de rotación y fertilización, donde una de las especies con mayor producción en condiciones naturales como con buen manejo fue el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), con rendimientos entre 5-10 ton/ha/año en condiciones naturales y 20-30 ton/ha/año de materia seca con buen manejo¹⁵.

4.2. FACTORES CLIMÁTICOS.

Según Mila¹⁶, existen factores que afectan la calidad y producción del pasto y, en su conjunto, 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.

¹³ BERNAL, Javier. Pastos y forrajes tropicales: Producción y manejo. 4 ed. Bogotá: Ángel Agro-ideagro, 2003. p. 103.

¹⁴ SALAMANCA, Rafael. Op cit., p. 128.

¹⁵ CÁRDENAS, Edgar. Alternativas forrajeras para clima frío en Colombia. <http://www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/archivos/FILE-EVENTOSENTI/FILE-EVENTOSENTI10332.pdf>

¹⁶ MILA, Alberto. Suelos, pastos y forrajes: Producción y manejo. Bogotá: UNISUR, 1996. p.88.

4.2.1. Temperatura. Mila ha demostrado que la temperatura afecta los procesos de fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción de agua y nutrientes, como también la actividad enzimática, entre otras. La temperatura afecta el crecimiento y metabolismo de los pastos¹⁷.

Lora menciona que: “la absorción de nutrimentos está relacionada con la actividad metabólica, la cual, a su vez, es dependiente de la temperatura. Con frecuencia se requiere una mayor concentración de la solución de un nutrimento, en suelos fríos que en suelos calientes, para obtener la máxima tasa de crecimiento”¹⁸.

Bernal asegura que: “Los principales factores climáticos que influyen en la calidad del forraje son temperatura y humedad. La temperatura tiene un efecto marcado en la velocidad de crecimiento pero también acelera la lignificación del pasto”¹⁹.

4.2.2. Luminosidad. Mila dice que: “La luz afecta el desarrollo fisiológico de las plantas, en tres factores que se deben tener en cuenta: intensidad, calidad, duración. En general, las plantas crecen bien cuando la luz incide en la totalidad del espectro y bajo condiciones de luz infrarroja crecen continuamente y bajo luz ultravioleta detienen su crecimiento y pueden morir”²⁰.

Garavito, citado por Guerrero y García, menciona que: “La energía solar y la temperatura determinan la cantidad de carbohidratos disponibles para el crecimiento de la planta, mientras que los niveles de nitrógeno y de humedad determinan cómo van a ser usados”²¹.

Furuta, citado por Garavito, afirma que: “La cantidad de agua transpirada por las plantas y evaporada del sustrato (evo transpiración) está altamente correlacionada con la energía solar radiante, particularmente cuando la humedad está fácilmente disponible”²².

¹⁷ *Ibíd.*, p. 130.

¹⁸ LORA, Rodrigo. Factores que afectan la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. *En*: Fertilidad de suelos: Diagnóstico y control. 2 ed. Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 2001. p. 41, 42.

¹⁹ BERNAL, Javier. 4 ed. *Op cit.*, p. 104.

²⁰ MILA, Alberto. *Op cit.*, p. 8.

²¹ GUERRERO, M y GARCIA, C. Evaluación del grado de deterioro de suelos trigueros de ladera en el municipio de Yacuanquer. Nariño, 1993, p.113. Tesis de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

²² GARAVITO, Fabio. Factores determinantes en el crecimiento de la planta. *En*: Fertilización de cultivos en clima frío. 2 ed. Bogotá: Saénz y Cia. LTDA, 1988. p. 249.

4.2.3. Precipitación pluvial. La precipitación pluvial y la humedad del suelo es sin duda, uno de los elementos de mayor influencia en la producción de pastos, por efecto del agua sobre los procesos fisiológicos de la planta. La expansión celular depende de un mínimo de turgencia en la célula y el alargamiento y desarrollo de tallos y hojas se detiene rápidamente ante un déficit de agua²³.

Morales indica que: “la precipitación pluvial determina la humedad y régimen hídrico del suelo, ejerce influencia en la diferenciación del grosor del suelo, determina también el carácter y la extensión del lavado a que está sometido el perfil y, en algunos casos, refleja la composición mecánica del suelo”²⁴.

4.2.4. Humedad Relativa. Entre los factores climáticos que influyen en la producción de forraje, Peña²⁵ destaca el agua como uno de los más importantes, ya que su contenido en las células regula la temperatura de los estomas. Dicha apertura posibilita la entrada de CO₂ en las hojas y, por tanto, la realización de la actividad fotosintética. La carencia de agua produce una disminución en la fotosíntesis y, por ende, en el crecimiento y desarrollo de la planta.

Garavito sostiene que: “la humedad relativa tiene un efecto claro en la transpiración de la planta. Ajustes en la humedad relativa son importantes cuando se requiere reducir el requerimiento de agua por parte del cultivo. No obstante, es de gran importancia en todo lo que tiene que ver con el manejo de plagas y enfermedades”.²⁶

Bernal menciona que: “La humedad determina en parte la calidad del forraje porque durante las épocas de sequía la planta tiende a lignificarse más pronto y por consiguiente a disminuir más rápidamente su valor nutritivo”²⁷.

²³ PEÑA, Manuel. Fitotecnia de los pastos. La Habana: Pueblo y Educación. 1995. p. 57

²⁴ MORALES, Juan. Compendio de Agronomía. 2 ed. Madrid: Pueblo y Educación, 2002. p. 35.

²⁵ PEÑA, Manuel. Op Cit., p. 48.

²⁶ GARAVITO, Fabio. Op Cit., p. 258.

²⁷ BERNAL, Javier. 4 ed. Op cit., p. 104.

4.3. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.

De acuerdo con Villota, citado por el IGAC, la mayor parte de las propiedades físicas (espesor de los horizontes, color, textura, humedad del suelo, porosidad, temperatura e infiltración) se determina y cualifica la mayoría de las veces en el campo; de ahí la importancia de una descripción cuidadosa de los perfiles y de una definición lo más exacta posible de las características físicas²⁸.

4.3.1. Densidad. Según estudios realizados en Colombia por Montenegro y Malagón²⁹ sobre propiedades físicas de los suelos, se ha encontrado que los valores de densidad real y la densidad aparente se ven afectados por el contenido de materias orgánicas. Además, los valores más deseables para la densidad aparente (menores de 1 g/cm³), se obtienen en suelos orgánicos. En estos mismos suelos, en la medida que el contenido de materia orgánica disminuye, se incrementan los valores de densidad aparente.

Garavito dice que: “La densidad aparente es uno de los factores que determina, en buena medida, el comportamiento del sustrato en cuanto a disponibilidad y capacidad de retención de nutrimentos, humedad y aire³⁰.”

Lowry y colaboradores, citados por Legarda, encontraron que: “Los altos valores de densidad aparente redujeron la capacidad de almacenamiento de agua, lo cual redundaba a su vez con un escaso desarrollo radicular³¹.”

Rosas indica que: “la densidad aparente es la relación existente entre el peso y el volumen de un suelo, se prefiere una densidad aparente cercana a 1.2 ó 1.3 gr/cc³², ya que un valor alto es un índice del grado de compactación del suelo, y por tanto de la dificultad para la penetración y desarrollo del sistema radicular.

²⁸ INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTÍN CODAZZI. Suelos de Colombia: Origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Bogotá: Canal Ramírez Antares LTDA, 1995. p. 433.

²⁹ MONTENEGRO, G.H. y MALAGÓN, D. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: IGAC, 1990, 813 p.

³⁰ GARAVITO, Fabio. Op Cit., p. 239.

³¹ LEGARDA, Lucio. Propiedades físicas y la productividad del suelo. En: Diagnóstico, fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto: Monómeros Colombo-venezolanos S.A., 1988. p. 86.

³² ROSAS, Antonio. Agricultura orgánica práctica: Alternativas tecnológicas para la agricultura del futuro. Bogotá: Arístides Gómez, 2002. p. 57.

4.3.2. Porosidad. De acuerdo con Mila³³, una condición ideal de porosidad para el movimiento y almacenamiento de agua sería del 50 %, teniendo el suelo en partes iguales poros grandes, medianos y pequeños.

Legarda afirma que:

En los suelos de Nariño se ha observado que hay una relación negativa entre la densidad aparente y el contenido de materia orgánica, debido posiblemente al menor peso por unidad de volumen que tienen los materiales orgánicos. Así mismo, hay una correlación positiva entre el porcentaje de porosidad y el contenido de materia orgánica. Este resultado está en concordancia con la teoría expuesta por varios investigadores por cuanto al aumentar la materia orgánica se incrementa la porosidad como consecuencia de la disminución de la densidad aparente³⁴.

4.3.3. Textura. Gavande sostiene que: “la textura adquiere tanta importancia, que no puede alterarse, y, de esta forma, se la considera propiedad fundamental del suelo, que determina en alto grado, su valor económico³⁵”.

Legarda³⁶ menciona que: “la textura es importante porque es un criterio usado para determinar la permeabilidad del suelo, retención de agua, plasticidad, aireación, capacidad de campo y fertilidad del suelo; además, es la propiedad más estable y permanece constante a través de los años, tornándose como el principal factor para identificar y clasificar un suelo, y, por último, gobierna el comportamiento físico y químico de suelos, dándole al suelo mayor o menor capacidad productiva”.

De acuerdo con Castro³⁷, cuando se habla de textura debemos entender que todos los suelos tienen arenas, limos, y arcillas. Las arcillas tienen relevancia en cuanto a la nutrición de la planta debido a su constitución de minerales cristalinos.

³³ MILA, Alberto. Op Cit., p.16.

³⁴ LEGARDA, Lucio. Op cit., p. 87.

³⁵ GAVANDE, S. Física de los suelos: Principios y aplicaciones. México: Limusa, 1982. p 34.

³⁶ LEGARDA, Lucio. Op cit., p. 87.

³⁷ CASTRO, Hugo. Fundamentos para el conocimiento y manejo de suelos agrícolas: Manual técnico. Tunja: Instituto Universitario Juan de Castellanos. 1998. p. 124.

López y López dicen que: “La apreciación de la proporción que corresponde a cada una de estas categorías, a las que conviene añadir la materia orgánica, permite definir la textura global del suelo: suelos arenosos, franco-arenosos, franco-limosos, francos y franco-arcillo-limosos”³⁸.

4.3.4. Capacidad de campo e Infiltración. Gavande define: “La capacidad de campo como la cantidad de agua que el suelo retiene contra gravedad cuando se le deja libremente. En un suelo bien drenado, por lo general, se llega a este punto aproximadamente 48 horas después de irrigar”³⁹.

Según Mila⁴⁰, lo deseable es que los suelos tengan más infiltración para su propia conservación, y que en suelos desnudos la infiltración disminuye notablemente en la degradación y grandes pérdidas del suelo por escorrentía.

Legarda⁴¹ sostiene que: la infiltración no es un valor constante, que depende de muchos factores como: el tiempo, las condiciones químicas y físicas del suelo, capa vegetal, la naturaleza del perfil, el contenido de humedad y la distribución de esa agua en su perfil, altura del nivel freático etc”.

4.4. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO.

Mila afirma que: “Las propiedades químicas han sido usadas para proponer soluciones directas o indirectas a problemas prácticos, tales como disponibilidad de nutrientes, toxicidad de iones, conversión a formas no asimilables de elementos adicionados en los fertilizantes, reacción de los correctivos, dispersión de los suelos, y comprender las variaciones de fertilidad”⁴².

4.4.1. Materia Orgánica. Viveros⁴³ menciona que la materia orgánica es verdaderamente la base de la vida microbiana en el suelo. Es a la vez el soporte y el alimento de la mayor parte de los microorganismos del suelo, que la hacen pasar, en sucesivas etapas, del estado de materia orgánica sin descomponer, al estado mineral, forma que sirve de alimento a la planta.

³⁸ LÓPEZ RITAS, Julio y LÓPEZ MELIDA, Julio. El diagnóstico de suelos y plantas (Método de campo y laboratorio). 3 ed. Madrid: Mundi-prensa. 1978. p. 51.

³⁹ GAVANDE, S. Op cit. p. 162.

⁴⁰ MILA, Alberto. Op Cit., p.132

⁴¹ LEGARDA, Lucio. Op cit., p. 87.

⁴² MILA, Alberto. Op Cit., p.132.

⁴³ VIVEROS, Miguel. Fertilidad de suelos. En: Diagnóstico, fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto: Monómeros Colombo-venezolanos S.A., 1988. p.115.

Burbano sostiene que:

La materia orgánica, en razón de su naturaleza, tiene múltiples efectos sobre el suelo, como que actúa sobre las características físicas, químicas y biológicas del mismo. Por eso es que pretender reducir la importancia de la materia orgánica a la adición de nutrimentos, cuando menos, resulta desacertado. En el mismo sentido, se tiene que visualizar la adición de materiales orgánicos al suelo, ya que éstos progresivamente se van incorporando a las diversas fracciones de la materia orgánica⁴⁴.

Según Buckman y Brady:

En relación a la actividad funcional de la materia orgánica, ésta cumple las siguientes funciones:

- ✓ Aumenta el poder de retención de humedad, disminuye las pérdidas de humedad por escorrentía, mejora la aireación de los suelos pesados; mejora la granulación y agregación; aumenta la capacidad de intercambio de iones, mayor capacidad de recepción de energía solar, regula el suministro de nitrógeno a las plantas y aumenta el contenido de elementos menores⁴⁵.

Bernal asegura que:

El alto contenido de materia orgánica que se encuentra en la región andina se debe posiblemente a las bajas temperaturas, precipitaciones adecuadas para mayor producción de biomasa y menor descomposición y acción de los microorganismos, esta menor actividad microbiana se puede deber a las bajas temperaturas, deficiencias de elementos como fósforo, calcio, magnesio, etc, y pH bajo, acompañado en muchos casos por niveles tóxicos de aluminio⁴⁶.

⁴⁴ BURBANO, Hernán. Enmiendas orgánicas. En: Fertilización de cultivos en clima frío. 2 ed. Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos, 1988. p. 334.

⁴⁵ BUCKMAN, H.O y BRADY, N.C. Naturaleza y propiedades de los suelos. México: UTHEA, 1965, 540p.

⁴⁶ BERNAL, Javier. 4 ed. Op cit., p. 66.

4.4.2. pH. De acuerdo con Fassbender y Bornemisza, citados por el IGAC: “La reacción del suelo es un concepto que se refiere a las relaciones de acidez y basicidad del mismo que influyen, tanto en sus características químicas como físicas; tiene además considerable impacto sobre la microbiota edáfica”⁴⁷.

Viveros afirma que: “el estudio de la reacción del suelo tiene importancia, debido a que incide directamente en la solubilidad y asequibilidad de los elementos esenciales para la planta”⁴⁸.

Figueredo y Urrego mencionan que:

El pH es una de las propiedades químicas más importantes de los suelos ya que de él depende, en gran parte, la disponibilidad de nutrientes para las plantas, bien porque influyen en su solubilidad, como porque controla la actividad microbiológica y por tanto, la conversión de la materia orgánica con sus minerales. También tiene efecto directo sobre la concentración de iones (cationes y aniones) y sustancias tóxicas, enfermedades de las plantas y otras propiedades importantes⁴⁹.

De acuerdo con Bernal:

El pH es una medida de su acidez o alcalinidad. Esta propiedad del suelo afecta el crecimiento de las plantas a través de su efecto en la disponibilidad de los elementos esenciales y actividad de los microorganismos; el pH está influenciado por el contenido de materia orgánica, los cationes intercambiables, actividad respiratoria de las plantas y microorganismos, aplicación de enmiendas y fertilizantes, porcentaje de saturación de bases y algunas otras condiciones del suelo⁵⁰.

⁴⁷ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Op cit. p. 425.

⁴⁸ VIVEROS, Miguel. Op cit., p. 9.

⁴⁹ FIGUEREDO, Edith y URREGO, Carlos. Prácticas Agroecológicas. Bogotá: El Gato Editor, 1994. p. 86.

⁵⁰ BERNAL, Javier. 4 ed. Op cit., p. 67.

4.4.3. Capacidad de intercambio catiónico El IGAC sostiene que:

La capacidad de intercambio catiónico es la capacidad del suelo para retener e intercambiar cationes y dependerá del número de cargas negativas existentes en la superficie de la arcilla y de la materia orgánica.

La fuerza de la carga positiva de un catión varía permitiendo que un catión reemplace a otro en una partícula del suelo con carga negativa⁵¹.

Mila sostiene que:

El primer fenómeno biológico importante es la fotosíntesis, el segundo fenómeno vital para el desarrollo vegetal es el intercambio catiónico y su importancia nace de que la capacidad de intercambio catiónico del suelo constituye (1) reserva inmediata de nutrientes; (2) la producción vegetal depende de los nutrimentos cambiables que pasan a la solución del suelo y alimentan la planta; (3) la capacidad de intercambio catiónico controla pérdidas de nutrientes por lavado debido a la fuerza de retención de las arcillas⁵².

4.4.4. Nutrientes

4.4.4.1. Calcio (Ca) y Magnesio (Mg). De acuerdo con Fassbender y Bornemisza⁵³, estos elementos representan un amplio ciclo de la naturaleza en el cual los suelos conforman una parte solamente. La corteza terrestre contiene aproximadamente 4,2 % de Ca y 1,95% de Mg, ocupando el quinto y octavo lugar.

Morales⁵⁴ sostiene que la cantidad de calcio cambiante varía de 1 a más de 5 meq/100 g de suelo y depende de la capacidad de cambio de cationes del suelo y su saturación de calcio.

⁵¹ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Op cit. p. 432.

⁵² MILA, Alberto. Op Cit., p.31.

⁵³ FASSBENDER, Hans y BORNEMISZA, Elmer. Química de los suelo con énfasis en suelos de América Latina: Costa Rica: IICA, 1994. p. 313-321.

⁵⁴ MORALES, Juan. Op cit. p. 215.

Según Figueredo y Urrego: “El calcio ayuda al crecimiento de la raíz y el tallo de la planta, permite que ésta tome fácilmente los alimentos del suelo. Además, el magnesio ayuda a la formación de aceites y grasas, es el elemento principal en la formación de la clorofila, sin la cual las plantas no pueden formar azúcares”⁵⁵.

4.4.4.2. Fósforo. Morales menciona que: “El fósforo es un elemento básico para el crecimiento y desarrollo de las plantas; producto del metabolismo, con este elemento se forman compuestos ricos en energía”⁵⁶.

Figueredo y Urrego afirman que: “El fósforo ayuda al buen crecimiento de las plantas, a formar raíces fuertes y abundantes, contribuye a la formación y maduración de los frutos, indispensable en la formación de semillas”⁵⁷.

4.4.4.3. Azufre. Fassbender y Bornesmisza⁵⁸ mencionan que, igual que el nitrógeno y el fósforo, el azufre se encuentra en formas orgánicas e inorgánicas. En los suelos altamente meteorizados, el azufre es, posiblemente, el cuarto elemento en importancia, limitando el crecimiento de las plantas en general; pero si se consideran las leguminosas, ocupa el segundo lugar.

Mastalerz, citado por Garavito, afirma que:

El azufre, cuya cantidad encontrada en las plantas es similar a la del fósforo, está en un rango entre 0.1 y el 0.8% de peso seco, y que su deficiencia implica falla en la síntesis de proteínas y acumulación de aminoácidos libres, cuyo bajo peso molecular los hace difundir fuera del citoplasma y hacia la superficie de la hoja en forma de exudados en donde son muy apetecidos, por ejemplo, por los hongos fitopatógenos⁵⁹.

⁵⁵ FIGUEREDO, Edith y URREGO, Carlos. Op cit. p. 50.

⁵⁶ MORALES, Juan. Op cit. p. 210.

⁵⁷ FIGUEREDO, Edith y URREGO, Carlos. Op cit. p. 50.

⁵⁸ FASSBENDER, Hans y BORNESMISZA, Elmer. Op cit. p. 369.

⁵⁹ GARAVITO, Fabio. *Minerales en las plantas. En: Fertilidad de suelos: Diagnóstico y control.* 2 ed. Bogotá: Editora Guadalupe LTDA, 2001. p. 243.

4.5. FACTORES BIOLÓGICOS DEL SUELO.

De acuerdo con Castillo*, la vida animal y 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, interviene como agente que le imprime determinado carácter al suelo, especialmente los contenidos de materia orgánica, en la acidez y densidad aparente.

Burbano⁶⁰ sostiene que: “la salud biológica de un suelo puede ser estimada por medio de ciertas especies indicadoras, las que se escogen por su sensibilidad al cambio de condiciones o por su papel en la fertilidad del suelo. Para el último caso, son grupos funcionales claves las termitas, lombrices y nemátodos, los ácaros y colémbolos; sin embargo, pueden ser más fáciles de estandarizar debido a su gran ubicuidad”.

Morales menciona que:

Una gran cantidad de microorganismos participan en diversas reacciones en el suelo; tal es el caso de la oxidación-reducción del azufre, la amonificación, la nitrificación, etc. En todos ellos, los elementos pasan a estados asimilables. Así mismo, un conjunto de microorganismos, al morir, son fuente directa de materia orgánica; esto provoca que exista una fertilidad potencial alta⁶¹.

Cortés afirma que:

Cada suelo tiene su propio abanico de organismos vivos, el cual está determinado por las condiciones edáficas y ecológicas del medio; los factores más determinantes para su desarrollo son la presencia o ausencia de oxígeno, la disponibilidad de alimento, el contenido de humedad y la acidez del suelo. Los suelos bien drenados, ricos en materia orgánica, con buen contenido de humedad y fertilidad alta son un medio excelente para

* CASTILLO, Jesús. I.A., Ph.D. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Marzo de 2004.

⁶⁰ BURBANO, Hernán. La materia orgánica del suelo en el contexto de una agricultura sostenible. En: Fertilidad de suelos: Diagnóstico y control. 2 ed. Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 2001. p. 209.

⁶¹ MORALES, Juan. Op cit. p. 99.

la vida en todas sus manifestaciones; la fauna edáfica de un suelo bien drenado es muy diferente a la de un suelo con drenaje pobre⁶².

4.6. ESTUDIO DE SUELOS DE ALTIPLANICIE EN CLIMA FRIO SECO

4.6.1. Grupo indiferenciado Typic Haplustepts Typic Ustorthents, misceláneo de cenizas y Vitrandic Dystrustepts, escarpados, erosionados.

Símbolos AMEf 2, AMEg 2.

Según el estudio de suelos realizado por el IGAC, a este grupo pertenecen áreas de poca extensión en jurisdicción del altiplano de Pasto, en los corregimientos de Genoy y San Fernando, siendo éstos los lugares de estudio.

El mismo estudio, en asociación con la FAO, reporta que son suelos formados a partir de cenizas volcánicas, lapilli y aglomerados, con altos contenidos de materia orgánica (andosoles umbricos – ANU), asociados con otros andosoles bajos en materia orgánica (andosoles háplicos- ANh), son excesiva a bien drenados, profundos y superficiales, textura franco a fina y arcillosa fina, fertilidad alta a moderada.

El estudio de suelos también determinó unas características por cada lugar, siendo para:

- **Riberas del rio Pasto:** según el Plan de Ordenamiento Territorial de Pasto P.O.T. de 1997, se ubica dentro de la clase II, la cual ocupa el 1.8% del total de hectáreas, presenta un relieve plano a ondulado, pendientes menores a 7%, profundos o moderadamente profundos, bien drenados, textura arcillosa fina y francoso fina, ligeramente ácidos, alta saturación de bases, fertilidad moderada.
- **Genoy:** De acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial P.O.T. (1997), Genoy se ubica en la clase IV, ocupa el 8.6% del total de hectáreas, presenta un suelo ondulado a fuertemente ondulado, pendientes de 7-12% y de 12-25%, depósitos de lava de cenizas volcánicas profundas o superficiales, bien drenados, textura francosa fina y arcilloso fina, buena retención de humedad, fertilidad moderada, ligeramente ácidos y bajos en fósforo.

⁶² CORTÉS, Abdón. Suelos Colombianos, una mirada desde la academia. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Recursos Naturales. 2004. p. 20.

- **San Fernando:** Según el Plan de Ordenamiento Territorial P.O.T. (1997), San Fernando pertenece a la clase III, ocupa el 6.6 % del total de hectáreas, presenta un relieve ligeramente ondulado y ondulado, pendiente de 7-25%, moderadamente profundos y profundos de texturas medias y moderadamente finas, bien e imperfectamente drenados, ligeramente ácidos y ácidos, fertilidad baja, deficiencia en fósforo y nitrógeno.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1. LOCALIZACIÓN

La presente investigación se realizó durante un periodo de tres meses en el semestre A del 2008, en tres localidades comprendidas entre 2400-2799 msnm, del municipio de Pasto; para la determinación de los factores condicionantes de la productividad del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), se ubicaron 3 localidades y cada una con 3 sitios (réplicas), éstos se localizaron así:

	<i>PASTO</i>	<i>SAN FERNANDO</i>	<i>GENOY</i>
Localización	Riberas del rio Pasto	Oriente	Occidente
T° Promedio	12°C	8°C	14°C
Precipitación pluvial mm/añual	800-1000	844,9	1982
Humedad relativa	83%	79%	79%

Fuente: IDEAM, 2002

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 marca Eijkelkamp.
- Altimetro
- Juego de anillos infiltómetros
- Cuadrante para aforo de 25x25 cm
- Palas
- Bolsas plásticas
- Picas.

5.3 EVALUACIONES GENERALES

Para la determinación de los factores condicionantes de la productividad del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) se procedió a ubicar sólo áreas homogéneas, caracterizadas por poseer una excelente producción, y en cada una de éstas se tomaron 3 muestras de pasto, para lo cual se tuvo en cuenta su altura, color y densidad (Kg/m²).

En cada localidad se realizó primero un corte del pasto 10-15 cm del suelo para poder establecer el periodo de recuperación, luego se determinó mediante pruebas de campo y laboratorio los factores 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 determinarán 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 monocálcico, 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 o 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 el.
- La densidad real se determinó de acuerdo al peso de las partículas sólidas de los suelos y 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.
- Porosidad total se determinó con la relación entre las densidades real y aparente, aplicando la siguiente fórmula:

$$PT\% = 100 (1 - Da / Dr)$$

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 25cm 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 amoniaco librado 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 formula:

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

4,38

NDT: Nutrientes digestibles totales

FC: Fibra Cruda

PC: Proteína cruda

ENN: Extracto no nitrogenado

EE: Extracto etéreo

5.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos correspondientes a las variables cuantitativas se procesaron mediante el análisis de componentes principales (ACP) y las cualitativas utilizando 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 variables⁶³.

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 del fin de eliminar variables que están altamente correlacionadas, dejando para el análisis de componentes principales (ACP) tan solo 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, fosforo, 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.

⁶³ 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

Se debe anotar que sólo se tomó muestras en lugares donde se observó que el kikuyo tenía alta producción de biomasa y, por lo general, tenían características similares, convirtiendo a las variables respuesta (productivas y bromatológicas) en un grupo homogéneo, por lo que se encontró que entre ellas no hubo diferencias significativas, además existió una correlación muy fuerte y positiva entre estas variables, como se indica en el Anexo C.

Para los datos de producción de biomasa seca, se encontró un promedio general de 6,81 T MS/ha/corte en condiciones de no intervención. Y para cada lugar promedios de 7,32, 6,13 y 6,98 T MS/ha/corte, en Pasto (riberas del río Pasto), San Fernando y Genoy, respectivamente, como se muestra en la Tabla 1.

En la misma tabla se aprecia que en los periodos de recuperación existió igualmente una variación poco significativa entre los sitios donde se tomaron las muestras, y en el transcurso de cada corte realizado, obteniéndose valores de 49,5, 46,1 y 45,1 días en Pasto (riberas del río Pasto), San Fernando y Genoy, respectivamente (Tabla 2).

Los valores obtenidos se encuentran dentro del rango reportado por Medina⁶⁴, quien encontró intervalos entre pastoreo de 40 días en invierno y 65 días en verano sin agua suplementaria con altura de corte entre 5 y 10 cm.

Adicionalmente, es importante mencionar que en los lugares donde se recolectó la información hubo variaciones muy estrechas en cuanto a las condiciones climáticas, obteniendo un promedio general de 14°C, 979 mm/añual y 81 % de humedad relativa, lo que se relaciona en cierta medida con los datos de producción de biomasa seca (Anexo D).

⁶⁴ MEDINA, Luis. Rendimiento, composición química y digestibilidad in vitro del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst). [on line]. 1980. P. 3 [citado Marzo 3/05]. Disponible en internet: [URL:http://fao.org/noticias/2005/000501](http://fao.org/noticias/2005/000501)

Tabla 2. Datos de las variables productivas

<i>LUGARES</i>		<i>VARIABLES PRODUCTIVAS</i>						<i>PROMEDIOS</i>		
		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 RECUPERACIÓN (Días)	PX BIOMASA (Kg/m ²)	PX BIOMASA MS (ton/ha)
<i>PASTO</i>	P1	42	5,4	46	5,9	38	6,2	42	6	8,09
	P2	50	5	52	5,6	48	5,9	50	6	7,63
	P3	57	4,3	59	4,6	54	4,6	57	5	6,24
								49,56	5,28	7,32
<i>SAN FERNANDO</i>	SF1	45	4,9	41	4,7	40	5,1	42	5	6,80
	SF2	58	3,9	53	3,6	52	4	54	4	5,32
	SF3	47	4,3	41	4,8	38	4,5	42	5	6,29
								46,11	4,42	6,13
<i>GENOY</i>	G1	49	5,1	41	4,6	45	4,3	45	5	6,47
	G2	52	4,8	49	4,3	43	4	48	4	6,06
	G3	45	5,8	43	6,1	39	6,3	42	6	8,41
								45,11	5,03	6,98

48

6.2. VARIABLES BROMATOLÓGICAS

En general se encontró un pasto de calidad nutritiva, aunque se obtuvo un promedio general bajo, de 16,65% para materia seca, y 14,9, 17,84 y 17,21 % en Pasto (riberas del río Pasto), San Fernando y Genoy en condiciones de no intervención, como se indica en la Tabla 3, en comparación con datos reportados por el ICA⁶⁴, pero que, de igual forma, son aceptables para este pasto.

En cuanto a la proteína, se encontraron altos porcentajes promedios de proteína cruda de 21,77% y de proteína verdadera del 16,66%, como se indica en la Tabla 3, teniendo en cuenta que contienen además cantidades considerables de compuestos nitrogenados que no son proteínas, razón por la cual se realizó una diferencia entre ellas, encontrando en esta investigación un resultado de 5,61%, lo que significa que la proteína se está aprovechando casi en su totalidad.

En la misma tabla se observa, además, que existió en general altos promedios de carbohidratos estructurales, considerados fundamentales en la alimentación de herbívoros y que ejercen una influencia marcada sobre la digestibilidad y valor nutritivo del pasto, actuando de forma directa la fibra detergente neutra (FDN) con 60,98% en promedio general y 59,77, 61,48 y 61,68% para Pasto (riberas del río Pasto), San Fernando y Genoy, respectivamente.

Y en forma indirecta la fibra detergente ácido con promedio de 32,36% y un valor bajo de lignina con 5,19, 8,49 y 7,06 % en promedio para Pasto (riberas del río Pasto), San Fernando y Genoy, ya que, en promedio, se obtuvo periodos cortos de recuperación; sin embargo, al respecto Bernal⁶⁵ sostiene que estos porcentajes pueden variar significativamente de acuerdo a la época del corte, estación del año, fertilización y fertilidad de los suelos.

Además, se encontró que este pasto tiene un contenido energético aceptable por que reportó un promedio de 56,12, 58,23, 57,46% de nutrientes digestibles totales (NDT) para Pasto (riberas del río Pasto), San Fernando y Genoy que, de acuerdo a tablas del ICA⁶⁶, es un valor medio para el kikuyo.

⁶⁴ INSTITUTO AGROPECUARIO DE COLOMBIA (ICA). Programa de pastos y forrajes. 1994, p. 3.

⁶⁵ BERNAL, Javier. Op. cit, 174 p

⁶⁶ INSTITUTO AGROPECUARIO DE COLOMBIA (ICA). Op cit., p.4.

Tabla 3. Datos del análisis bromatológico, porcentaje en base seca

	<i>PASTO</i>				<i>SAN FERNANDO</i>				<i>GENOY</i>			
	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3</i>	<i>X</i>	<i>SF1</i>	<i>SF2</i>	<i>SF3</i>	<i>X</i>	<i>G1</i>	<i>G2</i>	<i>G3</i>	<i>X</i>
<i>MS %</i>	13,87	17,09	13,83	14,93	16,37	16,71	20,43	17,84	16,72	16,55	18,35	17,21
<i>CENIZA %</i>	14,44	12,82	13,83	13,70	13,28	12,17	12,30	12,58	11,19	11,05	10,92	11,05
<i>EE (%)</i>	2,79	2,50	3,14	2,81	2,34	2,65	2,45	2,48	2,37	2,34	2,16	2,29
<i>FC %</i>	39,36	35,43	28,91	21,45	27,48	26,91	27,68	27,36	37,22	30,15	28,82	32,06
<i>P. CRUDA %</i>	21,68	21,22	27,85	23,58	20,46	24,98	18,30	21,25	20,76	18,38	22,33	20,49
<i>ENN %</i>	21,73	28,03	26,27	25,34	36,44	33,30	39,27	36,34	28,46	38,09	35,77	34,11
<i>FDN %</i>	60,17	60,00	59,14	59,77	62,25	57,36	64,84	61,48	61,65	61,37	62,01	61,68
<i>FDA %</i>	30,72	31,07	31,36	31,05	37,03	29,82	33,24	33,36	31,91	33,89	31,20	32,33
<i>LIGNINA%</i>	4,38	6,07	5,11	5,19	10,89	6,90	7,69	8,49	6,30	7,35	7,53	7,06
<i>CELULOSA %</i>	26,34	25,00	26,24	25,86	26,14	22,92	25,55	24,87	25,61	26,54	23,67	25,27
<i>HEMICEL %</i>	29,45	28,92	27,78	28,72	25,22	27,54	31,60	28,12	29,74	27,48	30,81	29,34
<i>CALCIO %</i>	0,32	0,39	0,37	0,36	0,42	0,31	0,15	0,29	0,31	0,25	0,28	0,28
<i>FOSFORO %</i>	0,50	0,44	0,43	0,46	0,41	0,42	0,39	0,41	0,39	0,41	0,44	0,41
<i>MAGNESIO %</i>	0,30	0,27	0,26	0,28	0,28	0,27	0,22	0,26	0,22	0,23	0,27	0,24
<i>AZUFRE %</i>	0,23	0,21	0,24	0,23	0,27	0,25	0,18	0,23	0,23	0,18	0,27	0,23
<i>N. TOTAL %</i>	3,47	3,39	4,46	3,77	3,27	4,00	2,93	3,40	3,32	2,94	3,57	3,28
<i>PROT. VERD %</i>	13,65	14,71	24,79	17,72	14,22	17,88	14,97	15,69	14,89	14,26	16,07	15,07
<i>NDT %</i>	53,38	55,20	59,77	56,12	57,27	60,11	57,31	58,23	55,66	57,58	59,13	57,46

6.3 VARIABLES EDÁFICAS

6.3.1 Química de suelos: En los suelos estudiados, se encontró un pH de 6,52, siendo, en general, suelos con un pH ligeramente ácido, pero se encontraron rangos superiores en algunos sitios, clasificándose en ligeramente básicos, como se indica en la Tabla 4. Estos datos corroboran la condición de muchos suelos de Nariño, especialmente de los derivados de cenizas volcánicas. Además, Bernal menciona que bajo estas características, el kikuyo prospera en forma adecuada cuando las condiciones edafoclimáticas interactúan positivamente⁶⁷.

Los resultados obtenidos, en general, para materia orgánica fue de 5,2%, 4,5, 5,53 y 5,6% para Pasto (riberas del río Pasto), San Fernando y Genoy, respectivamente. Para capacidad de intercambio catiónico igual a 19,60, nitrógeno total de 0,23%, los que se encuentran en rangos medios.

Además, se tiene una relación carbono-nitrógeno en general de 12,84%, lo que se habla de “plantas mejorantes”, generalmente típicas de los suelos que tienen un humus muy activo⁶⁸. Lo mismo indica Charry⁶⁹, que la relación C/N puede referirse a que la descomposición ocurre en forma muy rápida cuando la relación es menor de 17.

En el estudio se encontró valores altos en general de los minerales, reportando para fósforo disponible de 88,22 ppm, potasio de cambio de 2,61 meq/100g, como se muestra en la Tabla 4; este alto contenido puede ser porque los suelos de estudio son volcánicos y son conocidos por sus materiales ricos en minerales potásicos.

6.3.2 Física de los suelos: Se encontró un valor general de densidad aparente de 0,9 g/cm³ (Tabla 4), obteniendo resultados iguales en el resto de lugares. Este valor se aproxima al rango reportado por Bernal como adecuado, quien sostiene que densidades aparentes entre 1,1 y 1,4 g/cm³ pueden considerarse como óptimas para el crecimiento de la mayoría de los cultivos y son un indicativo confiable del buen estado estructural del suelo.

⁶⁷ BERNAL, Eussen. Op. cit., p. 148.

⁶⁸ GARAVITO, Fabio. Op. cit., p. 145.

⁶⁹ CHARRY, Jairo. Naturaleza y propiedades físicas de los suelos. Palmira: Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 1987. p. 233.

Tabla 4. Datos del análisis de suelos de los tres lugares estudiados

	<i>PASTO</i>				<i>SAN FERNANDO</i>				<i>GENOY</i>			
	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3</i>	<i>X</i>	<i>SF1</i>	<i>SF2</i>	<i>SF3</i>	<i>X</i>	<i>G1</i>	<i>G2</i>	<i>G3</i>	<i>X</i>
<i>Ph</i>	7,3	7,5	6,5	7,1	6,6	6	5,4	6	6,3	6,6	6,5	6,5
<i>MAT. ORG. %</i>	2,8	4,5	6,3	4,5	4,1	7,1	5,4	5,53	9,6	2	5,2	5,6
<i>DA (g/cc)</i>	0,8	0,9	0,8	0,8	1	0,9	0,8	0,9	0,8	1,1	1	1,0
<i>Dens. Real g/cc</i>	2,47	2,56	2,52	2,5	2,6	2,56	2,61	2,59	2,42	2,62	2,59	2,5
<i>Capac. Campo %</i>	50,35	40,14	41,21	43,9	34,89	47,52	45,83	42,7	41,02	40,84	36,28	39,4
<i>Penetrabilidad (kgf/cm²)</i>	20	23	20	21	15	17	22	18	12	15	15	14
<i>Infiltración (cm/h)</i>	10,9	11,8	11,2	11,3	3,5	4,2	12,3	6,67	2	3,2	6,1	3,8
<i>Porosidad %</i>	67,61	64,84	68,25	66,9	61,53	64,84	69,34	65,2	66,94	58,01	61,38	62,1
<i>Fosforo (ppm)</i>	21	35	46	34	124	107	273	168	43	60	85	62,7
<i>CIC (meq/100 g)</i>	20	18	22,4	20,1	16	22,2	20,8	19,7	29,4	7,6	20	19,0
<i>Ca (meq/100 g)</i>	12,1	33,1	13,9	19,7	10,1	10,7	11,4	10,7	20,4	6,2	15,1	13,9
<i>Mg (meq/100 g)</i>	4,3	1,93	4,41	3,5	3,32	3,35	2,68	3,12	2,39	0,5	2,21	1,7
<i>K (meq/100g)</i>	4,51	1,37	2,18	2,7	1,84	4,29	1,61	2,58	2,36	0,53	1,63	1,5
<i>Al (meq/100g)</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Fe (ppm)</i>	10	24	46	26,7	32	58	176	88,7	106	16	86	69,3
<i>Mn (ppm)</i>	0,02	0,9	4,06	1,7	2,02	12,06	19,2	11,1	4,86	0,02	8,24	4,4
<i>Cu (ppm)</i>	1,08	2,42	2,52	2	2,6	2,96	4,68	3,41	2,36	1,38	2,6	2,1
<i>Zinc (ppm)</i>	3,8	4,52	14	7,4	6,2	9,2	10,6	8,67	8,2	1,56	6,8	5,5
<i>Boro (ppm)</i>	0,03	0,02	0,01	0,02	0,12	0,06	0,21	0,13	0,29	0,01	0,01	0,1
<i>N total</i>	0,14	0,21	0,28	0,2	0,19	0,31	0,24	0,25	0,39	0,1	0,24	0,2
<i>C Organico</i>	1,61	2,58	3,63	2,6	2,4	4,11	3,16	3,22	5,55	1,14	3,03	3,2
<i>S disp. (ppm)</i>	18	18	14,73	16,9	8,73	8,73	6,95	8,14	20,73	5,32	7,91	11,3

En cuanto a la porosidad, se encontró un valor general de 65% que, de acuerdo con Baver⁷⁰, porosidades mayores o iguales al 50% son consideradas óptimas, mientras que las menores al 10% dificultan la dinámica de intercambio de gases y agua, como también el crecimiento y profundización de las raíces.

Se reportó para infiltración y penetrabilidad valores de 7,4 cm/h y 17,67 kgf/cm² (Tabla 3), que para la infiltración, según los grados y su calificación de acuerdo con Malagón**, es rápida, y para la penetrabilidad, el valor obtenido corresponde a una clasificación leve.

En general, en la Tabla 4 se indica que las propiedades físicas son adecuadas para que le impriman al suelo condiciones de liviandad, aireación y buena retención de humedad⁷¹.

6.4 FAUNA DEL SUELO

En la Tabla 5 se indica que el promedio más alto de individuos del suelo se encontró en la zona de Genoy con 424 individuos/m², seguido por la zona de Pasto (riberas del río Pasto) con 251 individuos/m², y el más bajo se halló en la zona de San Fernando con 224 individuos/m².

La participación relativa (%) de los organismos del suelo con base en la densidad (N/m²) encontrado en la zona de Pasto (riberas del río Pasto), correspondió a un 43% del orden Coleóptera con 416 individuos/m², 20% del orden Dermáptera con 192 individuos/m², 18% del orden Oligochaeta (lombrices de tierra) con 176 individuos/m², 7% del orden Diplópoda (milpiés) y Chilópoda (ciempiés) con 64 individuos/m² cada uno, y el más bajo fue el orden Hemíptera (chinchas y pulgones) que presentó 48 individuos/m² correspondiente al 5 % del total de la población de organismos, como se muestra en la Figura 1.

⁷⁰ BAVER, L.D. Física de los suelos. México: Hispanoamericana. 1973. 529 p.

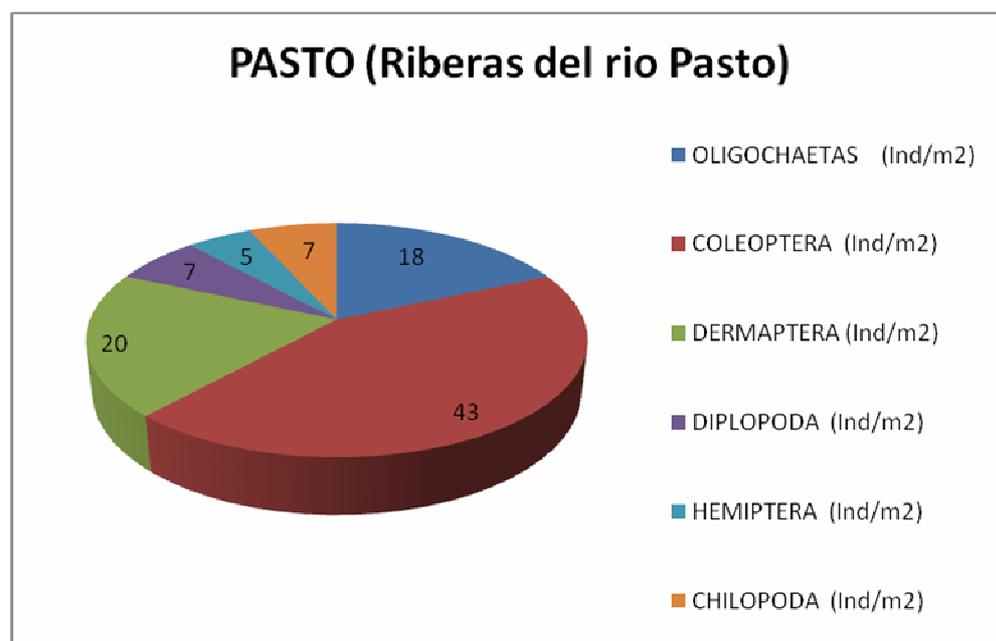
** MALAGÓN, D. Grados de infiltración y su calificación. 1999. p. 4.

⁷¹ CASTRO, Daniel. Influencia del grado de disturbación y efecto fisiológico de un herbicida de contacto en una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst). Pasto, Colombia. 1990. p. 62. Trabajo de grado (Ingeniero agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias Agrícolas. Programa de agronomía. p. 132.

Tabla 5. Densidad de organismos n°/m² de suelo

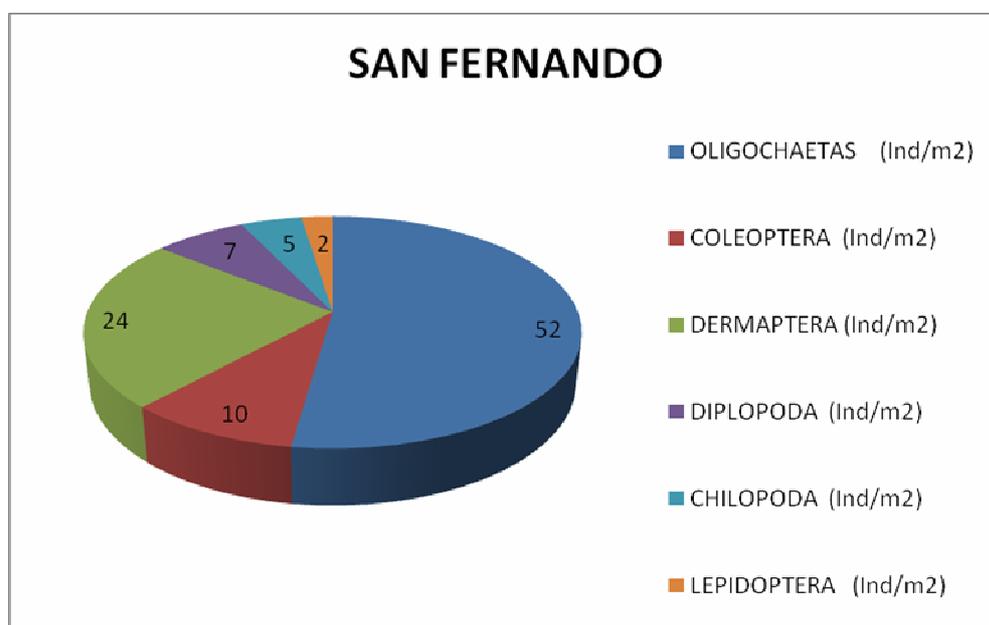
ORDEN:FAMILIA	PASTO			SAN FERNANDO			GENOY					
	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
<i>OLIGOCHAETAS</i>	96	32	48	176	48	112	192	352	800	112	368	1280
<i>COLEOPTERA</i>	208	128	80	416	32	16	16	64		48	16	64
<i>DERMAPTERA</i>	16	144	32	192	48	112		160				
<i>DIPLOPODA</i>		64		64	16		32	48		16		16
<i>HEMIPTERA</i>	48			48						16		16
<i>CHILOPODA</i>	16		48	64			32	32				
<i>LEPIDOPTERA</i>					16			16				
<i>GASTEROPODA</i>											16	16
INDIVIDUOS/ZONA				960			672			1392		

Figura 1. Participación relativa (%) de los organismos del suelo con base en la densidad (N°/m²) en la zona de Pasto (Riberas del río Pasto).



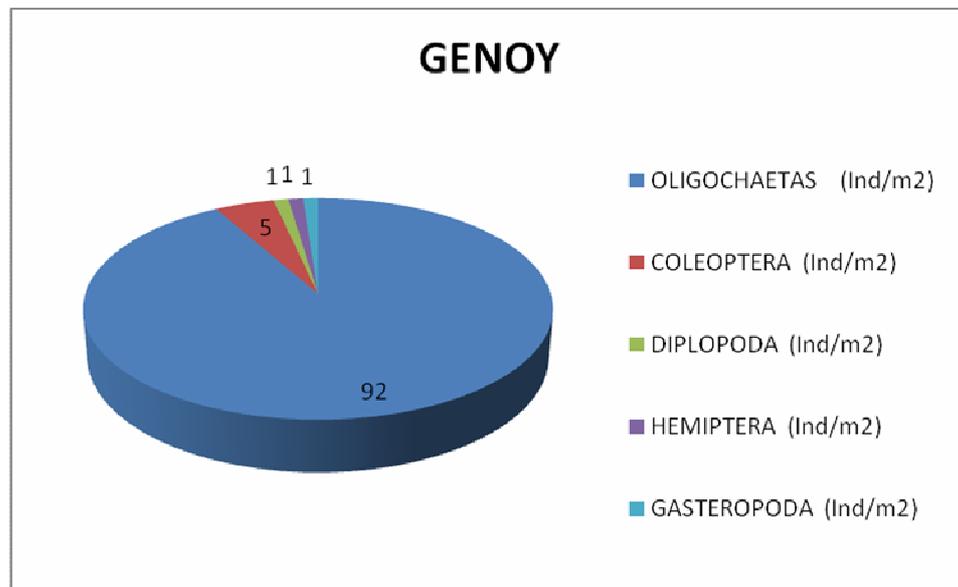
En la zona de San Fernando, la mayor participación relativa fue del 52% del orden Oligochaeta (lombrices de tierra) con 352 individuos/m², seguido por el 24% del orden Dermáptera (tijeretas) con 160 individuos/m², 10% del orden Coleóptera (cucarrones) con 64 individuos/m², 7% del orden Diplópoda (milpiés) con 48 individuos/m², 5% del orden Chilopoda (ciempiés) 32 individuos/m², y el más bajo fue del 2% del orden Lepidóptera (polillas) con 16 individuos/m² (Figura 2).

Figura 2. Participación relativa (%) de los organismos del suelo con base en la densidad (N°/m²) en la zona de San Fernando.



En la zona de Genoy, la mayor participación relativa fue del 92% del orden Oligochaeta (lombrices de tierra) con 1280 individuos/m², seguido por el 5% del orden Coleóptera (cucarrones) con 64 individuos/m², y el más bajo fue del 1% del orden Diplópoda (milpiés), Hemíptera (chinchas y pulgones) y Gasterópoda (babosas) con 16 individuos/m² cada uno (Figura 3).

Figura 3. Participación relativa (%) de los organismos del suelo con base en la densidad (N°/m²) en la zona Genoy.



Además, como se aprecia en la Tabla 6, existió una relación inversa entre la altitud y el número de individuos/m², presentándose a una altura promedio de 2500 msnm un número de individuos de 464; mientras que a una altura de 2700 msnm existen en promedio 224 individuos/m².

Al respecto, Charry afirma que a mayor altitud y acidez del suelo, la actividad biológica se disminuye por la ausencia de nutrientes inorgánicos y por la acumulación de materia orgánica, ya que la altitud influye indirectamente sobre la descomposición de la materia orgánica⁷².

Bornemisza⁷³ confirma también que la materia orgánica es fuente de nutrientes tanto para los organismos superiores como para los inferiores, es también su fuente energética por los compuestos de carbono.

⁷² CHARRY, Jairo. Op cit., p. 224.

⁷³ BORNEMISZA, Elemer. Introducción a la química de suelos. Washington: OEA. 1982, p. 22.

También se puede concluir que a pesar de que se encontró contenidos medios de materia orgánica con una altitud baja, la relación carbono orgánico –nitrógeno total es alta, lo que significa que esta materia orgánica es activa, donde se aprovecha en un porcentaje mayor, en comparación con una altitud alta donde, por aumentar el pH, los organismos se ven afectados y, por lo tanto, esta materia orgánica puede ser alta pero inactiva.

Tabla 6. Medidas de tendencia central y de dispersión

VARIABLES	1			2			3		
	MEDIA	DESV	CV	MEDIA	DESV	CV	MEDIA	DESV	CV
Carbono Orgánico	2,61	1,01	38,76	3,22	0,86	26,58	3,24	2,21	68,29
pH	7,1	0,53	7,45	6	0,6	10	6,47	0,15	2,36
Materia Orgánica	4,53	1,75	38,61	5,53	1,5	27,19	5,6	3,82	68,14
Nitrógeno Total	0,21	0,07	33,33	0,25	0,06	24,44	0,24	0,15	59,6
ALTITUD	2567	10,82	0,42	2698,7	6,11	0,23	2516,67	50,54	2,01
ORGANISMOS	250,7	97,32	38,83	224	57,69	25,75	464	309,01	66,6

1= PASTO 2= SAN FERNANDO 3= GENOY

Charry⁷⁴ confirma lo anterior, ya que a mayor altitud en las zonas tropicales, conservando similares las otras condiciones, la descomposición de la materia orgánica procederá a más lenta velocidad y en el suelo se acumulará mayor cantidad de humus o de materia orgánica.

Legarda, Mora y Blasco⁷⁵ aseguran que, al estudiar suelos de distintos pisos altitudinales localizadas entre Tumaco y el Volcán Galeras, encontraron que el

⁷⁴ CHARRY, Jairo. Op. cit., p. 317.

⁷⁵ LEGARDA, L.; MORA, E. y BLASCO, M. Relaciones entre algunas características de los suelos y los pisos altitudinales de Nariño. Turrialba, (Costa Rica) 23(1): 97-103. 1973.

contenido de materia orgánica aumenta con la altitud, debido a que en las partes altas la mineralización de la materia orgánica es menor y por lo tanto hay mayor acumulación de la misma.

En Genoy se encuentra el mayor porcentaje de individuos del orden Oligochaetas (lombrices) con un porcentaje medio de materia orgánica, lo que puede ser un indicativo que aquellas estén presentes en una cantidad elevada cuando existe una materia orgánica activa. Lo mismo ocurre en la zona de San Fernando, aunque existe en ésta una variedad de organismos, las oligochaetas son las que predominan, y que posiblemente conlleven a tener una materia orgánica media, lo que no ocurre en la zona de Pasto porque tiene un porcentaje bajo de estos individuos, consiguiendo en promedio una materia orgánica baja.

En este punto, Charry⁷⁶ asegura que se tiene el criterio de que la macrofauna, 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 que pueden ser aprovechados por 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 el movimiento de agua.

Gros citado por Achicanoy y Corella⁷⁷ señala que el humus generado por las lombrices ejerce una acción favorable sobre la estructura, es decir sobre la agrupación de partículas en agregados de tamaño medio, lo cual permite una buena circulación del agua, del aire y de las raíces del suelo. Así se obtiene un aumento de la permeabilidad, mayor capacidad de retención de agua y menor cohesión del suelo.

6.5 TEXTURA vs FAUNA DEL SUELO

Para el análisis de correspondencias múltiples (ACM) se obtuvo solo dos tipos de suelo, el franco y franco-arcilloso, de los cuales se puede estimar que tienen buena retención de agua, de elementos nutritivos para un desarrollo normal de la planta. Esto no afectó los valores del periodo de recuperación del pasto kikuyo.

⁷⁶ CHARRY, Jairo. Op. cit., p. 211.

⁷⁷ ACHICANOY, Pilar. y CORELLA, Arsenio. Estudio del a comercialización de abono orgánico en el municipio de Pasto, departamento de Nariño. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Revista de investigaciones, 1(2): 24. 1999.

Es importante mencionar que el conocimiento de la textura de los suelos es de gran importancia porque ella es una guía, cuando se trata de evaluar a los suelos con base en su capacidad de su uso o de manejo y, además, porque al conocer esta propiedad, se tendrá una idea más clara y amplia de la velocidad con que pueden ocurrir las reacciones químicas, el movimiento del agua, la circulación del aire y de los gases, factores que son de gran importancia en el desarrollo vegetal⁷⁸.

En cuanto a la textura, en comparación con la macrofauna, se obtuvieron los siguientes resultados: para el tipo de suelo franco, un porcentaje de 48% de la población es de oligochaetas, el 23% de coleóptera, el 16,3% de dermáptera, 5,8 de diplópodos, 2,9% de hemíptera y chilópoda, y un porcentaje de 1 para gasterópoda.

Para el suelo franco-arcilloso, un porcentaje de 74% de la población es de oligochaetas, el 11,8% de coleóptera, el 5,9% de dermáptera, 2,4 de diplopodos, 1,2% de hemíptera, 3,5 chilópoda y un porcentaje de 0,5 para lepidóptera.(como se indica en la tabla 7)

Este análisis confirma lo dicho anteriormente sobre las oligochaetas (lombrices), las cuales se presentan en mayor porcentaje en cada uno de los suelos, y entre ellos, donde existe mayor población es en el suelo franco-arcilloso con 55,8% de todos los individuos de esta especie, en contra de 46,2% que pertenecen a textura franco, ya que en este suelo tiene mejores condiciones físico-químicas tales como materia orgánica, pH, densidad aparente, entre otras, lo que influye en la producción y calidad del pasto kikuyo.

Siguiendo con el análisis de correspondencias múltiples para estas dos variables, también se observó que las especies que pueden, en cierto grado, determinar el tipo de suelo, se encuentran entre las especies gasterópoda y lepidóptera, donde cada una representa respectivamente a la textura franco y franco-arcillosa, claro que en este punto se debe tener en cuenta que este análisis tiene solo dos dimensiones, por lo cual se necesita de más datos para poder confirmar lo analizado.

⁷⁸ CHARRY, Jairo. Op. cit., p. 89.

Tabla 7. Análisis de correspondencia múltiple (ACM). Histograma de frecuencias para variables categorizadas

Perfiles de fila

TEXTURA	ESPECIE								Margen activo
	OLIGOCHAETAS	COLEOPTERA	DERMAPTERA	DIPLOPODO	HEMIPTERA	CHILOPODA	LEPIDOPTERA	GASTEROPODA	
FRANCO	,481	,231	,163	,058	,029	,029	,000	,010	1,000
FRANCO-ARCILLOSO	,741	,118	,059	,024	,012	,035	,012	,000	1,000
Masa	,598	,180	,116	,042	,021	,032	,005	,005	

9

Perfiles de columna

TEXTURA	ESPECIE								Masa
	OLIGOCHAETAS	COLEOPTERA	DERMAPTERA	DIPLOPODO	HEMIPTERA	CHILOPODA	LEPIDOPTERA	GASTEROPODA	
FRANCO	,442	,706	,773	,750	,750	,500	,000	1,000	,550
FRANCO-ARCILLOSO	,558	,294	,227	,250	,250	,500	1,000	,000	,450
Margen activo	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

6.6 ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES Y DEL VECINO MÁS CERCANO

El análisis de componentes principales agrupa las variables que están cerca o que son similares para formar una variable sintética con características propias en comparación con las demás; de acuerdo con este análisis, se obtuvieron 7 componentes principales (o variables sintéticas), de los cuales hasta el tercer componente se explica el 70% de la variabilidad de todas las variables introducidas a la matriz (Tabla 8).

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

The SAS System
The FACTOR Procedure
Initial Factor Method: Principal Components
Eigenvalues of the Correlation Matrix: Total = 25 Average = 1

	<i>Eigenvalue</i>	<i>Difference</i>	<i>Proportion</i>	<i>Cumulative</i>
1	7,652	1,739	0,306	0,306
2	5,913	2,141	0,237	0,543
3	3,772	0,927	0,151	0,693
4	2,845	0,972	0,114	0,807
5	1,873	0,681	0,075	0,882
6	1,191	0,170	0,048	0,930
7	1,022	0,288	0,041	0,971
8	0,733	0,733	0,029	1,000
9	0,000	0,000	0,000	1,000

Teniendo en cuenta que cada componente determina una característica específica, y que a su vez tiene valores propios de aquellas variables que lo identifican, logrando así establecer lo que influye en dicha característica.

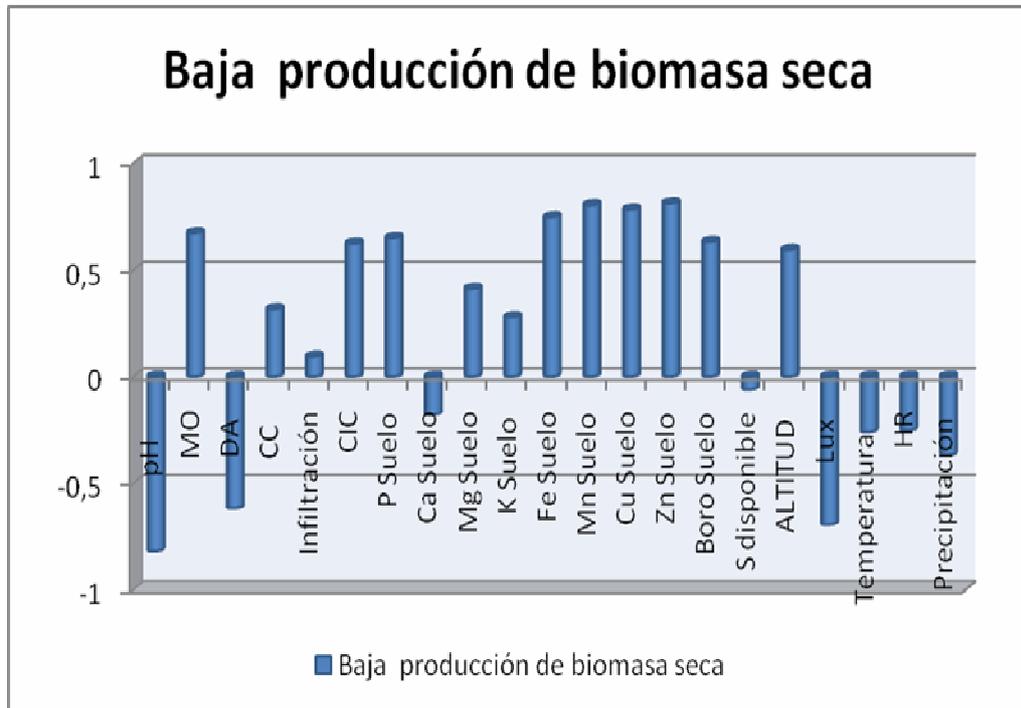
En la Tabla 9 se indica los pesos de las variables de los tres primeros componentes, los que permitieron explicar cada componente de la siguiente manera:

Tabla 9. Peso de los tres primeros componentes principales

	<i>Baja producción de biomasa seca</i>	<i>Producción de biomasa en FV</i>	<i>Periodo de recuperación</i>
pH	-0,819	0,517	-0,081
MO	0,672	0,33	0,344
DA	-0,618	-0,723	-0,044
CC	0,316	0,294	-0,427
Infiltración	0,093	0,442	0,027
CIC	0,623	0,605	0,343
P Suelo	0,649	-0,58	0,18
Ca Suelo	-0,178	0,605	0,555
Mg Suelo	0,411	0,574	-0,38
K Suelo	0,278	0,47	-0,41
Fe Suelo	0,747	-0,23	0,557
Mn Suelo	0,803	-0,331	0,271
Cu Suelo	0,783	-0,28	0,366
Zn Suelo	0,812	0,249	0,006
Boro Suelo	0,632	-0,03	0,38
S disponible	-0,061	0,924	0,145
ALTITUD	0,594	-0,289	-0,164
Lux	-0,695	-0,563	0,264
Temperatura	-0,26	0,335	0,769
HR	-0,253	0,037	0,681
Precipitación	-0,369	0,807	-0,188

El primer componente está determinado por una baja producción de biomasa seca, como es un valor negativo y lo que se quiere es que exista una mayor producción, se toma los valores negativos como influencia directa, tal es el caso del pH y la luminosidad; los que actúan inversamente son la materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, capacidad de campo, fósforo, hierro, manganeso, cobre, zinc y boro presentes en el suelo, además de la altitud; datos que se indican en la Figura 4.

Figura 4. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del primer factor que corresponde a una baja producción de biomasa seca.



Teniendo en cuenta que lo que se propone es tener mayor producción de biomasa seca representada en una mejor calidad nutritiva del pasto, de acuerdo con este componente, se requiere un pH cercano a la neutralidad, ya que de esta manera hay mayor disponibilidad de minerales que son aprovechados por la planta; además este pH favoreció la alta mineralización de la materia orgánica, la cual genera un medio favorable para el desarrollo de la macrofauna.

En la Figura 4 se indica que el pH fue el de mayor influencia en la producción de biomasa seca, porque, además, afecta inversamente la disponibilidad de los microminerales tales como el fósforo (P), manganeso (Mn), hierro (Fe) y cobre (Cu), existiendo entre ellos interacciones, como la del P con Mn, Cu y Fe con los demás micronutrientes del suelo, como se indica en el anexo A.

Así mismo, los minerales influyeron de manera indirecta en la producción de biomasa seca, pero como tiene una relación antagónica con el pH, únicamente se analizó este último, debido a que favorece la disponibilidad de los nutrientes para la planta.

En este sentido, Guerrero⁷⁹ dice que suelos ligeramente ácidos le confieren al suelo condiciones adecuadas para el cultivo del kikuyo. Igualmente, Burbano considera que el efecto indirecto del pH en la vida de la planta afecta la disponibilidad de los elementos en el suelo y la utilización de los mismos por parte de ésta⁸⁰.

García y Gonzales⁸¹ aseguran que el pH condiciona la disponibilidad de la gran mayoría de los nutrimentos esenciales para las plantas y, también, la de otros que pueden llegar a ser tóxicos para ellas, como es el caso de los metales pesados; así, a medida que el pH aumenta, la disponibilidad de hierro y manganeso disminuye.

Del mismo modo, Primavesi, citada por Alzate y Muñoz⁸², sostiene que la importancia del pH radica en que tiene un efecto directo sobre la concentración de elementos nutritivos a disposición del vegetal y la microvida, y con la tolerancia de las plantas al manganeso y aluminio contenidos en la solución del suelo.

Respecto a la materia orgánica, este fue otro indicador del suelo que mostró un efecto notorio sobre la productividad del pasto; de su contenido en los suelos estudiados se puede afirmar que aunque exista valores bajos de materia orgánica, tuvo una mineralización alta, y así pudo ser aprovechada por la planta.

Además, la importancia de la materia orgánica radica principalmente en que es el sustento para el desarrollo de la macrofauna, y que también influye en otras propiedades físicas y químicas del suelo; en las propiedades físicas interviene en: la estructura y capacidad de retención de agua, y en las químicas regula el pH, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, regula la nutrición de la planta y estimula el desarrollo radical.

⁷⁹ GUERRERO, Ricardo. Diagnóstico químico de la fertilidad del suelo. Bogotá, Colombia: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1980. 141-179 p.

⁸⁰ BURBANO, Hernán. Diagnóstico de la acidez del suelo y criterios para la recomendación de cal. En: Diagnóstico, fertilidad e interpretación de análisis de suelo. Pasto, Colombia: MONOMEROS COLOMBO VENEZOLANOS. S.A. 1988. 34 p

⁸¹ GARCÍA, Álvaro. y GONZALES, Alberto. Los elementos secundarios en suelos alcalinos. En: Los elementos secundarios (Ca, Mg, S) y el Silicio en agricultura. Bogotá, Colombia. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 2001. p. 51.

⁸² ALZATE, Rodrigo. Y MUÑOZ, Juan. Utilización de estiércol de cerdo en la fertilización de los pastos. Medellín, Colombia, 1983. 76. p. trabajo de grado (Zootecnista). Universidad Nacional. Facultad de Ciencia Agropecuarias. 32 p.

Sobre este tema, Cadavid, citado por Apráez *et al*, afirma que se sabe que la materia orgánica sirve como agente granulador en los suelos, pero sin transformación biológica tiene un efecto muy pequeño, si es que logra tenerlo; los microorganismos, sin materia orgánica como fuente de energía, son ineficaces en la producción de la agregación del suelo⁸³.

Para Burbano, los efectos de la materia orgánica humificada sobre las características químicas del suelo se manifiestan directa o indirectamente en la disponibilidad de elementos minerales para los pastos⁸⁴.

Según Bernal⁸⁵, la naturaleza química del suelo controla el suplemento y disponibilidad de los nutrimentos para el crecimiento de las plantas, siendo las principales el contenido de materia orgánica, reacción del suelo o pH y capacidad de intercambio catiónico.

Respecto a las condiciones climáticas, la luminosidad fué el indicador que tuvo una influencia directa sobre la producción de biomasa, principalmente afectó el desarrollo fisiológico de la planta debido a su importancia en el proceso de fotosíntesis, ya que la luz provee la energía solar que es transformada por la planta en energía química, para generar el alimento necesario para su crecimiento y desarrollo, incrementando la producción de biomasa.

En este sentido, Bernal corrobora que los efectos de la intensidad de la luz sobre el crecimiento de la planta están relacionados fundamentalmente con la fotosíntesis⁸⁶.

Peña asegura que el crecimiento y desarrollo de las plantas es afectado directamente por la intensidad de la luz; sin embargo, la respuesta no es lineal, además de la carencia de agua, porque produce una disminución en la fotosíntesis⁸⁷.

⁸³ APRÁEZ, Edmundo, *et al*. Respuesta del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) a diferentes niveles de fertilización nitrogenada y/o mineral. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Revista de investigaciones, 1(2): 42. 1999.

⁸⁴ BURBANO, Hernán. Enmiendas orgánicas. En: Fertilización de cultivos en clima frío. 2 ed. Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos, 1988. p. 337..

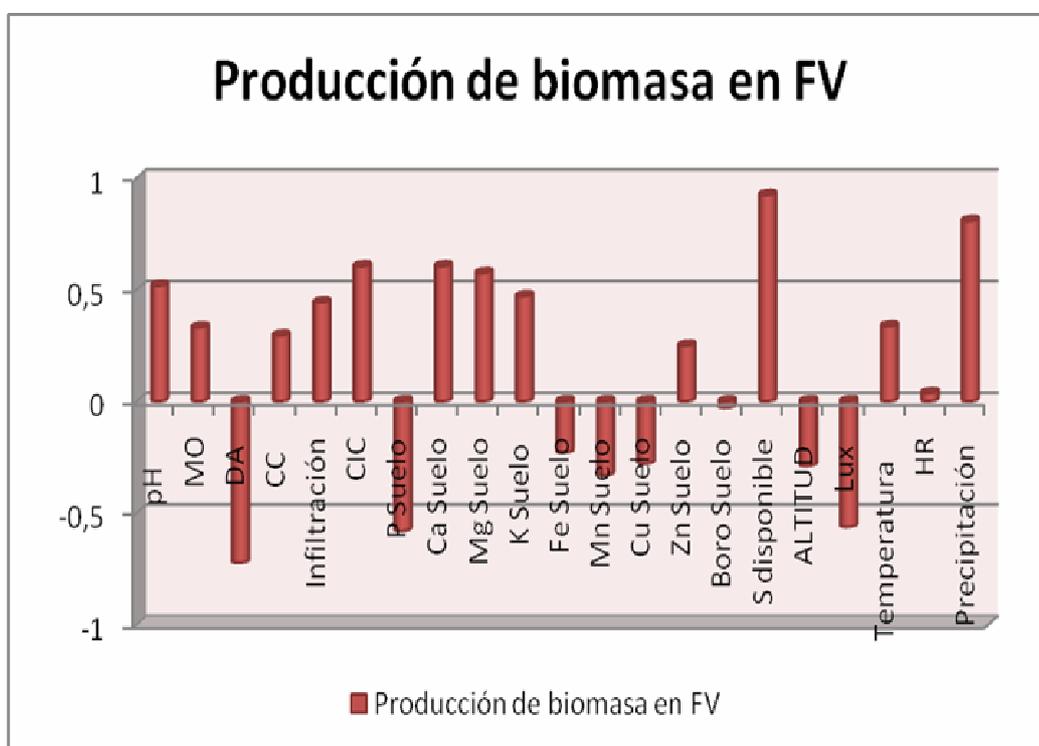
⁸⁵ BERNAL, Javier. Op. cit., 75 p.

⁸⁶ Ibid., p. 93.

⁸⁷ PEÑA, Manuel. Op. cit., p. 63.

El segundo componente se identifica por una alta producción de biomasa fresca, el cual está relacionado directamente con el azufre disponible, precipitación, magnesio y potasio presentes en el suelo; y en forma indirecta por la densidad aparente y fósforo (Figura 5). Lo que quiere decir que para tener una mayor producción de biomasa fresca, se requiere un contenido alto de azufre disponible y altos valores de precipitación.

Figura 5. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del segundo factor que corresponde a la producción de biomasa en forraje verde.



Se puede afirmar que el azufre disponible fue el nutriente de gran importancia en la producción, este elemento tiene una influencia directa en la producción de biomasa fresca, es decir, que a medida que aumenta su disponibilidad en el suelo, habrá mayor crecimiento de la planta, porque probablemente favorece a la síntesis de proteínas.

Sobre esta temática, Guerrero afirma que el hecho de que el azufre esté involucrado como esencial en la síntesis de los aminoácidos que contienen este elemento (cistina, cysteina y metionina), además en la formación de la clorofila, sugiere el papel primordial que puede tener este elemento sobre los componentes de productividad de los pastos⁸⁸.

Avilan y De Rojas mencionan que el azufre es un componente importante de los aminoácidos, componentes de proteínas. La deficiencia de azufre rompe la síntesis normal de proteínas que reduce el rendimiento y la calidad del pasto⁸⁹.

La precipitación pluvial fue otro factor que influyó sobre la producción de forraje verde, ya que básicamente el agua que absorben las plantas proviene de las lluvias, y se supone que su importancia radica en que es el componente mayoritario de la planta, afectando directamente en la mayoría de los procesos fisiológicos, además es un medio para movilizar los nutrientes del suelo a la planta, siempre y cuando éste tenga la capacidad de retener y almacenar agua; se puede afirmar que la presencia del agua es esencial para el correcto crecimiento y desarrollo de la planta.

García, mencionado por Torres *et al*, corrobora que la lluvia disuelve ciertos elementos minerales que pueden ser absorbidos por la planta⁹⁰. Del mismo modo, Crespo *et al*⁹¹ sostienen que las condiciones climáticas como precipitación y humedad relativa juegan un papel decisivo en la producción de biomasa.

Moneo asegura que la precipitación es la principal fuente de agua para mantener la humedad del suelo y, probablemente, el factor más importante en la determinación de la productividad de los cultivos (si llueve más, hay más producción y viceversa)⁹².

⁸⁸ GUERRERO, Ricardo. Fertilización con azufre para el cultivo de papa en Colombia. En: Fertilización de cultivos en clima frío. 2 ed. Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos, 1988. p. 70.

⁸⁹ AVILAN, L. y DE ROJAS, I. Evaluación de niveles de azufre en suelos de la serie Barinas. 2001. Disponible en internet: <http://www.ceniap.gov.co/suelos/nutrientes/azufre.html>

⁹⁰ TORRES, Francisco., *et al*. Análisis de algunos parámetros climáticos del altiplano de Pasto, Nariño, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Revista de investigaciones, 3(4): 153. 1988.

⁹¹ CRESPO, G., *et al*. Los pastos en Cuba. La Habana Cuba: Ed: Pueblo y Educación. 1998. 345-416 pp.

⁹² MONEO, Marta. Las plantas y su medio. Última modificación: 26/01/04. (Disponible en internet) http://www.atmosphere.mpg.de/enid/f808155f28d040f78d4ebf5e061321e5,0/1__Las_plantas_y_el_clima/_las_plantas_y_su_medio_ambiente_1sk.html.

En cuanto al calcio, magnesio y potasio, actúan en relación directa con la producción de biomasa; los contenidos altos de fósforo tiene una relación inversa con la productividad del pasto kikuyo. Esto ocurrió porque, presuntamente, la planta capta los nutrientes que necesita, sólo en las cantidades que requiere para su mejor productividad, así la planta pueda encontrar en el suelo altos contenidos de los minerales. Además, en los lugares estudiados no se observó deficiencias ni excesos de minerales en el pasto kikuyo.

Probablemente el calcio afectó directamente a la producción de biomasa fresca porque es conocida su importancia en el crecimiento de las raíces y tallos de la planta, favoreciendo que ésta tome con más facilidad los nutrientes del suelo; además, es un constituyente de la pared celular, fortaleciendo la estructura de la planta, y de este modo aumentar su calidad y producción de biomasa.

El calcio es un elemento esencial, se almacena en los tejidos de la planta, participa en la elongación y división de las células y en la activación de algunas enzimas importantes para el desarrollo de la planta, y su deficiencia en el suelo limita el desarrollo radical⁹³.

En este sentido, Primavesi, citada por Muñoz y Muñoz⁹⁴, afirma que el calcio es indispensable para la nutrición vegetal y el equilibrio mineral. La absorción del calcio depende de la temperatura, siendo mejor a temperaturas elevadas. El efecto del calcio depende íntimamente del equilibrio con los demás cationes, en especial K, Mg, Zn, Cu, B y Fe. El mayor efecto del calcio se consigue en presencia de materia orgánica. Lo cual indica que para lograr altos rendimientos se necesita un efecto asociativo de los nutrientes en las plantas para la síntesis de proteína.

La producción de biomasa fresca se ve relacionada de manera directa con el magnesio, debido a que posiblemente es uno de los nutrientes del suelo que son parte de la clorofila, por lo que se encuentra íntimamente involucrado con la fotosíntesis, proceso de gran importancia para que haya un mayor crecimiento de la planta, este mineral además es vital para la síntesis de hidratos de carbono, proteínas y grasas.

⁹³ GUEVARA, Dorkas. Calcio y magnesio del suelo. 2000. Disponible en internet: <http://www.meditarraneadeagroquimicos.es/introducción.html>.

⁹⁴ MUÑOZ, Gloria. y MUÑOZ, Pablo. Efecto de las coberturas sobre algunas características biológicas de los suelos del trayecto Pasto- Sandoná. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa Agronomía.

De acuerdo con Benavides, en el reino vegetal, el magnesio es constituyente de la clorofila, esencial para la fotosíntesis y vida de las plantas en general, además también actúa como activador de enzimas, en particular activa las enzimas que transfieren un fosfato de ATP al ADP⁹⁵.

Caravallo sostiene que el magnesio es básico en la conformación de la clorofila e influye directamente en la capacidad para la síntesis de proteínas. La deficiencia de este elemento hace que haya una disminución de la fotosíntesis y menor asimilación⁹⁶.

El potasio se relaciona directamente con la producción de biomasa fresca, porque seguramente este elemento participa en la formación de carbohidratos y hace que aumente la resistencia a condiciones de stress como sequías y heladas, la deficiencia de este elemento reduce la fotosíntesis y la acumulación de carbohidratos, de este modo influye en el rendimiento y calidad del pasto kikuyo, ya que el pasto no crece de manera óptima.

Del mismo modo, Guerrero⁹⁷ menciona que el potasio puede ser considerado un elemento limitante en la producción de kikuyo; sin embargo, es necesario tener en cuenta la interacción de este elemento con el nitrógeno y el fósforo, ya que si estos últimos son de baja disponibilidad, el cultivo muestra una respuesta deficiente en producción y calidad bromatológica.

Sanders⁹⁸ afirma que el potasio es un macronutriente esencial para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas, algunas de las principales funciones de las plantas, donde el potasio está comprometido, son síntesis de proteínas, osmorregulación y activación de enzimas.

⁹⁵ BENAVIDES, Adalberto. Nutrición mineral. Comunidades de divulgación científico técnica. 2005. (Disponible en internet) <http://www.elergonomista.com/fisiologiavegetal/>.

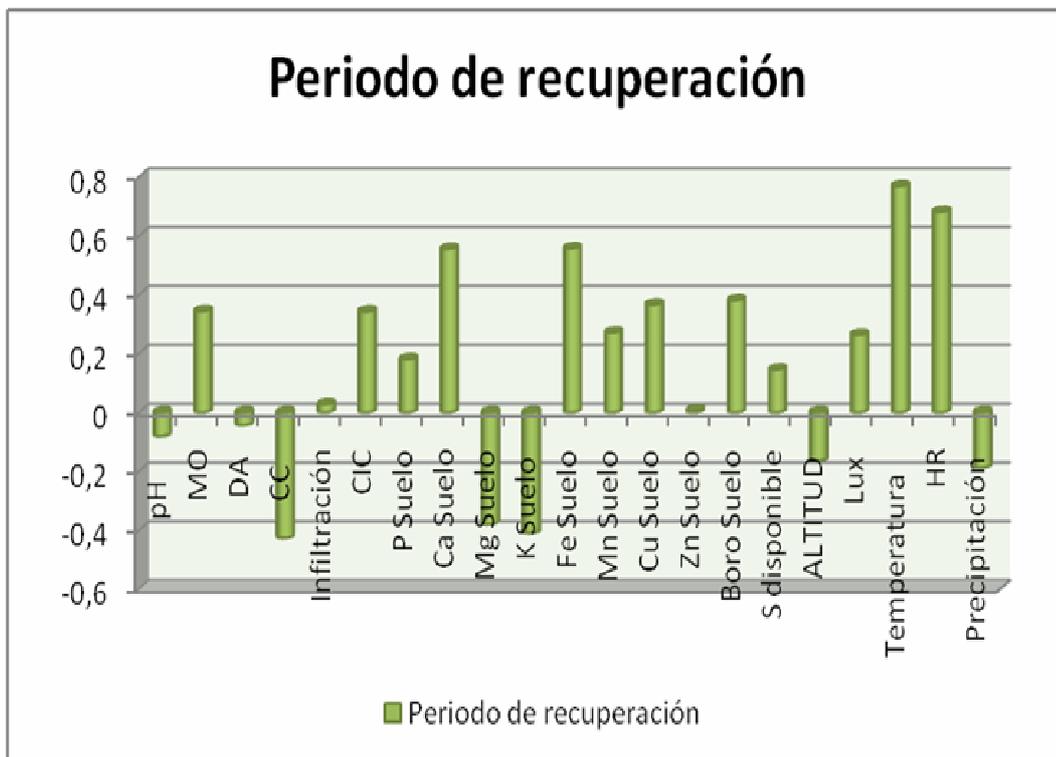
⁹⁶ CARAVALLLO, Sandra. Magnesio. 2002. Disponible en internet: <http://www.ibosa.org/productos/q-ba/q-ba-magnesio.html>.

⁹⁷ GUERRERO, Ricardo. Diagnóstico químico de la fertilidad del suelo. Bogotá, Colombia: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1980. p. 96.

⁹⁸ SANDERS, L. Absorción de potasio por los cultivos en distintos estadios fisiológicos. 1995. Disponible en internet: http://www.Kali-gmbh./duengemittel_sp/TechService/nutrients/nutrients_main.cfm.

El tercer componente está representado por valores cortos de periodo de recuperación, relacionado directamente con la temperatura, humedad relativa y, en forma inversa, por la capacidad de campo (Figura 6).

Figura 6. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del tercer factor que corresponde al periodo de recuperación.



Este componente revela que para tener un periodo de recuperación corto, se requiere un valor de temperatura que puede oscilar entre 14 a 16°C, ya que con esta condición aumenta la actividad metabólica en la planta, generando que el pasto se recupere más rápido por su crecimiento acelerado.

La temperatura es importante, ya que es un factor fundamental para el desarrollo de las plantas; preside en éstas, todas las combinaciones y reacciones bioquímicas⁹⁹.

⁹⁹ TORRES, Francisco., *et al.* Análisis de algunos parámetros climáticos del altiplano de pasto, Nariño, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencia Agrícolas, Revista de investigaciones, 3(4): 154. 1988.

De acuerdo con Benavides, las plantas no son capaces de mantener su temperatura constante, por lo que los cambios de temperatura ambiental influyen sobre su crecimiento y desarrollo, así, de esta manera, las altas temperaturas disminuyen la capacidad del suelo para retener agua, porque se evapora muy rápidamente, lo que afecta a las plantas, ya que el suelo es su principal reserva de agua¹⁰⁰.

Una humedad relativa entre 85 a 90 % genera un periodo de recuperación corto, ya que el agua es determinante en la actividad fotosintética, su presencia disminuye el periodo de recuperación por el mayor crecimiento y desarrollo de la planta.

Sobre esta temática, Navarrete manifiesta que el periodo de recuperación se ve gravemente afectado por la humedad relativa del aire y precipitación pluvial, debido a la sensibilidad que presenta esta especie a la disponibilidad de estas condiciones¹⁰¹.

Peña¹⁰² afirma que el periodo de recuperación puede tener una influencia directa con una buena precipitación, ya que estimula la movilización y toma de nutrientes acelerando el crecimiento de la planta.

Así mismo, es necesario que el suelo este a capacidad de campo y para ello, la humedad del suelo debe estar entre 35 - 40 %; como tiene una correlación altamente significativa con la velocidad de infiltración y penetrabilidad, se debe tener en cuenta también estos indicadores, los cuales deben oscilar entre 3 a 5 cm/h y 1,5 a 2 MPa/m², respectivamente; por lo tanto, un suelo con estas condiciones va a permitir una mayor penetración de las raíces a horizontes inferiores, provocando que pueda captar mayor cantidad de nutrimentos.

En este sentido, la restricción en el espacio aéreo causado por la compactación significa menores posibilidades para la exploración de la raíz en búsqueda de agua y nutrientes por parte de la planta con las consecuentes deficiencias y mal nutrición¹⁰³.

¹⁰⁰ BENAVIDES, Adalberto, Op cit., p. 4.

¹⁰¹ NAVARRETE, Eduardo. Op. cit., 48 p.

¹⁰² PEÑA, Manuel. Op. cit., 146 p.

¹⁰³ RUIZ, Hugo., *et al.* Las zanjas de alta fertilidad, una alternativa en el mejoramiento productivo de los suelos degradados. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Revista de investigaciones, 2(4):39. 2002.

Además, la compactación del suelo causada por inadecuado manejo del mismo, incrementa la densidad aparente, reduciendo así la porosidad; disminuye la tasa básica de infiltración, aumenta la resistencia del suelo a la penetración y hace descender la capacidad de éste para almacenar agua¹⁰⁴.

En el análisis, además de estas agrupaciones de valores, y para mayor comprensión, se asoció los lugares con características similares, para así aclarar con datos específicos las variables que influyen sobre la calidad y productividad del pasto kikuyo, a esto se le llama clúster y en este estudio, como se aprecia en la Tabla 10, se asociaron en 3 grupos.

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

	CLUSTER 1	CLUSTER 2	CLUSTER 3
pH	6,9	6,57	5,7
MO	6	4	6
DA	0,83	1,03	0,85
CC	0,43	0,37	0,47
Infiltración	8,98	4,27	8,25
CIC	22,45	14,53	21,5
P Suelo	36,25	89,67	190
Ca Suelo	19,88	10,47	11,05
Mg Suelo	3,26	2,01	3,02
K Suelo	2,61	1,33	2,95
Fe Suelo	46,5	44,67	117
Mn Suelo	2,46	3,43	15,63
Cu Suelo	2,1	2,19	3,82
Zn Suelo	7,63	4,85	9,9
Boro Suelo	0,09	0,05	0,14
S disponible	17,87	7,32	7,84
ALTITUD	2547,5	2584,33	2702
Lux	11,85	20,89	12,49
Temperatura	16,5	15	13,5
HR	0,81	0,83	0,8
Precipitación	1190,13	833,27	778,8

¹⁰⁴ LEGARDA, Lucio. Variabilidad de algunas propiedades físicas en suelos del Putumayo, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Revista de investigaciones, 1(2):211. 1985.

En los clúster se puede confirmar las relaciones antes explicadas, y analizar que solamente el clúster dos tiene las características óptimas en las que se desarrolla el pasto kikuyo; estos valores se los puede tomar como rangos para que el productor los tenga en cuenta al establecer el pasto kikuyo.

En el clúster 2 se asocian los sitios G2, G3 y SF1 localizados en los corregimientos de Genoy y San Fernando, respectivamente; identificándose con un periodo de recuperación corto (44,4 días) y una alta producción de biomasa en comparación con el resto de lugares, relacionado con contenidos bajos de magnesio (2 meq /100 g), potasio (1,3 meq /100 g), zinc (7,6 ppm); y valores inferiores de las propiedades físicas del suelo, como: capacidad de campo (37,3%), penetrabilidad (15 kgf/cm²), infiltración (4,27cm/h), porosidad (60,3%); además de las condiciones climáticas, es necesario que exista una alta luminosidad (20,9 klux) y una precipitación alrededor de 833.27 mm/añual.

De acuerdo con lo anterior, y en general, los resultados del diseño estadístico utilizado determinaron que el periodo de recuperación, la producción y calidad de biomasa son afectadas indirectamente por algunas propiedades químicas tales como la materia orgánica y la capacidad de intercambio, mientras que el pH y el azufre disponible se relaciona en forma directa.

A manera de facilitar la comprensión de los niveles que afectan las características en las que el pasto kikuyo se desarrolla de manera óptima y para que el productor pueda colocar en práctica, se establecieron para las propiedades físicas un promedio de densidad real de 2,6 g/cc, porosidad cercana a 63%, capacidad de campo de 38%, infiltración de 4 cm/h y penetrabilidad cerca de 1,8 MPa/cm², las cuales actúan en forma indirecta sobre el periodo de recuperación.

Por lo anterior, si se mejoran las condiciones físicas del suelo, habrá mayor producción de biomasa con un aumento en el contenido celular y disminución de los carbohidratos estructurales por efecto de una mayor biodisponibilidad de nutrientes en el suelo, lo que a su vez se ve reflejado en mayores digestibilidades de materia seca y proteína¹⁰⁵.

¹⁰⁵ APRAÉZ, Edmundo. Y MONCAYO, Oscar. Caracterización agronómica y bromatológica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum Clandestinum* Hoechst) sometida a rehabilitación mediante labranza y fertilización orgánica y/o mineral. [on line] 2006. [citado noviembre 15/06]. Disponible en internet: <http://www.lead.virtualcenter.org/esUenl/keynote14.htm>.

Finalmente, de las condiciones climáticas, como ya se mencionó anteriormente las que tienen relación directa son: temperatura, luminosidad, humedad relativa y precipitación, siendo la altitud la que afecta indirectamente.

6.7 PLAN DE MANEJO DEL PASTO KIKUYO EN LA ZONA DEL ALTIPLANO DE PASTO EN UN RANGO DE ALTURA DE 2400 – 2799 msnm.

Los resultados obtenidos en este estudio permiten asegurar que para obtener una mayor productividad del pasto kikuyo en un rango de altura de 2400 – 2799 msnm, se requiere las siguientes condiciones:

- Suelto (ni arcilloso, ni muy arenoso sino franco).
- Con valores de materia orgánica de 4 – 6 %.
- Valores de pH alrededor de 6 a 7.

Teniendo en cuenta los parámetros anteriores, es necesario:

- Para un suelo arcilloso, pesado, que se enfanga, mejorarlo aportando especialmente materia orgánica (compost, estiércol, humus y rastrojos).
- Para un suelo arenoso seco, que retiene poca agua, también se mejora mezclando la capa superior con material orgánico.
- Para un suelo con mal drenaje se debe evitar encharcamientos dando pendientes al terreno, aportar materia orgánica.
- Para un suelo con escasa porosidad, es importante aumentar la actividad biológica, incrementando materia orgánica, para que la macrofauna especialmente las lombrices de tierra, puedan cavar túneles en el suelo que ayudan a mejorar la ventilación y el drenaje-
- Si el suelo tienen un pH muy ácido, escasearán algunos nutrientes esenciales para el desarrollo de la planta como el calcio, magnesio fósforo y boro, el pH se sube incorporando caliza molida, CaCO_3 y CaO .
- Si el suelo es muy compacto, es necesario favorecer la acumulación de materia orgánica y controlar el tráfico, seleccionar una adecuada rotación de cultivos y hacer un laboreo mínimo que mejora la infiltración, la aireación y finalmente mejora la calidad del kikuyo ya que éste tiende a acolchonarse.

Este tipo de condiciones químicas y físicas son modificables, pero las condiciones climáticas son aquellas que están determinadas por el rango de altura, aunque tienen una influencia relevante en la producción y calidad nutritiva del pasto, es imposible modificarlas. De acuerdo con este estudio, el pasto kikuyo prospera bien a una temperatura de 15 °C, humedades relativas del 83% y precipitación pluvial de 850 mm/año.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

El pasto kikuyo expresa su potencial productivo cuando existe una luminosidad entre 18 a 20 lux y una precipitación pluvial cerca de 840 a 860 mm/anual.

Para obtener un periodo de recuperación corto es necesario contar con valores de humedad relativa que oscilan entre 85 a 90 % y temperaturas cercanas a 15 a 17 °C.

Al tener en la pradera una capacidad de campo entre 35 a 40 %, porosidad de 60 a 65 % y una velocidad de infiltración entre 3 a 5 cm/h, son los más adecuados para lograr un corto periodo de recuperación.

La densidad aparente cercana a 0,95 - 1.05 y la penetrabilidad entre 1,5 - 2 MPa/cm², tienen una relación directa con el periodo de recuperación e inversa con la producción de forraje verde.

Para tener una mayor eficiencia en la producción y calidad del pasto kikuyo, es necesario mantener un pH del suelo en rangos que oscilan entre 6 y 7.

Niveles de materia orgánica entre 4 - 6% con una alta mineralización, y además que exista una capacidad de intercambio catiónico entre 13 y 16, posibilitan una mayor calidad y producción de biomasa.

Contenidos de azufre disponible en rangos cercanos a 6,5 - 7,5 ppm son adecuados para garantizar una buena producción de biomasa.

La presencia de lombrices de tierra en el suelo favoreció la producción del pasto kikuyo.

Según el análisis de correspondencias múltiples (ACM) posiblemente las gasterópodos (babosas) son algunos indicadores biológicos de un suelo franco y para un suelo con textura franco-arcillosa las lepidópteras (polillas), ya que de acuerdo al presente estudio, su presencia determina el tipo de textura del suelo.

7.2. RECOMENDACIONES

Rescatar esta especie nativa, ignorada por los productores para encontrar nuevas alternativas para seguridad alimentaria local.

Teniendo en cuenta que las condiciones óptimas en las que se desarrolla el pasto kikuyo son: pH alrededor de 6,5, una infiltración de 3 – 5 cm/h y capacidad de campo de 35 – 40%, es recomendable que el productor tome las medidas necesarias para mantener rangos cercanos en su pradera, esto se logra conociendo el verdadero estado del suelo y mejorando sus características de acuerdo con el plan de manejo establecido anteriormente en esta investigación.

De las propiedades físicas se recomienda tener suelos sueltos, con buen drenaje, buena aireación que favorece la extracción de nutrientes para el desarrollo óptimo de la planta.

De las propiedades químicas, es recomendable contar con valores medios de materia orgánica, pH ligeramente ácidos a neutros, lo que favorece la disponibilidad de nutrientes a la planta.

Es recomendable la producción del pasto kikuyo en zonas con un rango de temperatura alrededor de 15 a 17 °C, una precipitación pluvial de 840 a 860 mm/añual y una humedad relativa del 85 a 90 %.

BIBLIOGRAFÍA

ACHICANOY, Pilar. y CORELLA, Arsenio. Estudio del a comercialización de abono orgánico en el municipio de Pasto, departamento de Nariño. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Revista de investigaciones, 1(2): 24. 1999.

ALZATE, Rodrigo. Y MUÑOZ, Juan. Utilización de estiércol de cerdo en la fertilización de los pastos. Medellín, Colombia, 1983. 76. p. trabajo de grado (Zootecnista). Universidad Nacional. Facultad de Ciencia Agropecuarias.

APRAÉZ, Edmundo. Y MONCAYO, Oscar. Caracterización agronómica y bromatológica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum Clandestinum* Hoechst) sometida a rehabilitación mediante labranza y fertilización orgánica y/o mineral. [on line] 2006. [Citado noviembre 15/06]. Disponible en internet: <http://www.lead.virtualcenter.org/esUenl/keynote14.htm>.

_____, et al. Respuesta del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) a diferentes niveles de fertilización nitrogenada y/o mineral. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Revista de investigaciones, 1(2): 42. 1999.

AVILAN, L. y DE ROJAS, I. evaluación de niveles de azufre en suelos de la serie Barinas. 2001. Disponible en internet: <http://www.ceniap.gov.co/suelos/nutrientes/azufre.html>

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

BENAVIDES, Adalberto. Nutrición mineral. Comunidades de divulgación científico técnica. 2005. (Disponible en internet) <http://www.elergonomista.com/fisiologiavegetal/>

BERNAL, Javier. Pastos y forrajes tropicales: Producción y manejo. 3 ed. Bogotá: Ángel Agro-ideagro. 1994

_____. _____. 4 ed. Bogotá: Ángel Agro-ideagro, 2003.

BURBANO, Hernán. Características bioquímicas y condiciones de fertilidad de los suelos volcánicos. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de ciencias Agrícolas, Revista de investigaciones, 3(4): 98-105. 1989.

_____. Diagnóstico de la acidez del suelo y criterios para la recomendación de cal. En: Diagnóstico, fertilidad e interpretación de análisis de suelo. Pasto, Colombia: MONÓMEROS COLOMBO VENEZOLANOS. S.A. 1988.

_____. La materia orgánica del suelo en el contexto de una agricultura sostenible. En: Fertilidad de suelos: Diagnóstico y control. 2 ed. Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 2001.

_____. Enmiendas orgánicas. En: Fertilización de cultivos en clima frío. 2 ed. Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos, 1988.

BORNEMISZA, Elemer. Introducción a la química de suelos. Washington: OEA. 1982.

BUCKMAN, H.O y BRADY, N.C. Naturaleza y propiedades de los suelos. México: UTHEA, 1965.

CARDENAS, Edgar. Alternativas forrajeras para clima frío en Colombia. <http://www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/archivos/FILE-EVENTOSENTI/FILE-EVENTOSENTI10332.pdf>

CASTRO, Daniel. Influencia del grado de disturbación y efecto fisiológico de un herbicida de contacto en una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoehst). Pasto, Colombia. 1990. p. 62. Trabajo de grado (Ingeniero agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias Agrícolas. Programa de agronomía.

CASTRO, Hugo. Fundamentos para el conocimiento y manejo de suelos agrícolas: Manual técnico. Tunja: Instituto Universitario Juan de de Castellanos. 1998.

CARAVALLLO, Sandra. Magnesio. 2002. Disponible en internet: <http://www.ibosa.org/productos/q-ba/q-ba-magnesio.html>.

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

CORTÉS, Abdón. Suelos Colombianos, una mirada desde la academia. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Facultad de recursos naturales. 2004.

CRESPO, G., *et al.* Los pastos en Cuba. La Habana Cuba: Ed: Pueblo y educación. 1998. 345-416 pp.

FASSBENDER, Hans y BORNEMISZA, Elemer. Química de los suelo con énfasis en suelos de América latina: Costa Rica: IICA, 1994.

FIGUEREDO, Edith y URREGO, Carlos. Prácticas Agroecológicas. Bogotá: El gato editor, 1994.

GÁLVEZ, Arturo. Seguridad alimentaria animal: ruta de investigación. Universidad de Nariño, facultad de ciencias Pecuarias. 2006. p. 3.

GARAVITO, Fabio y otros. Propiedades químicas de los suelos. Bogotá: INAC, 1974.

_____. Factores determinantes en el crecimiento de la planta. En: Fertilización de cultivos en clima frío. 2 ed. Bogotá: Saénz y Cia. LTDA, 1988.

_____. Minerales en las plantas. En: Fertilidad de suelos: Diagnóstico y control. 2 ed. Bogotá: Editora Guadalupe LTDA, 2001.

GARCÍA, Álvaro. y GONZALES, Alberto. Los elementos secundarios en suelos alcalinos. En: Los elementos secundarios (Ca, Mg, S) y el Silicio en agricultura. Bogotá, Colombia. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 2001.

GAVANDE, S. Física de los suelos: Principios y aplicaciones. México: Limusa, 1982

GUERRERO, M. y GARCÍA, C. Evaluación del grado de deterioro de suelos trigueros de ladera en el municipio de Yacuanquer. Nariño, 1993, p. 113. Tesis de

grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

GUERRERO, Ricardo. Diagnóstico químico de la fertilidad del suelo. Bogotá, Colombia: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1980. 141-179 p.

_____. Fertilización con azufre para el cultivo de papa en Colombia. En: Fertilización de cultivos en clima frío. 2 ed. Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos, 1988.

GUEVARA, Dorkas. Calcio y magnesio del suelo. 2000. Disponible en internet: <http://www.meditarraneadeagroquímicos.es/introducción.html>.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTÍN CODAZZI. Suelos de Colombia: Origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Bogotá: Canal Ramírez Antares LTDA, 1995.

LEGARDA, Lucio. Propiedades físicas de la productividad del suelo. En: Diagnóstico, fertilidad e interpretación de análisis de suelo. Pasto, Colombia: MONÓMEROS COLOMBO VENEZOLANOS. S.A. 1988. 99 p

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

_____. MORA, E. y BLASCO, M. Relaciones entre algunas características de los suelos y los pisos altitudinales de Nariño. Turrialba, (Costa Rica) 23(1): 97-103. 1973.

LÓPEZ RITAS, Julio y LÓPEZ MELIDA, Julio. El diagnóstico de suelos y plantas (Método de campo y laboratorio). 3 ed. Madrid: Mundi-prensa. 1978.

LORA, Rodrigo. Factores que afectan la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. En: Fertilidad de suelos: Diagnóstico y control. 2 ed. Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 2001.

MALAGÓN, Dimas. Propiedades físicas de los suelos. Bogota: IGAC. 1974. P. 2002.

MEDINA, Luis. Rendimiento, composición química y digestibilidad in vitro del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst). [on line]. 1980. P. 3 [citado Marzo 3/05]. Disponible en internet: [URL:http://fao.org/noticias/2005/000501](http://fao.org/noticias/2005/000501)

MERA; Fanur y ZAMORA; Ana. Establecimiento y evaluación inicial del arreglo árboles dispersos en asociación con el pasto Kikuyo (*Pennisetum Clandestinum H.*) en el altiplano de Pasto. 2003. p. 32. Trabajo de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencia Agrícolas.

MILA, Alberto. Suelos, pastos y forrajes. Bogotá: Unisur, 2001.

MONEO, Marta. Las plantas y su medio. Última modificación: 26/01/04. (Disponible en internet)
http://www.atmosphere.mpg.de/enid/f808155f28d040f78d4ebf5e061321e5,0/1_Las plantas y el clima/- las plantas y su medio ambiente 1sk.html.

MONTENEGRO, G.H. Y MALAGÓN, D. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: INAC, 1990, 813 p

MORALES, Juan. Compendio de Agronomía. 2 ed. Madrid: Pueblo y educación, 2002.

MUÑOZ, Gloria. y MUÑOZ, Pablo. Efecto de las coberturas sobre algunas características biológicas de los suelos del transecto Pasto- Sandoná. Trabajo de grado (Ingeniero agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa Agronomía.

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

PEÑA, Manuel. Fitotecnia de los pastos. La Habana: Pueblo y educación. 1995.

PIÑEROS, Jesús. Informe sobre el pasto kikuyo (*Pennisetum Clandestinum H.*). En: Revista Boletín Agrícola. Vol 6, N° 3 (Marzo, 1993); p. 5-7.

ROSAS, Antonio. Agricultura orgánica práctica: Alternativas tecnológicas para la agricultura del futuro. Bogotá: Arístides Gómez, 2002.

- RUIZ, Hugo., *et al.* Las zanjas de alta fertilidad, una alternativa en el mejoramiento productivo de los suelos degradados. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Revista de investigaciones, 2(4):39. 2002.
- SALAMANCA, Rafael. Pastos y forrajes: producción y manejo. Bogotá: USTA, 1990. p. 129
- SANDERS, L. Absorción de potasio por los cultivos en distintos estadios fisiológicos. 1995. Disponible en internet: [http://www. Kali-gmbh./duengemittel sp/TechService/nutrients/nutrients main.cfm](http://www.Kali-gmbh./duengemittel_sp/TechService/nutrients/nutrients_main.cfm).
- SILVA, J. Recomendaciones generales sobre gramíneas de clima frío, medio y calido. Pasto, ICA-DRI Convenio Colombo-Holandés. 1984.
- TORRES, Francisco., *et al.* Análisis de algunos parámetros climáticos del altiplano de pasto, Nariño, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencia Agrícolas, Revista de investigaciones, 3(4): 153. 1988.
- URBANO, Diannelys; ARRIOJAS, Ismael y DÁVILA, Ciro. Efecto de la fertilización en la asociación Kikuyo-Alfalfa (*Pennisetum clandestinum- Medicagosativa*). <Http://www.ceniap.gopv.ve/pbd/Revistascientificas/ZootecniaTropical/zt1302/texto/fertilizacion.htm+valor+nutritivo%2Bkikuyo&hl=es&ct=clnk&cd=1&gl=co&lr=lang-es>
- VAN SOEST, Peter. Nutritional ecology of ruminant. New York: Cornell University Press. 1994. p. 95.
- VIVEROS, Miguel. Fertilidad de suelos. En: Diagnóstico, fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto: MONÓMEROS COLOMBO-VENEZOLANOS S.A., 1988.

ANEXOS

Anexo A. Datos del análisis bromatológico del pasto kikuyo en los tres lugares.

	PASTO			SAN FERNANDO			GENOY		
	P1	P2	P3	SF1	SF2	SF3	G1	G2	G3
<i>MS (g/m2)</i>	809,08	762,85	624,15	679,63	531,68	628,77	647,27	605,66	841,45
<i>CENIZA (g/m2)</i>	842,33	794,20	649,80	707,56	553,53	654,61	673,87	630,55	876,03
<i>EE (g/m2)</i>	162,75	153,45	125,55	136,71	106,95	126,48	130,20	121,83	169,26
<i>FC (Kg/m2)</i>	2,30	2,16	1,77	1,93	1,51	1,78	1,84	1,72	2,39
<i>P. CRUDA (Kg/m2)</i>	1,26	1,19	0,98	1,06	0,83	0,98	1,01	0,95	1,32
<i>ENN (Kg/m2)</i>	1,27	1,20	0,98	1,06	0,83	0,99	1,01	0,95	1,32
<i>FDN (Kg/m2)</i>	3,51	3,31	2,71	2,95	2,31	2,73	2,81	2,63	3,65
<i>FDA (Kg/m2)</i>	1,79	1,69	1,38	1,51	1,18	1,39	1,43	1,34	1,86
<i>LIGNINA(g/m2)</i>	255,50	240,90	197,10	214,62	167,90	198,56	204,40	191,26	265,72
<i>CELULOSA (Kg/m2)</i>	1,54	1,45	1,19	1,29	1,01	1,19	1,23	1,15	1,60
<i>HEMICEL (Kg/m2)</i>	1,72	1,62	1,33	1,44	1,13	1,34	1,37	1,29	1,79
<i>CALCIO (g/m2)</i>	18,67	17,60	14,40	15,68	12,27	14,51	14,93	13,97	19,41
<i>FOSFORO (g/m2)</i>	29,17	27,50	22,50	24,50	19,17	22,67	23,33	21,83	30,33
<i>MAGNESIO (g/m2)</i>	17,50	16,50	13,50	14,70	11,50	13,60	14,00	13,10	18,20
<i>AZUFRE (g/m2)</i>	13,42	12,65	10,35	11,27	8,82	10,43	10,73	10,04	13,95
<i>N. TOTAL (g/m2)</i>	202,42	190,85	156,15	170,03	133,02	157,31	161,93	151,52	210,51
<i>PROT. VERD (g/m2)</i>	796,25	750,75	614,25	668,85	523,25	618,80	637,00	596,05	828,10
<i>NDT (Kg/m2)</i>	3,11	2,94	2,40	2,62	2,05	2,42	2,49	2,33	3,24

Anexo B. Datos recolectados de las condiciones climáticas de los tres lugares

LUGARES		FACTORES CLIMATICOS				
		ALTURA (msnm)	LUMINOSIDAD X MAX (klux)	LUMINOSIDAD X MIN (klux)	TEMPERATURA (°C)	H. RELATIVA %
PASTO	P1	2564	17,05	15,9	12	77
	P2	2558	16,43	15,89	13	87
	P3	2579	7,34	7,04	16	73
SAN FERNANDO	SF1	2692	15,99	15,25	11	80
	SF2	2700	11,63	11,27	12	84
	SF3	2704	14,5	13,7	15	75
GENOY	G1	2489	9,56	8,58	17	88
	G2	2486	23,26	22,64	14	78
	G3	2575	25,43	24,78	20	91

Anexo C. Coeficientes de correlación y p-valor de las variables cuantitativas en lundas

	PER	BO	PH	MO	DA	DR	CC	PEN	INFIL	FOR	OC	P	Ca	Mg	K	Fe	Mn	Cu	Zn	BOFD	NE	OD
PER																						
BO	0,5433 0,1308																					
PH	0,0298 0,9394	0,6132 0,0791																				
MO	0,2468 0,5189	-0,2887 0,4612	-0,346 0,3632																			
DA	-0,1051 0,7878	0,0272 0,9448	0,1424 0,7147	-0,5271 0,1448																		
DR	-0,0627 0,8728	-0,1236 0,7913	-0,2548 0,9389	-0,5887 0,8889	0,874 0,0489																	
CC	0,1398 0,7203	-0,2485 0,5174	-0,1405 0,7184	0 1	0,548 0,1285	-0,31 0,4189																
PEN	0,2047 0,8973	0,1421 0,7153	0,1791 0,8448	-0,3054 0,4241	0,418 0,2825	0,1788 0,649	0,4082 0,278															
INFIL	0,088 0,828	0,3172 0,4058	0,1742 0,8539	-0,2501 0,5184	0,538 0,1352	0,0318 0,9399	0,3488 0,3981	0,9419 0,0001														
FORCOS	0,0975 0,8029	-0,0588 0,8938	-0,1788 0,6482	0,4511 0,2229	0,988 0	-0,998 0,1121	0,5711 0,1082	0,5129 0,1579	0,8055 0,084													
OC	0,0875 0,8931	-0,0104 0,9787	-0,2533 0,5108	0,8803 0,0017	0,704 0,0108	-0,7289 0,0259	0,208 0,5948	-0,0722 0,8538	0,0988 0,8908	0,7303 0,0255												
P	-0,319 0,4028	-0,3182 0,4071	-0,7581 0,0069	-0,0329 0,933	0,078 0,8416	0,5489 0,1294	0,0988 0,8044	0,2134 0,5813	0,189 0,8938	0,1834 0,6388	-0,0087 0,8854											
Ca	0,1384 0,7284	0,3877 0,3028	0,4611 0,1784	0,3721 0,3241	0,288 0,4698	-0,3183 0,4022	0,1908 0,6233	0,339 0,3721	0,3282 0,3885	0,2537 0,51	0,3482 0,3815	-0,3359 0,3789										
Mg	0,1874 0,8888	0,0427 0,9131	0,0182 0,9891	0,1778 0,6471	0,882 0,052	-0,4284 0,2525	0,3518 0,3535	0,2831 0,4805	0,3802 0,3128	0,681 0,0435	0,5124 0,1584	-0,0402 0,9183	-0,1087 0,7807									
K	0,188 0,7801	-0,0238 0,982	0,0885 0,8882	0,2287 0,5575	0,518 0,1527	-0,538 0,1389	0,7038 0,0385	0,0786 0,8488	0,0703 0,8573	0,5803 0,1843	0,48 0,1909	-0,188 0,8337	-0,1088 0,7313	0,719 0,029								
Fe	-0,2885 0,4488	-0,1804 0,8238	-0,8181 0,0074	0,4891 0,2028	0,383 0,2881	0,0542 0,8888	0,0808 0,8388	0,0184 0,9887	0,1113 0,7758	0,4085 0,2737	0,4884 0,1812	0,7885 0,0182	-0,038 0,9288	-0,028 0,889	-0,148 0,708							
Mn	-0,0888 0,8803	-0,344 0,3847	-0,8874 0,0025	0,323 0,3885	0,308 0,4187	0,2728 0,4778	0,2847 0,4578	0,1788 0,6487	0,1738 0,8851	0,3881 0,3287	0,3577 0,3448	0,8484 0,004	-0,1881 0,8085	0,077 0,843	0,08 0,838	0,8723 0,0022						
Cu	-0,0482 0,9	-0,3218 0,3888	-0,7889 0,0189	0,3327 0,3817	0,288 0,4417	0,3548 0,488	0,0083 0,9882	0,2885 0,4885	0,2585 0,5018	0,3782 0,3188	0,3188 0,4015	0,877 0,0018	0,0228 0,9538	0,059 0,88	-0,188 0,888	0,8444 0,0042	0,8888 0,001					

Anexo D. Coeficientes de correlación y p-valor de las variables cuantitativas evaluadas en el ACP.

	PR	BO	NS	pH	NO	DA	CC	PEN	FOR	PS	CuS	MgS	KS	ZnS	FeS	MnS	CuS	BOFO	Sdsaps	ALT	LUM	TSVP	HR	PREC					
PR																													
BO	0.415																												
NS	0.299	0.543																											
pH	0.131	0.929	0.131																										
NO	0.036	0.565	0.813	0.928																									
DA	0.255	-0.13	-0.334	-0.444	0.909																								
CC	0.909	0.744	0.379	0.2314	0.117	-0.29	0.0262	0.1434	-0.53	0.764	0.498	0.9489	0.7147	0.144	0.126	-0.11	0.205	-0.11	-0.01	-0.57	0.747	0.771	0.5985	0.7789	0.975	0.113			
PEN	0.747	0.771	0.5985	0.7789	0.975	0.113																							
FOR	0.214	0.398	0.1448	0.1791	-0.3	-0.42	0.42																						
PS	0.981	0.347	0.7102	0.8448	0.431	0.283	0.281	0.119	0.265	-0.059	-0.219	0.475	-0.56	0.57	0.52	0.761	0.492	0.8839	0.5707	0.196	0	0.109	0.16						
CuS	0.321	-0.34	0.315	-0.798	0.054	-0.08	0.072	0.21	0.211	0.359	0.54	0.4032	0.0059	0.89	0.842	0.895	0.58	0.585	0.138	0.58	0.3874	0.4811	0.287	-0.29	-0.17	0.34	0.249	-0.3399	
MgS	0.724	0.102	0.3029	0.1794	0.464	0.498	0.699	0.37	0.519	0.3769	0.198	0.235	0.0451	0.0162	0.214	-0.89	0.387	0.28	0.698	-0.0402	-0.109								
KS	0.67	0.542	0.9882	0.9891	0.581	0.052	0.331	0.46	0.054	0.9183	0.7807	0.1	0.052	-0.021	0.0985	0.219	-0.52	0.705	0.08	0.488	-0.185	-0.134	0.7187						
ZnS	0.798	0.894	0.9571	0.8952	0.571	0.193	0.034	0.86	0.204	0.6337	0.7313	0.0291	0.423	-0.12	-0.384	-0.579	0.697	-0.81	0.067	0.18	0.693	0.3546	-0.03	0.5708	0.1642				
FeS	0.257	0.758	0.3081	0.1034	0.054	0.084	0.894	0.85	0.057	0.3491	0.9399	0.1085	0.6729	0.232	-0.05	-0.19	-0.815	0.533	-0.39	0.089	0.02	0.467	0.7695	-0.036	-0.055	-0.146	0.5398		
MnS	0.448	0.908	0.6241	0.0074	0.139	0.298	0.89	0.97	0.217	0.0162	0.9289	0.891	0.7079	0.1345	-0.08	-0.21	0.343	-0.897	0.41	-0.31	0.283	0.18	0.41	0.8484	-0.198	0.0773	0.0798	0.5807	0.8723
CuS	0.838	0.581	0.9997	0.0025	0.273	0.419	0.466	0.85	0.273	0.004	0.6085	0.8433	0.8394	0.1011	0.0022														
BOFO	0.053	-0.12	-0.32	-0.767	0.411	-0.29	0.02	0.29	0.412	0.877	0.0228	0.0593	0.1993	0.6348	0.8444	0.8968													
Sdsaps	0.853	0.762	0.4005	0.0199	0.272	0.442	0.986	0.46	0.27	0.0019	0.9536	0.8796	0.8988	0.8983	0.0042	0.001													
ALT	0.374	-0.16	0.289	-0.543	0.628	-0.43	0.031	0.31	0.403	0.4318	0.048	-0.025	0.0084	0.2744	0.8983	0.4185	0.4737												
LUM	0.321	0.705	0.4931	0.1909	0.07	0.252	0.597	0.42	0.283	0.2488	0.9104	0.58	0.9828	0.4748	0.0372	0.2623	0.1977												
TSVP	0.116	0.494	0.3034	0.5277	0.399	-0.85	0.195	0.12	0.533	-0.6036	0.6678	0.3498	0.3453	0.0557	0.1847	-0.4183	-0.3412	0.2149											
HR	0.767	0.177	0.4022	0.1442	0.308	0.081	0.819	0.76	0.139	0.0862	0.0484	0.3938	0.3625	0.8989	0.8342	0.2828	0.3189	0.9787											
PRECIP	0.053	-0.16	0.272	-0.468	0.051	-0.13	0.137	0.31	0.241	0.7241	-0.278	0.4312	0.2839	0.4239	0.3343	0.6387	0.8983	0.1094	0.463										
	0.852	0.69	0.4798	0.172	0.898	0.745	0.725	0.42	0.533	0.0274	0.4698	0.2495	0.4691	0.2598	0.3793	0.0941	0.0412	0.7794	0.221										
	0.485	0.208	0.5146	0.2395	-0.67	0.763	0.31	0.15	-0.74	-0.0082	-0.16	-0.604	-0.4023	-0.704	0.1981	-0.1704	-0.299	-0.4967	0.52	-0.197									
	0.185	0.591	0.1995	0.5402	0.048	0.017	0.416	0.71	0.023	0.9832	0.6819	0.0853	0.2831	0.0343	0.8132	0.8912	0.489	0.2188	0.1517	0.612									
	0.027	0.622	0.5718	0.2477	0.208	-0.11	0.28	0.13	0.087	-0.2511	0.6726	-0.29	-0.3629	0.0341	0.2111	-0.0184	0.0285	-0.0951	0.3406	-0.906	0.2362								
	0.948	0.074	0.1077	0.5205	0.594	0.775	0.494	0.73	0.823	0.5146	0.0471	0.4484	0.3371	0.9307	0.5899	0.9828	0.9481	0.8077	0.3997	0.185	0.5408								
	0.182	0.293	0.3995	0.1897	0.369	0.248	0.38	0.42	0.322	-0.2731	0.5238	-0.39	0.0553	-0.284	0.048	-0.045	-0.0897	0.0035	0.1853	-0.236	0.3025	0.5329							
	0.64	0.444	0.3319	0.625	0.33	0.52	0.307	0.26	0.369	0.477	0.1478	0.2569	0.8976	0.4624	0.9023	0.9034	0.8648	0.8109	0.6332	0.541	0.4177	0.1398							
	0.349	0.554	0.4207	0.7295	-0.22	-0.4	0.236	0.59	0.371	-0.6987	0.4878	0.3989	0.1885	-0.0072	0.5082	-0.5309	-0.4485	-0.4842	0.6537	-0.37	-0.2041	0.3395	-0.228						
	0.368	0.122	0.2698	0.0297	0.567	0.28	0.542	0.09	0.325	0.0832	0.1828	0.3036	0.6253	0.9854	0.1644	0.1414	0.2269	0.1899	0.0962	0.327	0.5685	0.3729	0.956						

Anexo E. Medidas de tendencia central y promedios de los lugares, en total, de cada lugar y clúster

	MEMA	DESVIEST	CV	1	2	3	CL.1	CL.2	CL.3
RECUBRIMIENTO	46,33	4,65	9,90	5,0	47	44	48,4	44,1	48,2
BIOMASA (g/m ²)	4,91	0,77	15,72	5	4	6	5,1	5,1	4,2
MAT. SECA (g/m ²)	681,17	107,08	15,72	688,88	602,57	762,85	710,8	708,9	580,2
CEJUNA (g/m ²)	709,16	111,48	15,72	717,19	627,36	794,20	740,1	738,0	604,1
GE (g/m ²)	137,02	21,54	15,72	138,57	121,21	153,5	143,0	142,6	116,7
PO (g/m ²)	1933,01	303,87	15,72	1954,88	1709,97	2164,80	2017,2	2011,7	1646,6
PROF (g/m ²)	1064,73	167,37	15,72	1076,77	941,88	1192,40	1111,1	1108,1	906,9
BN (g/m ²)	1067,18	167,76	15,72	1079,26	944,05	1195,15	1113,7	1110,6	909,0
FDN (g/m ²)	2955,02	464,52	15,72	2988,44	2614,05	3309,35	3083,7	3075,4	2517,1
FDA (g/m ²)	1508,69	237,16	15,72	1525,76	1334,61	1689,60	1574,4	1570,1	1285,1
UGNNA (g/m ²)	215,11	33,81	15,72	217,54	190,29	240,90	224,5	223,9	180,2
CELULOSA (g/m ²)	1293,59	203,35	15,72	1308,22	1144,33	1448,70	1349,9	1346,3	1101,9
HEMOCEL (g/m ²)	1446,32	227,36	15,72	1462,68	1279,44	1619,75	1509,3	1505,2	1232,0
CALCO (g/m ²)	15,72	2,47	15,72	15,89	13,90	17,60	16,4	16,4	13,4
POSFORO (g/m ²)	24,56	3,86	15,72	24,83	21,72	27,50	25,6	25,6	20,9
MAGNESIO (g/m ²)	14,73	2,32	15,72	14,90	13,03	16,50	15,4	15,3	12,6
AZÚCAR (g/m ²)	11,30	1,78	15,72	11,42	9,99	12,65	11,8	11,8	9,6
M. TOTAL (g/m ²)	170,42	26,79	15,72	172,34	150,75	190,85	177,8	177,4	145,2
P. VERDE (g/m ²)	670,37	105,38	15,72	677,95	593,02	750,75	699,6	697,7	571,0
ACF (g/m ²)	2,62	0,41	15,72	2,65	2,32	2,94	2,7	2,7	2,2
Ph	6,52	0,67	10,29	7,10	6	6,47	6,9	6,6	5,7
MAT. ORGANICA	5,2222	0,02	46,12	4,53	5,533	5,6	5,8	3,7667	6,250
Con. Aparente (gbc)	0,90	0,11	12,51	0,89	0,90	0,97	0,8	1,033	0,9
Dens. Real (gbc)	2,55	0,07	2,81	2,52	2,59	2,54	2,5	2,6	2,6
Cap. de Campo	42,01	0,05	12,84	43,9	42,747	39,38	43,180	37,337	46,675
Porosidad	17,67	3,89	22,01	2,1	18	14	18,8	15,0	19,5
Adhesión (cmH ₂ O)	7,24	4,25	58,61	11,3	6,7	3,8	8,98	4,27	8,25
Porosidad'	0,65	0,04	5,83	66,90	65,24	62,11	0,669	0,603	0,671
Ca (mg/100g)	19,60	6,13	31,28	20,13	19,67	19	22,5	14,5	21,5
Fosforo (ppm)	88,22	80,85	91,64	3,4	168	63	36,3	89,7	190
Ca (mg/100g)	14,78	8,43	57,08	19,70	10,73	13,90	19,9	10,5	11,1
Mg (mg/100g)	2,79	1,14	40,74	3,55	3,12	1,70	3,3	2,0	3,02
K (mg/100g)	2,26	1,41	62,58	2,69	2,58	1,51	2,6	1,3	2,95
Pb (ppm)	61,56	56,91	92,45	2,7	89	69	46,5	44,7	117,0
Mn (ppm)	5,71	6,87	120,38	1,66	11,09	4	2,5	3,4	15,6
Cu (ppm)	2,51	1,09	43,31	2,01	3,41	2,11	2,1	2,2	3,8
Zinc (ppm)	7,21	2,99	41,49	7,44	8,67	5,52	7,6	4,9	9,9
Boro (ppm)	0,08	0,11	124,51	0,02	0,130	0,103	0,088	0,047	0,135
N total	0,0023	0,00092	39,40	0,0021	0,0025	0,00243	0,255	0,18	0,28
Carbono Orgánico	0,03	0,01	46,22	0,0261	0,0322	0,03240	3,34	2,19	3,64
Sólido (ppm)	12,12	6,05	49,90	16,91	8,14	11,32	17,9	7,3	7,8
Al / FUS (mg/cm ²)	2594,11	91,15	3,51	2567	2689	2517	2547,5	2584,3	2702
LUM (lux)	15,01	5,40	36,02	12,94	13,41	18,67	11,9	20,9	12,5
TEMPERATURA	15,33	3,20	20,84	1,6	13	17	16,5	15,0	13,5
H. RELATIVA	0,81	0,06	7,16	0,79	0,80	0,857	0,81	0,83	0,80
PRECIPITACION	979,77	225,55	23,02	1300	778,8	860,5	1190,1	833,3	778,8

Anexo F. Peso de los 7 componentes principales que arrojo el ACP.

	<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Factor 3</i>	<i>Factor 4</i>	<i>Factor 5</i>	<i>Factor 6</i>	<i>Factor 7</i>
PREC	0,146	0,303	-0,468	-0,33	-0,657	0,246	0,255
BIOMASA	-0,345	0,534	0,536	0,501	0,14	0,097	-0,161
MS	-0,586	0,307	0,494	0,452	0,256	0,126	-0,105
pH	-0,819	0,517	-0,081	0,042	0,024	0,042	-0,11
MO	0,672	0,33	0,344	-0,533	0,019	0,166	0,061
DA	-0,618	-0,723	-0,044	-0,203	-0,094	0,218	-0,051
CC	0,316	0,294	-0,427	0,307	0,298	-0,28	0,598
Infiltración	0,093	0,442	0,027	0,791	-0,367	-0,153	0,073
CIC	0,623	0,605	0,343	-0,196	0,231	0,133	0,047
P Suelo	0,649	-0,58	0,18	0,415	-0,031	-0,099	-0,08
Ca Suelo	-0,178	0,605	0,555	-0,093	-0,277	0,021	0,018
Mg Suelo	0,411	0,574	-0,38	0,33	0,22	0,32	-0,254
K Suelo	0,278	0,47	-0,41	0,107	0,591	0,296	0,289
Fe Suelo	0,747	-0,23	0,557	0,13	0,002	-0,188	0,098
Mn Suelo	0,803	-0,331	0,271	0,275	-0,034	0,098	0,29
Cu Suelo	0,783	-0,28	0,366	0,264	-0,249	0,077	-0,051
Zn Suelo	0,812	0,249	0,006	0,037	-0,345	0,239	-0,119
Boro Suelo	0,632	-0,03	0,38	-0,311	0,344	-0,421	-0,225
S disponible	-0,061	0,924	0,145	-0,213	0,144	-0,203	-0,067
ALTITUD	0,594	-0,289	-0,164	0,441	0,085	0,433	-0,186
Lux	-0,695	-0,563	0,264	0,262	0,103	0,087	0,186
Temperatura	-0,26	0,335	0,769	0,037	-0,342	0,011	0,248
HR	-0,253	0,037	0,681	-0,411	0,212	0,413	0,224
Precipitación	-0,369	0,807	-0,188	0,292	-0,286	-0,096	0,011

Anexo G. Pesos de las variables del clúster 1.

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Std Dev</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
PREC	4	48,50	6,56	42	57
BIOMASA	4	5,50	0,58	5	6
MS	4	710,84	89,28	624,15	809,08
pH	4	6,90	0,59	6,30	7,50
MO	4	0,06	0,03	0,03	0,10
DA	4	0,83	0,05	0,80	0,90
CC	4	0,43	0,05	0,40	0,50
Infiltración	4	8,98	4,67	2,00	11,80
CIC	4	22,45	4,97	18,00	29,40
P Suelo	4	36,25	11,18	21,00	46,00
Ca Suelo	4	19,88	9,51	12,10	33,10
Mg Suelo	4	3,26	1,28	1,93	4,41
K Suelo	4	2,61	1,34	1,37	4,51
Fe Suelo	4	46,50	42,34	10	106
Mn Suelo	4	2,46	2,36	0,02	4,86
Cu Suelo	4	2,10	0,68	1,08	2,52
Zn Suelo	4	7,63	4,66	3,80	14,00
Boro Suelo	4	0,09	0,14	0,01	0,29
S disponible	4	17,87	2,45	14,73	20,73
ALTITUD	4	2547,50	39,99	2489,00	2579
Lux	4	11,85	4,71	7,04	15,90
Temperatura	4	16,50	2,08	14	19
HR	4	0,81	0,07	0,73	0,88
Precipitación	4	1190,13	219,75	860,5	1300

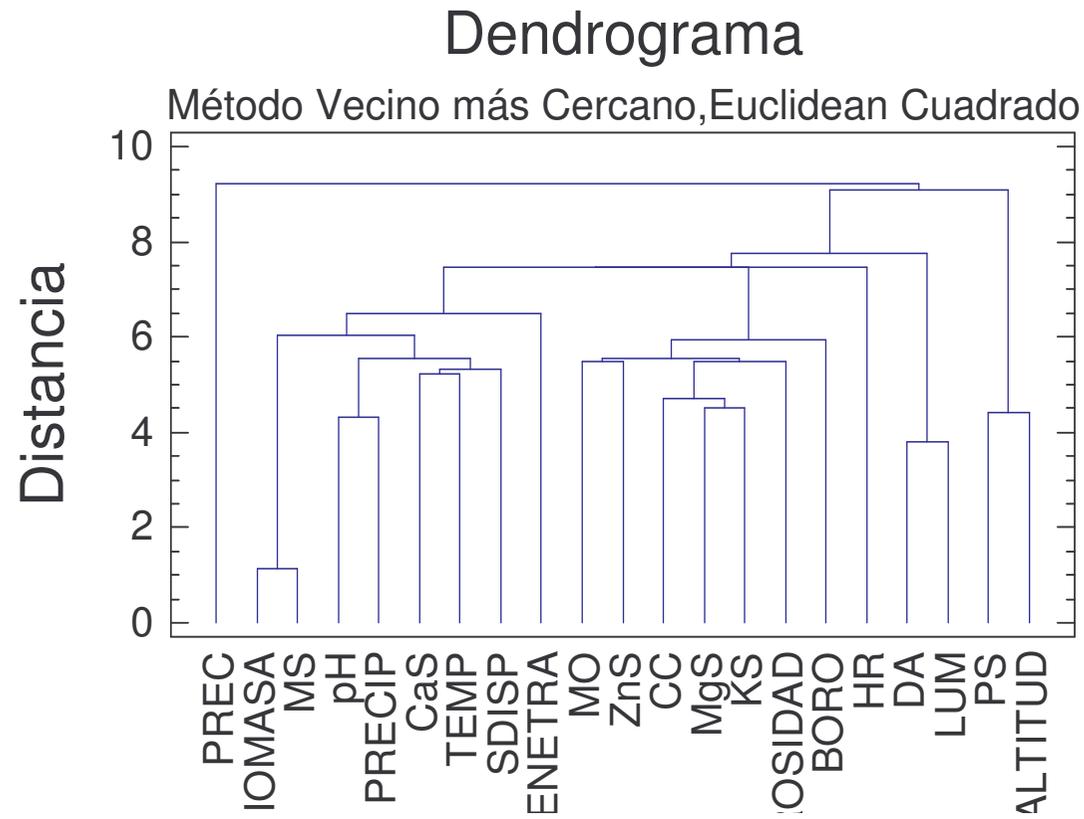
Anexo H. Pesos de las variables del clúster 2.

Variable	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Std Dev</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
PREC	3	44,00	3,46	42	48
BIOMASA	3	5,00	1	4	6
MS	3	708,91	120,59	605,66	841,45
pH	3	6,57	0,06	6,50	6,60
MO	3	0,04	0,02	0,02	0,05
DA	3	1,03	0,06	1	1,10
CC	3	0,37	0,03	0,35	0,41
Infiltración	3	4,27	1,59	3,20	6,10
CIC	3	14,53	6,33	7,60	20
P Suelo	3	89,67	32,25	60	124
Ca Suelo	3	10,47	4,46	6,20	15,10
Mg Suelo	3	2,01	1,42	0,50	3,32
K Suelo	3	1,33	0,70	0,53	1,84
Fe Suelo	3	44,67	36,68	16	86
Mn Suelo	3	3,43	4,29	0,02	8,24
Cu Suelo	3	2,19	0,70	1,38	2,60
Zn Suelo	3	4,85	2,87	1,56	6,80
Boro Suelo	3	0,05	0,06	0,01	0,12
S disponible	3	7,32	1,78	5,32	8,73
ALTITUD	3	2584,33	103,32	2486	2692
Lux	3	20,89	5,0002	15,25	24,78
Temperatura	3	15	4,58	11	20
HR	3	0,83	0,07	0,78	0,91
Preci pitación	3	833,27	47,17	778,8	860,5

Anexo I. Pesos de las variables del clúster 3.

Variable	<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>Std Dev</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
PREC	2	48	8,49	42	54
BIOMASA	2	4,50	0,71	4	5
MS	2	580,23	68,65	531,68	628,77
pH	2	5,70	0,42	5,40	6
MO	2	0,06	0,01	0,05	0,07
DA	2	0,85	0,07	0,8	0,90
CC	2	0,47	0,01	0,46	0,48
Infiltración	2	8,25	5,73	4,20	12,30
CIC	2	21,50	0,99	20,80	22,2
P Suelo	2	190,00	117,38	107	273
Ca Suelo	2	11,05	0,49	10,70	11,40
Mg Suelo	2	3,02	0,47	2,68	3,35
K Suelo	2	2,95	1,90	1,61	4,29
Fe Suelo	2	117	83,44	58	176
Mn Suelo	2	15,63	5,05	12,06	19,20
Cu Suelo	2	3,82	1,22	2,96	4,68
Zn Suelo	2	9,90	0,99	9,20	10,60
Boro Suelo	2	0,14	0,11	0,06	0,21
S disponible	2	7,84	1,26	6,95	8,73
ALTITUD	2	2702	2,83	2700	2704
Lux	2	12,49	1,7183	11,27	13,70
Temperatura	2	13,5	2,12	12	15
HR	2	0,80	0,06	0,75	0,84
Precipitación	2	778,80	0,00	778,8	778,8

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



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

Examen de los puntos de fila(a)

TEXTURA	Masa	Puntuación en la dimensión 1	Inercia	Contribución		
				De la dimensión a la inercia del punto	De los puntos a la inercia de la dimensión	
				1	1	Total
FRANCO	,550	-,496	,041	,450	1,000	1,000
FRANCO-ARCILLOSO	,450	,606	,050	,550	1,000	1,000
Total activo	1,000		,090	1,000		

Examen de los puntos columna(a)

ESPECIE	Masa	Puntuación en la dimensión 1	Inercia	Contribución		
				De la dimensión a la inercia del punto	De los puntos a la inercia de la dimensión	
				1	1	Total
OLIGOCHAETAS	,598	,395	,028	,311	1,000	1,000
COLEOPTERA	,180	-,571	,018	,195	1,000	1,000
DERMAPTERA	,116	-,816	,023	,258	1,000	1,000
DIPLOPODO	,042	-,732	,007	,076	1,000	1,000
HEMIPTERA	,021	-,732	,003	,038	1,000	1,000
CHILOPODA	,032	,184	,000	,004	1,000	1,000
LEPIDOPTERA	,005	2,018	,006	,072	1,000	1,000
GASTEROPODA	,005	-1,649	,004	,048	1,000	1,000
Total activo	1,000		,090	1,000		

Anexo L. Peso de las variables analizadas en el ACM

Confianza para Puntos de fila

	Desviación típica en la dimensión
TEXTURA	1
FRANCO	,066
FRANCO-ARCILLOSO	,076

Confianza para Puntos de columna

	Desviación típica en la dimensión
ESPECIE	1
OLIGOCHAETAS	,056
COLEOPTERA	,075
DERMAPTERA	,098
DIPLOPODO	,090
HEMIPTERA	,090
CHILOPODA	,043
LEPIDOPTERA	,216
GASTEROPODA	,182