

**DETERMINACIÓN DE FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS QUE AFECTAN LA
PRODUCTIVIDAD DEL PASTO KIKUYO (*Pennisetum clandestinum* H) EN
CONDICIONES NATURALES EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE
IPIALES Y EL MUNICIPIO DE ALDANA, DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**LUIS GERARDO JOJOA NASPIRÁN
JESÚS ÁLVARO SILVA PASAJE**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
PASTO – COLOMBIA
2009**

DETERMINACIÓN DE FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD DEL PASTO KIKUYO (*Pennisetum clandestinum* H) EN CONDICIONES NATURALES EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE IPIALES Y EL MUNICIPIO DE ALDANA, DEPARTAMENTO DE NARIÑO.

**LUIS GERARDO JOJOA NASPIRÁN
JESÚS ÁLVARO SILVA PASAJE**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
ZOOTECNISTA**

**Presidente
JOSÉ EDMUNDO APRÁEZ GUERRERO
Zoot., M. Sc., PHD**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
PASTO – COLOMBIA
2009**

Nota de aceptación.

EDMUNDO APRÁEZ G. (Presidente)

HERNÁN OJEDA J. (Jurado)

OSCAR FERNANDO BENAVIDES (Jurado)

San Juan de Pasto, Septiembre 2 de 2009

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

Artículo N° 1 del acuerdo 324 de 11 de octubre 1966 emanado del honorable consejo académico de la Universidad de Nariño

DEDICATORIA.

A **DIOS**, por permitir llegar hasta esta instancia, siendo el intermediario de mis triunfos, por ser mi amigo, por no dejar que las derrotas lleguen a mí. Por escoger el camino a un nuevo pensamiento, basado en el amor, el éxito, el triunfo, la abundancia y en la seguridad de ser creador de mi propia realidad.

A mi Mamá **ROSA ANGÉLICA**, por llevarme por el buen camino, por una mirada que comprende, por un esperar sin cansancio, por una sonrisa que alienta y una palabra que anima, educándome con responsabilidad, disciplina, afecto y diálogo, forjando mi futuro.

A mi Papá **JUAN BAUTISTA**, por creer y confiar en mí, brindándome su mano en los momentos más difíciles, por su apoyo incondicional para que fuera una persona de bien, ofreciéndome su esfuerzo reflejado en mis estudios con el fin de salir adelante. Recibí de ti amor, protección, cariño en fin cosas que solo un padre como tú me puede brindar gracias y mil gracias.

A mis hermanos un agradecimiento especial por su ayuda, su comprensión, su confianza, por prepararme hacia el éxito de la vida, por sembrar en mí ideas y cosechar deseos.

A **ELCY**, por brindarme su amor incondicional, y creer en mi.

Finalmente a todas las personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de este trabajo.

LUIS GERARDO JOJOA NASPIRÁN.

Dedicado a:

DIOS: Por ser mi guía y darme fortaleza en los momentos difíciles.

Mis Padres:

MARIA CECILIA PASAJE LOPEZ: Quien con su apoyo y cariño motivó mi vida para alcanzar todas mis metas.

Mis Hermanos:

GUILLEMO Y KAREN ARGOTE: Por apoyarme, motivándome siempre a progresar.

A mis familiares, amigos y todas aquellas personas que de una u otra forma compartieron la ilusión de alcanzar una de las tantas metas que me he propuesto.

JESÚS ÁLVARO SILVA PASAJE

AGRADECIMIENTOS.

LOS AUTORES EXPRESAN SUS AGRADECIMIENTOS A:

EDMUNDO APRAÉZ GUERRERO. Zootecnista. M.Sc., Ph.D. Universidad de Nariño.

HERNÁN OJEDA JURADO. Zootecnista. Esp. Universidad de Nariño.

OSCAR BENAVIDES ESPINDOLA. Zootecnista. Esp. Universidad de Nariño.

ARTURO LEONEL GÁLVEZ CERÓN. Zootecnista. M.Sc. Universidad de Nariño.

EFRÉN INSUASTI SANTACRUZ. Zootecnista. Universidad de Nariño.

MAURICIO RODRÍGUEZ. Biólogo. Auxiliar Laboratorio Entomología Universidad de Nariño.

GLORIA SANDRA ESPINOSA NARVAEZ. Tecnóloga Química, Ingeniera Acuícola, Laboratorista Universidad de Nariño.

MARÍA DEL ROSARIO CARREÑO. Tecnóloga Química. Auxiliar Laboratorio de Suelos. Universidad de Nariño.

DIANA ZAMBRANO. Zootecnista.

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

A todas aquellas personas que contribuyeron para la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	20
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	21
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	22
3. OBJETIVOS.....	23
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	23
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
4. MARCO TEÓRICO.....	24
4.1 GENERALIDADES DEL PASTO KIKUYO (<i>PENNISETUM CLANDESTINUM</i> <i>H.</i>).....	24
4.1.1 Origen. :.....	24
4.1.2 Adaptación.....	25
4.1.3 Valor nutritivo del pasto kikuyo.....	25
4.1.4 Manejo.....	25
4.2 FACTORES ECOLÓGICOS EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES.....	26
4.2.1 Climáticos.....	26
4.2.2 Físicos.....	29
4.2.3. Químicos.....	32
4.2.4. Biológicos.....	37
4.3 PARÁMETROS BROMATOLÓGICOS.....	38
4.3.1 Composición química del pasto kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum H.</i>).....	38
4.4. ESTUDIO DE SUELOS DE ALTIPLANICIE EN CLIMA FRÍO SECO.....	40
5. DISEÑO METODOLÓGICO.....	41
5.1 LOCALIZACIÓN.....	41
5.2 MATERIALES Y EQUIPOS.....	41
5.3 EVALUACIONES GENERALES.....	42
5.3.1 Producción de forraje verde.....	42
5.3.2 Variables edáficas.....	42
5.3.3 Condiciones químicas.....	42
5.3.4. Características físicas.....	43
5.3.5. Aspectos biológicos.....	44
5.3.6. Variables bromatológicas.....	44
5.3.7 Condiciones climáticas.....	45
5.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	45
6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	47

6.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS	47
6.1.1 Periodo de recuperación	47
6.1.2 Producción de biomasa	47
6.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS QUE AFECTARON LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA	50
6.2.1 Precipitación y humedad relativa	50
6.2.2 Luminosidad.....	50
6.2.3 Temperatura	50
6.3 VARIABLES BROMATOLÓGICAS	52
6.3.1 Proteína	52
6.3.2 Fibra cruda.....	54
6.3.3 FDN Y FDA.....	54
6.3.4 NDT.	54
6.4 CONDICIONES EDÁFICAS.....	55
6.4.1 Química de los suelos.....	55
6.4.2. Física de los suelos	59
6.5 FAUNA DEL SUELO.....	60
6.6 TEXTURA VS FAUNA DEL SUELO	64
6.7 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES Y DEL VECINO MÁS CERCANO.....	66
6.7.1. Componente principal N° 1. Periodo de recuperación.	67
6.7.2 Componente principal N° 2. Producción de biomasa.....	70
6.7.3. Componente principal N° 3. Calidad nutritiva.....	73
6.7.4. Guía preliminar de manejo del pasto kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum H</i>) desarrollado en el municipio de Ipiales y Aldana (Nariño), en una altura comprendida entre 2800 y 3049 msnm.....	78
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFÍA.....	81
ANEXOS.....	86

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Condiciones climáticas en la zona de estudio.....	51
Tabla 2. Análisis bromatológico (%BS).....	53
Tabla 3. Análisis de suelos en la zona de estudio.....	56
Tabla 4. Densidad de organismos (Nº/m2).....	61
Tabla 5. Medidas de tendencia central y de dispersión.....	62
Tabla 6. Análisis de correspondencia Múltiple (ACM).....	65
Tabla 7. Variabilidad de la correlación (%).....	66
Tabla 8. Peso de las variables de las tres clúster.....	76

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Caracterización de la zona de estudio	41
Cuadro 2. Variables productivas	48

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Periodo de recuperación del pasto kikuyo (días)	49
Figura 2. Producción de biomasa (MS/t/h/corte).....	49
Figura 3. Participación relativa de los organismos en las localidades de estudio (%)	63
Figura 4. Variables cuantitativas del primer factor.	67
Figura 5. Variables cuantitativas del segundo factor.....	71
Figura 6. Variables cuantitativas del tercer factor	74

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Análisis bromatológico del pasto kikuyo en la zona estudio.....	87
Anexo B. Condiciones climáticas de la zona de estudio.....	88
Anexo C. Peso de los 6 componentes principales que arrojo el ACP.....	89
Anexo D. Niveles críticos de minerales en suelos, forrajes y requerimientos para los animales.....	90
Anexo E. Peso de los primeros componentes principales.....	91
Anexo F. Correlaciones entre las variables bromatológicas, edáficas y ambientales.....	92
Anexo G. Correlaciones entre las variables bromatológicas, edáficas y ambientales (continuación).....	94
Anexo H. Pesos de las variables del Clúster 1.....	95
Anexo I. Pesos de las variables del Clúster 2.....	96
Anexo J. Pesos de las variables del Clúster 3.....	97
Anexo K. Peso de las variables analizadas en el ACM.....	98

GLOSARIO

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES: el Análisis de Componentes Principales (ACP) es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible.

CAPACIDAD DE CAMPO: es la máxima capacidad de agua que el suelo puede retener

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO: es una propiedad química que designa los procesos de: (a) Adsorción de cationes por el complejo de cambio desde la solución suelo y (b) Liberación de cationes desde el complejo de cambio hacia la solución suelo.

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

COMPONENTE PRINCIPAL: combinación lineal de las variables originales e independientes entre sí.

CLÚSTER: agrupamiento de sitios con variables semejantes.

EDÁFICO: relativo o perteneciente al suelo.

EQUIVALENTE: es la cantidad de un elemento que reemplaza o se combina con 1,008 gramos de hidrógeno. Un mil equivalente es una milésima parte de un equivalente.

FACTORES BIOLÓGICOS: están referidos a la población de organismos que viven en el suelo y participan activamente en la fertilidad del suelo mediante el aporte y descomposición de la materia orgánica.

MACRO Y MESO FAUNA: organismos que habitan en el suelo.

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

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

POROSIDAD: es el porcentaje de espacios vacíos (o poros) con respecto del volumen total del suelo (volumen de sólidos + volumen de poros). A su vez, la porosidad incluye macroporosidad (poros grandes donde se ubica el aire), mesoporosidad (poros por donde se conduce agua y aire) y microporosidad (poros pequeños, que definen los capilares donde se retiene el agua).

PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO: están referidas al balance que existe en el suelo entre las partículas del suelo, el agua y el aire.

PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO: son a aquellas relacionadas con la composición de los materiales que lo conforman y sus reacciones.

TEXTURA DEL SUELO: arreglo, tamaño, forma y frecuencia de los constituyentes, exceptuando los poros.

SUELO: espacio natural y parte del ambiente presente en la superficie de la tierra que mantiene la vida vegetal y animal.

RESUMEN

La investigación se realizó en tres localidades de los municipios de Ipiales y Aldana, ubicadas de la siguiente manera: San Luís y Los Marcos (Ipiales), Santa Bárbara (Aldana). En cada una de estas se realizaron las determinaciones edafoclimáticas, en el periodo comprendido entre Julio a Noviembre de 2008, a un rango de altura entre 2800 y 3049 msnm.

Para la caracterización se tomaron muestras de suelo y se recolectó información de 9 sitios distribuidos al azar, en lugares donde el pasto no había sido intervenido, en ellos se evaluó la producción de biomasa, el periodo de recuperación, la composición nutricional, Las características químicas y físicas del suelo; adicionalmente se registró la información de las condiciones del clima en todo el periodo de experimentación.

Las variables evaluadas fueron: Climáticas: Temperatura, luminosidad, precipitación, humedad relativa, altitud; Químicas: Materia orgánica, pH, C.I.C, N, P, K, Mg, Ca, S, B; Físicas: Textura, penetrabilidad, pendiente, densidad aparente, densidad real, porosidad total, capacidad de campo e infiltración; Biológicas: Macro y meso fauna; Bromatológicas: Materia seca, nitrógeno total, proteína verdadera, FDN, FDA, hemicelulosa, celulosa, lignina, minerales: Ca, P, Mg y S.

En el análisis, interpretación y clasificación de las variables que más influyeron en la producción y calidad del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum H*) se utilizó el método de análisis multivariado de componentes principales (ACP) con la finalidad de establecer la relación de la producción y calidad de esta especie, donde el ACP permitió explicar el 70.12 % de la variación total. El primer componente representó al periodo de recuperación, este componente explicó el 31.82 % del total de la variación, influenciado directamente por el contenido de materia orgánica (MO), el azufre del suelo y la luminosidad e indirectamente por la densidad aparente; el segundo componente reveló el 22.8% de la variación total, que correspondió a la producción de biomasa (MS), el cual estuvo directamente relacionado con el pH y el fósforo, y de forma inversa con el aluminio y manganeso presentes en el suelo; el tercer componente explicó el 14.5% de la variación y correspondió a la calidad nutritiva del pasto kikuyo, que se vió afectada en forma directa por la penetrabilidad e inversamente por el contenido de potasio en la rizósfera.

Los organismos que más predominaron en las zonas de estudio fueron del orden coleóptera (escarabajos), presencia que tuvo una alta correspondencia con la textura franco-arcillosa del horizonte agrícola.

En conclusión, los factores que influyeron directamente en la producción de biomasa fueron: Materia orgánica, azufre disponible, pH, fósforo, penetrabilidad y propiedades climáticas como la luminosidad e indirectamente por el: aluminio, manganeso y potasio.

SUMMARY

The research was conducted in three locations in the municipalities of Ipiales and Aldana, located as follows: The San Luis and Marcos (Ipiales) Santa Barbara (Aldana). In each of these determinations were made edaphoclimatic in the period from July to November 2008, at an altitude range between 2800 and 3049 masl.

To characterize soil samples were taken and information was collected from 9 sites randomly distributed in places where the grass had not intervened, they were evaluated for biomass production, the recovery period, the nutritional composition, chemical characteristics and soil physical, additional information was recorded weather conditions throughout the experimental period.

The variables evaluated were: Climatic: Temperature, shining, precipitation, relative humidity, altitude; Chemical: Organic matter, pH, CIC, N, P, K, Mg, Ca, S, B; Physical: Texture, penetrability, slope, bulk density, total porosity real density, field capacity and infiltration; Biological: Macro and mesofauna; bromatological: dry matter, total nitrogen, true protein, FDN, FDA, hemicellulose, cellulose, lignin, minerals Ca, P, Mg and S.

In the analysis, interpretation and classification of the variables that most influenced the production and quality of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* H), the method of multivariate analysis of principal components (PCA) with the aim of establishing the relationship of production and quality of this kind, where the ACP explained 70.12% of the total variation. The first component represented the recovery period, this component explained 31.82% of the total variation, directly influenced by the content of organic matter (OM), the sulfur in the soil and the luminosity and indirectly by the apparent density, the second component revealed 22.8% of the total variation, which corresponded to the production of biomass and MS, which was directly related to the pH and phosphorus, and inversely with aluminum and manganese in the soil, the third component explained 14.5% of the variation and corresponded to the dry matter of the kikuyu grass, which was directly affected by the penetrability and inversely with the content of potassium in the rhizosphere.

The agencies that dominate the study areas were of the order Coleoptera (beetles), a presence that had high correlation with clay loam texture of the agricultural horizon.

In short, the factors that directly influential the production of biomass were: organic matter, available sulfur, pH, phosphorus, and penetrability properties such as brightness and climate indirectly by: aluminum, manganese and potassium

INTRODUCCIÓN

Los postulados introducidos por el modelo de producción propuesto por la “revolución verde” para justificar el mantenimiento de cultivos usando maquinaria pesada, semillas mejoradas (híbridas y transgénicas), uso indiscriminado de agro tóxicos, riego sin control, siembra en monocultivo con alta tecnología, indujeron a que los sistemas de producción pecuaria se conviertan en dependientes de recursos y saberes foráneos.

Han sido tan acogidas las tecnologías foráneas sobre pastos “mejorados”, hasta el punto de considerar a la mayoría de los recursos nativos y naturalizados “adaptados” a la zona, como malezas que deben ser erradicados a toda costa y para ello se emplean compuestos químicos que no sólo terminan con la pastura, sino afectan otras plantas presentes en el medio, la macro y micro biota del suelo, y en general al medio ambiente.

El pasto kikuyo, es una de los recursos forrajeros de mejor adaptación en la zona fría de Nariño, especialmente en regiones donde no se presentan heladas, sin embargo, no se le ha dado la importancia necesaria por parte de los productores pecuarios; por esta razón es escasa la información tecnológica sobre esta especie debido a factores culturales y creencias erróneas que no tienen asidero científico, sino que la avasallante publicidad de los promotores de las llamadas “variedades mejoradas” menosprecia las bondades de lo casi nativo.

No obstante, un grupo importante de investigadores considera que esta gramínea debe ser manejada inteligentemente, para ello se requiere realizar estudios que contemplen todos y cada uno de los factores que inciden en su productividad y así poder establecer las condiciones propicias para lograr mejores rendimientos y potencializar la calidad nutricional de esta especie.

Bajo las anteriores consideraciones, este trabajo planteó determinar los factores físicos, químicos y biológicos del suelo, junto con las variables climáticas en condiciones de no intervención, que afectan su desarrollo y calidad nutritiva, con el propósito de contribuir a consolidar planes de manejo sostenible de este recurso alimentario.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La introducción de tecnología sobre pastos y forrajes por parte de empresas multinacionales en el afán de promocionar “especies mejoradas” adaptables al trópico alto nariñense han generado un deterioro de la cobertura natural del suelo, produciendo efectos negativos sobre las aguas y la biodiversidad, además elevan los costos de producción, debido a sus exigencias en fertilizantes, agroquímicos y labores agrícolas.

La investigación a fondo de pastos nativos o naturalizados es una herramienta para determinar las condiciones adecuadas para optimizar su productividad, pero el desconocimiento de las bondades del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* H), ha contribuido al desplazamiento de este por parte de los productores pecuarios de especies herbívoras.

Por tal razón, la investigación de los factores edafoclimáticos que condicionan la productividad del pasto kikuyo, constituye una necesidad básica y prioritaria para potencializar y promocionar su utilización.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En el departamento de Nariño, una de las plantas que más se utiliza en la alimentación de especies pecuarias, principalmente cuyes y bovinos en mezcla con otros pastos, es el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum H*) por su rápido crecimiento y fácil adaptación. Sin embargo, es escasa la información, sobre esta especie forrajera puesto que se desconocen las condiciones apropiadas para su establecimiento y manejo.

Por tal motivo se plantea la siguiente pregunta:

¿Cuáles son los factores edafoclimáticos que afectan la productividad del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum H*) en condiciones naturales en la zona rural de los municipios de Ipiales y Aldana, departamento de Nariño, en un rango de altitud de 2800 a 3049 msnm?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar los factores edafoclimáticos que afectan la productividad del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum H*) en condiciones naturales, en los municipios de Ipiales y Aldana, departamento de Nariño, en un rango de altura comprendido entre 2800 y 3049 m.s.n.m.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las condiciones climáticas (temperatura, humedad relativa, luminosidad, precipitación, altitud) que inciden en la producción y composición bromatológica del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum H*)
- Determinar las variables químicas del suelo (materia orgánica, pH) que condicionan la productividad y calidad del pasto
- Establecer los factores físicos del suelo (textura, estructura, penetrabilidad, pendiente, densidad aparente, densidad real, porosidad total, capacidad de campo e infiltración.) que afectan el rendimiento y composición bromatológica del pasto kikuyo
- Identificar algunos indicadores biológicos del suelo principalmente la macro fauna presente en las localidades objeto de estudio

4. MARCO TEÓRICO

4.1 GENERALIDADES DEL PASTO KIKUYO (*Pennisetum clandestinum H.*)

4.1.1 Origen. Acosta y Moncayo afirman que:

El pasto kikuyo es una gramínea originaria de África central y oriental, territorio de la tribu kikuyu, de la cual deriva su nombre. En su región de origen se desarrolla entre los 1950 y los 2700 msnm con una precipitación no menor a los 1000 mm por año, constituyéndose en el pasto natural más importante que crece en Kenia¹.

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 forraje².

Salamanca, citado por León y Zambrano, manifiesta que la clasificación de esta especie es:

REINO:	Vegetal
SUB-REINO:	Fanerógamas
DIVISION:	Angiospermas
CLASE:	Monocotiledóneas
ORDEN:	Graminales
FAMILIA:	Gramineae
GENERO:	<i>Pennisetum</i>
ESPECIE:	<i>Clandestinum</i> Hochst ³

¹ ACOSTA, W y MONCAYO, O. Valor nutritivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum Hochst*) bajo dos sistemas de labranza y diferentes niveles de fertilización orgánica y/o mineral en zonas de ladera. Pasto, 2002, p. 29. Tesis de grado (Zootecnista) Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.

² PIÑEROS, Jesús. Informe sobre el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum H.*). _En: Revista Boletín Agrícola. Vol. 6, Nº 23 (Marzo, 1993); p. 5-7.

³ LEON, J y ZAMBRANO, D. Determinación de factores edafoclimáticos que intervienen en la producción y calidad nutritiva del pasto kikuyo (*Pennisetum Clandestinum Hochst*) en condiciones de no intervención en el municipio de Pasto, Departamento de Nariño. Pasto, 2008, p. 25. Tesis de grado (Zootecnista) Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.

4.1.2 Adaptación. RODAS, A. sostiene que el pasto kikuyo:

Es moderadamente tolerante a la sequía; susceptible a las heladas (el follaje muere con las heladas ligeras pero las plantas rebrotan rápidamente de los rizomas si éstas no son muy fuertes); se adapta bien en zonas de alta montaña con clima frío húmedo predominante y una precipitación bien distribuida; en su área de distribución natural se encuentra desde los 1500 a casi 3000 msnm con precipitaciones promedias anuales de un poco menos de 1000 hasta 1600 mm y con temperaturas medias mínimas y máximas que varían de 2 a 8°C y de 16 a 20°C⁴,

Moncayo nos presenta la siguiente definición: “Planta de bajo crecimiento perenne y se presenta cubriendo grandes extensiones formando un césped difícil de erradicar. El kikuyo tiene hojas vellosas, planas o semiplegadas con inversiones medianas poco perceptibles, de ápice agudo y hasta de 35 cm. de longitud la inflorescencia consta de 2 a 4 espiguillas, semillas de forma globosa de color café oscuro y 1 mm de diámetro”⁵.

4.1.3 Valor nutritivo del pasto kikuyo. Bernal afirma que: “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 nutrientes esenciales disponibles y en proporciones balanceadas, tiene alta digestibilidad y es gustoso o agradable para el animal”⁶.

El mismo autor sostiene que 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 forraje.

4.1.4 Manejo. Según Dávila y Echeverri, citados por Ruiz:

El manejo del pasto kikuyo debe realizarse adecuadamente si se quiere obtener una buena producción y una capacidad de carga alta. Resiste al pastoreo continuo debido a su habito de crecimiento pero cuando esta sembrado en mezcla con tréboles debe pastorearse con periodos de descanso entre seis y nueve semanas,

⁴ RODAS, A. Memorias Tierra, Pastos y Ganado. 12-13 Abril 2007. Universidad de Nariño.

⁵ MONCAYO, Bernardo. Composición química en dos estados de desarrollo de ocho especies vegetales naturales dominante en una vereda del altiplano de pasto. Pasto, 1987, p. 18. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). universidad de Nariño. Facultad de ciencias agrícolas.

⁶ BERNAL, J. Pastos y Forrajes Tropicales. Producción y Manejo.-Banco ganadero, 3ª edición .Colombia 1994.p. 470.

dependiendo de la humedad disponible y pastorearlo hasta una altura entre 5 y 10cm. El pastoreo con cerca eléctrica también es recomendable en este pasto.

En ocasiones, cuando ha sido mal manejado se acolchona y se rebaja significativamente la producción, por lo tanto es económico renovarlo⁷.

4.2 FACTORES ECOLÓGICOS EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES

De acuerdo con Bernal:

En el cultivo de los pastos, es de primordial importancia conocer cómo reaccionan las distintas especies a la influencia de determinados factores ecológicos o ambientales. Estos factores se dividen en: climáticos, edáficos y bióticos⁸.

4.2.1 Climáticos. Mila, citado por León y Zambrano, asegura que:

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 digestibilidad⁹.

- **Temperatura.** Monsalve, afirma que:

Las reacciones bioquímicas que ocurren en las plantas están afectadas como toda reacción química, por la temperatura ambiental. Se ha demostrado que la temperatura afecta los procesos de fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción de agua y nutrientes, actividades de las enzimas, etc.; de los cuales depende la producción de materia seca, y en esta forma la temperatura afecta el crecimiento y el metabolismo de los pastos¹⁰.

El mismo autor sostiene que cada especie esta adaptada a un intervalo de temperatura determinando dentro del cual presenta su optimo desarrollo, pero puede resistir periodos cortos de temperaturas extremas, tanto altas como bajas,

⁷ RUIZ, M. Álvaro. Repuesta del pasto kikuyo (*Pennisetum Clandestnum hoechst*) a la aplicación de diferentes restauradores de suelo. Pasto 2007. Trabajo de grado (zootecnista) universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. P.49

⁸BERNAL, J. 3ª edición. Op cit., p. 15

⁹ LEON, J y ZAMBRANO, D., Op Cit. p.28.

¹⁰ MONSALVE. *et al*, Factores ecológicos en la producción de forrajes, Pastos y forrajes, ministerio de agricultura, ICA regional 4, Antioquia – Choco, 1979.p. 24.

especialmente si el descenso de temperatura es gradual y si los periodos de calor son de duración corta.

Salamanca sostiene que: " este elemento afecta los procesos de fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción de agua y de nutrientes, etc., y de todos ellos depende la producción vegetal; por lo tanto, la temperatura afecta el crecimiento y la producción de las plantas"¹¹

Vásquez y Torres, citados por Acosta y Moncayo¹² reportan que los extremos térmicos pueden acarrear daños severos en los forrajes, las temperaturas bajas extremas pueden proporcionar la formación de cristales de hielo en los espacios intracelulares de los tejidos produciendo la muerte de las células, evento muy usual en el kikuyo cuando es atacado por las heladas.

- **Luminosidad.** Monsalve sostiene que:

La producción de las plantas es el resultado de los factores ambientales actuando sobre el proceso fotoquímico llamado fotosíntesis.

La cantidad de luz interceptada por la superficie foliar determina la eficiencia de utilización de la misma¹³.

Debido que a la cantidad de follaje que poseen las plantas forrajeras es muy variable de acuerdo con el grado de corte o pastoreo, el manejo esta íntimamente relacionado con la velocidad de crecimiento de las plantas forrajeras

Bernal afirma que " la intensidad de la luz afecta el crecimiento de las plantas es el resultado de las fuerzas ambientales actuando sobre un proceso fotoquímico, la fotosíntesis".¹⁴

El mismo autor indica que " la intensidad de la luz afecta el crecimiento de las plantas y por lo tanto es interesante saber que la cantidad puede utilizar. La influencia del crecimiento esta mediada por tres factores: intensidad, calidad y duración".¹⁵

¹¹ SALAMANA. Javier, Tecnología Agrícola1. UNISUR. Bogotá: 1989.p 74.(1)

¹²ACOSTA Wilmer y MONACAYO Oscar. Op cit., p.17

¹³ MONSALVE. Op cit., p. 24.

¹⁴ BERNAL J. 3ª edición. Op cit., p. 21.

¹⁵ Ibíd., p. 28

- **Precipitación pluvial.** Pirela define que:

El volumen de agua caída por las precipitaciones y su distribución a través del año ejercen efectos notables en el crecimiento y la calidad de los pastos, debido a su estrecha relación con los factores bioquímicos y fisiológicos que regulan estos procesos biológicos de gran complejidad. Tanto el exceso como el déficit de precipitaciones pueden provocar estrés en los cultivos forrajeros. En el caso del primero, generalmente ocurre en los suelos mal drenados durante la estación lluviosa o en las regiones donde las precipitaciones son altas durante todo el año. Su efecto fundamental radica en que causa anoxia en las raíces, afectando su respiración aeróbica, absorción de minerales y agua¹⁶.

Peña, citado por Moncayo y Acosta¹⁷ sostiene que La precipitación y la humedad del suelo es sin duda uno de los elementos de mayor influencia en la producción de los pastos, por efecto del agua sobre los procesos fisiológicos internos de la planta. La expansión celular depende de un mínimo de turgencia en la célula y el alargamiento y desarrollo de los tallos y hojas se detiene rápidamente ante un déficit de agua.

- **Humedad relativa.** Garavito, citado por León y Zambrano¹⁸. Sostiene que: “la humedad relativa tiene un efecto claro en la transpiración de la planta”.

Bernal menciona que: “la humedad determina en parte la calidad del forraje porque durante las épocas de sequía la planta tiene a lignificarse más pronto y por consiguiente a disminuir más rápidamente su valor nutritivo”¹⁹

Monsalve afirma que: “El agua es uno de los factores ecológicos de mayor importancia en la producción de plantas. La capacidad de las plantas para obtener agua del suelo, cuando la disponibilidad es limitada, esta relacionada con la profundidad y extensión del sistema radicular”²⁰.

¹⁶ PIRELA, M. Valor nutritivo de los pastos tropicales, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-ganaderia/seccion3/articulo6-s3.pdf, Consulta Junio 19 de 2007.

¹⁷ ACOSTA, W. y MONCAYO, O., Op cit. p.18.

¹⁸ LEON, J y ZAMBRANO, D., Op Cit. p.30.

¹⁹ BERNAL, Javier. Pastos y forrajes tropicales: Producción y manejo. 4ª edición. Bogotá: Ángel Agro-ideagro, 2003

²⁰ MONSALVE. *et al*, Op cit., .p. 25

4.2.2 Físicos. 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 físicas²¹

Gavande²², manifiesta que muchas de las propiedades físicas que se ven afectadas desfavorablemente por los distintos métodos de preparación del suelo tienen efecto indirecto tanto en la absorción del agua y nutrimentos por las plantas ya que con un desarrollo radicular limitado, causado por las malas condiciones físicas, los nutrimentos disueltos en la solución del suelo no estaban en contacto con las raíces.

- **Textura.** Salamanca afirma que: “la textura del suelo esta relacionada con el tamaño de las partículas minerales del suelo y se refiere al tamaño y proporción en que se encuentran la arena, limo y arcilla”²³

el IGAC, indica que: “La textura desde el punto de vista edafológico, presenta grandes implicaciones en los suelos, ya que influye en la retención de humedad, la porosidad, la aireación, la permeabilidad, la consistencia, el intercambio catiónico y en la aptitud de uso y manejo, entre otros”²⁴.

Cavazos, y Rodríguez manifiestan que: “La textura se considera como una de las más importantes de las características físicas, pues a través de ella se puede inferir el movimiento de agua en el perfil del suelo, la facilidad de manejo y los nutrientes que la planta ha de utilizar en su desarrollo”²⁵.

Gavande, menciona que: “ la textura del suelo esta relacionada con el tamaño de las partículas minerales. Específicamente se refiere a la proporción relativa de los tamaños de varios grupos de partículas de un suelo. Esta propiedad ayuda a determinar no solo la facilidad de abastecimiento de nutrientes, sino también agua y aire, tan importantes para la vida de las plantas”²⁶.

- **Penetrabilidad.** Es la rapidez con la cual se mueve el agua desde la superficie del suelo al interior de este, y a través de los poros. Depende principalmente de la textura, estructura y espacio poroso; por lo tanto, se puede mejorar con la

²¹ INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Bogotá: Canal Ramírez Antares LTDA, 1995. p. 433

²² GAVANDE, S. Física de Suelos: Principios y Aplicaciones. México: Limusa, 1982. p. 259-260.

²³ SALAMANCA, Rafael. Suelos y fertilizantes. Bogota: USTA, 1990.p. 78 (2)

²⁴ INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Op Cit., p. 435

²⁵ CAVAZOS, T y RODRIGUEZ, O. Manual de prácticas de física de suelos, Trillas. México.1992.p.19.

²⁶ GAVANDE, S. Op Cit., p. 34

aplicación de materia orgánica²⁷.

Nacci y Pla Sentis afirman que:

La resistencia a la penetración es un buen índice para evaluar problemas de restricción en el desarrollo radicular de las raíces de los cultivos, por la presencia de capas compactas y/o baja porosidad. La penetrabilidad del suelo permite conocer la facilidad con que un objeto puede ser introducido en el, es decir, la resistencia mecánica que ofrece el suelo a la expansión lateral y al corte que produce dicho objeto. Esa resistencia no es propiedad particular del material, sino que es la suma de los efectos de diferentes características y propiedades, tales como densidad aparente, contenido de humedad, resistencia a la penetración y al corte, las cuales, A su vez, son consecuencia de la distribución del tamaño de partículas, de la estructura, y de la composición mineral y orgánica presentes en el suelo²⁸.

• **Densidad.** Cavazos y Rodríguez, sostienen que:

La densidad es un termino que expresa la masa por unidad de volumen de una sustancia, cuando se aplica a los suelos se denomina densidad aparente porque se incluye el espacio poroso. Los cambios en la porosidad reflejan valores de densidad aparente variable. La densidad aparente tiene un valor máximo en suelos de textura gruesa porque tienden a la menor porosidad, aun cuando el tamaño de sus poros es grande. Inversamente, el espacio poroso total de un suelo con textura fina tiende a ser mayor y por tanto, su densidad aparente baja²⁹.

Siesarev, V.N. y Betkin, F³⁰ indican que la densidad del suelo tiene un efecto directo sobre la relación cuantitativa de sólidos, gases y fase líquida. Consecuentemente afecta agua, aire, nutrientes y requerimiento térmico.

Sánchez Vera Gabriel, et al.,. Afirman que: "La DAp es más importante que la densidad de partículas para comprender el comportamiento físico de los suelos. En general, los suelos con baja DAp tienen condiciones físicas favorables,

²⁷ Ibíd. Pág. 28

²⁸ NACCI, Silvana. y PLA SENTIS, Ildelfonso. Estudio de la Resistencia a la Penetración de los suelos con equipos de penetrometría desarrollados en el País, Venezuela. *Septiembre 20, 1991*, http://www.redpav.avepagro.org.ve/agrotrop/v42_1-2/v421a080.html

²⁹ CAVAZOS, T y RODRIGUEZ, Op. Cit. p. 35.

³⁰ SIESAREV, V.N. y BETKIN, F. Device of recording vertical soil deformation. Soviet science (Unión Soviética). 1976

mientras que aquellos con DAp elevada poseen malas condiciones físicas, es decir mayor compactación”³¹.

- **Infiltración.** La infiltración es la propiedad que tiene el suelo de absorber agua a través de los poros, generalmente se expresa en altura de lamina de agua, en centímetros o pulgadas, por otra parte se entiende por velocidad de infiltración la máxima velocidad que un suelo puede absorber agua, bajo ciertas condiciones y en un tiempo dado.

De acuerdo a Prieto Alberto ³² lo deseable es que los suelos tengan más infiltración para su propia conservación ya que en suelos desnudos la infiltración disminuye notablemente en la degradación y grandes pérdidas del suelo por aguas de escorrentía.

- **Estructura.** Se ha encontrado que existe una estrecha correlación entre el desarrollo normal de las plantas y factores físicos del suelo. Entre estos factores físicos sin duda, el más importante es la estructura del suelo a la cual Bayer considera como la llave de la fertilidad ”.

Zuccardi y Fudda dicen que la estructura del suelo depende de múltiples factores e influyen en la relación suelo- agua-aire. Cuando esta relación es adecuada existen en el suelo buenas condiciones de aireación y humedad, con espacios porosos que regulen los intercambios gaseosos y el equilibrio hídrico del suelo.

Estas condiciones físicas crean un ambiente normal a la actividad biológica del suelo y de la planta, influyendo sobre la dinámica de los elementos nutritivos y posibilitando su normal asimilación.

En general, se puede anotar que el crecimiento de las raíces tiende a variar inversamente con la resistencia a la penetración y puede detectarse cuando la resistencia del suelo excede a la presión disponible del crecimiento de las raíces para vencerlo.³³

- **Capacidad de Campo.** Ritas y Melida definen la capacidad de campo como: “la cantidad de agua retenida en el suelo, una vez drenado el exceso, y en el que la velocidad del movimiento descendente del agua ha desaparecido prácticamente. Esto, por lo general, ocurre dos o tres días después de la lluvia

³¹ SÁNCHEZ VERA Gabriel, et al, Densidad Aparente en un Vertisol con Diferentes Agro sistemas INCI vol.28 no.6 Caracas junio 2003, http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000600007&lng=en&nrm=iso INTERCIENCIA, PRINT ISSN 0378-1844

³² MILA P. Alberto, Suelos pastos y forrajes, UNAD, bogota D.C. edición UNISUR, 2006.

³³ GUEVARA.L Y ROJAS. H. Determinación de la penetrabilidad en algunos suelos del altiplano de pasto Nariño Colombia., Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto Colombia 1976

o riego en suelos permeables, de textura y estructura uniforme”³⁴.

Para Gavande, “La capacidad de campo es útil para realizar cálculos prácticos de cantidades aprovechables de agua”³⁵.

- **Porosidad.** Según Soriano, m y Pons Marti, definen que “la porosidad como el cociente entre el volumen de poros de una muestra y su volumen total aparente; es pues un índice que nos da una idea de la cantidad de poros que tiene un terreno y del volumen relativo que ocupan los mismos y, como tal, informa del estado de la tierra, de la disponibilidad de esta para dejar paso a las raíces o de la mayor o menor permeabilidad hidráulica y gaseosa de la misma”³⁶.

Guerrero, R,R y A. Mantilla³⁷. Sostiene que la porosidad es una de las propiedades físicas del suelo que mas directamente conlleva a la relación físico-productiva, puesto que de ella depende la disponibilidad del aire en el sistema radicular de la planta, factor vital en el desarrollo de la misma.

Bover, .L,D Gardner, R. y Gardner, W,R. manifiestan que “Un suelo ideal es aquel que tiene un espacio de poros divididos por igual entre grandes y pequeños, este tiene un grado suficiente, buenas propiedades de aireación, permeabilidad y retención de agua. La porosidad total de un suelo medio es del 50% y una porosidad menor del 10% restringe la proliferación de raíces”³⁸.

4.2.3. Químicos. Mila, citado por León y Zambrano, afirma que: “las propiedades 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 variables de fertilidad”³⁹

- **Materia orgánica.** Viveros citado por León y Zambrano⁴⁰ menciona que la materia orgánica es la base para la vida microbiana en suelo. Y por tanto

³⁴ RITAS, J. y MELIDA, J. El diagnóstico del suelo y plantas, métodos de campo y laboratorios. 3ra Edición. Editorial Ediciones Mundiprensa. Madrid 1978. p. 174.

³⁵ GAVANDE, Op. cit., p. 162.

³⁶ SORIANO, M y PONS MARTI, V. Practicas de edafología y climatología, pag 38, Alfa omega, Universidad Politécnica de Valencia. México. 2004.

³⁷ GUERRERO, R.R. Y A. MANTILLA. Propiedades físicas de algunos de los municipios de Palmira, en la parte plana. Tesis Ingeniería Agr. Palmira, Unal de Colombia. Facultad Ciencias Agropecuarias. 1964. p. 97.

³⁸ BOVER, L.D., GARDNER, R. y GARDNER, W.R. Física de suelos. México, Hispanoamericano, 1993. p. 529.

³⁹ LEON, J y ZAMBRANO, D, Op. Cit., p.33

⁴⁰ LEON, J y ZAMBRANO, D, Ibíd., p.33

suministra la mayor parte de alimento a los microorganismos que la transforman al estado mineral aprovechable para la planta.

Salamanca⁴¹ afirma que la materia orgánica en el suelo, es un material complejo sujeto a cambios continuos de descomposición y síntesis por acción de los microorganismos. En este proceso de descomposición intervienen factores como los cambios de temperatura, de humedad, organismos como los vertebrados, insectos y lombrices, quienes juegan un papel importante en la incorporación de los residuos al suelo

Fassbender y Bornemisza afirman que:

La materia orgánica esta compuesta por los componentes de origen biológico que se encuentran en el suelo. El edafón consiste en los organismos vivientes del suelo: o sea, la flora y la fauna. El humus esta compuesto por los restos post-mortem de vegetales y animales que, depositados en el suelo, son constantemente sometidos a procesos de descomposición, transformación y resíntesis.

La parte mas estable de esta materia orgánica del suelo se llama humus, la que la misma sociedad ya citada define como: fracción mas o menos estable de la materia orgánica del suelo, la que se obtiene después que se ha descompuesto la mayor parte de las sustancias vegetales y animales añadidas al suelo comúnmente de color oscuro ”.

El contenido porcentual de materia orgánica en los primeros centímetros del suelo es alto y va decreciendo a medida que va aumentando la profundidad, la cual puede definirse como una disminución regular del contenido de carbono orgánico⁴²

Bernal sostiene 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 el fósforo, calcio, magnesio, etc., y pH bajo, acompañado en muchos casos por niveles tóxicos de aluminio⁴³

⁴¹SALAMANCA, R, Op Cit., p.34.(2)

⁴²FASSBENDER H y BORNEMISZA E, Química de los suelos con énfasis en suelos de América latina, 2ª ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José de Costa Rica 1987. p. 45-50-77.

⁴³BERNAL, Javier.4ª ed. Op Cit., p.66.

- **Capacidad de intercambio de cationes.** el IGAC afirma que:

Gran parte de los componentes de la fase sólida del suelo retienen moléculas o iones, en forma más o menos permanente; algunos de estos procesos son reversibles y los diferentes iones se retienen e intercambian en cantidades aproximadamente equivalentes. Este proceso se denomina cambio iónico y Bear, citado por el IGAC, lo define como "proceso reversible a través del cual son cambiados cationes y aniones entre las fase líquida y sólida y entre los diversos componentes de la última si están en contacto estrecho"⁴⁴

Salamanca⁴⁵ menciona que la CIC, es una de las propiedades químicas más importantes de los suelos y esta estrechamente relacionada con la fertilidad del mismo. Esta capacidad de intercambio catiónico depende de la naturaleza y de la cantidad de coloides presentes en el suelo, por tanto los que tienen gran cantidad de arcillas y materia orgánica tienen una mayor capacidad de intercambio catiónico que los suelos arenosos con bajo contenido de materia orgánica.

Para Mila, P⁴⁶. La CIC es el fenómeno más importante para el desarrollo vegetal después de la fotosíntesis, y su importancia radica en que esta se constituye en la reserva inmediata de nutrientes, suministra elementos cambiables para la alimentación de la planta, y por último controla la pérdida de nutrientes por lavado.

- **pH.** De acuerdo con Fassbender y Bornesmiza, citados por el IGAC: "la reacción del suelo es el concepto que se refiere a las reacciones de acidez y basicidad del mismo que influyen, tanto en sus características químicas, como físicas; tiene además considerable impacto sobre la microbiota edáfica"⁴⁷

Figueredo y Urrego, citados por León y Zambrano, manifiestan 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, porque controla la actividad microbiológica y por tanto, la conversión de 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 importantes⁴⁸.

⁴⁴ INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Op Cit., p.425

⁴⁵ SALAMANCA, Rafael. Op Cit., p. 109(2)

⁴⁶ MILA P. Alberto, Op cit., p.

⁴⁷ INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Op Cit., p.423.

⁴⁸ LEON, J y ZAMBRANO, D, Op. Cit., p.35.

Garavito⁴⁹ manifiesta que el pH es una de las propiedades físico-químicas más importantes de los suelos; de él depende en gran parte la disponibilidad de nutrientes para las plantas ya sea porque determina su solubilidad, como por que controla la clase y tipo de actividad microbiológica y por lo tanto la mineralización de la materia orgánica.

De acuerdo con Bernal⁵⁰ esta propiedad afecta el crecimiento de las plantas mediante la disponibilidad de los elementos esenciales y la actividad de los microorganismos

- **Nitrógeno.** Las formas principales del Nitrógeno en el suelo provienen generalmente de la descomposición de los residuos orgánicos, materiales frescos orgánicos, abonos orgánicos, humus etc. Estas formas por lo general son Nitrógeno orgánico y Nitrógeno mineral. El primero constituye la mayor parte del elemento en el suelo y suele superar el 98 %, por tanto es posible asimilar el Nitrógeno total al Nitrógeno orgánico⁵¹.

Navarrete citado por Botina y Noguera⁵² afirma que el nitrógeno es considerado el elemento que más limita el crecimiento de los pastos tropicales y especialmente de clima frío. Por lo tanto el kikuyo es un pasto que depende mucho de este elemento para su crecimiento y desarrollo.

Fassbender y Bornemisza afirman que:

La disponibilidad de este elemento es de gran importancia para las plantas, las que absorben nitratos y amonio que utilizan en la síntesis de proteína y de otros compuestos orgánicos vegetales.

Las cantidades de N presentes en los suelos están controlados especialmente por las condiciones climáticas y la vegetación ; estas últimas inciden en condiciones locales de la topografía, en el material parental, en las actividades del hombre y en el tiempo que estos factores han actuado sobre el suelo.

Los suelos arcillosos contienen mayores cantidades de nitrógeno que los limosos y arenosos. Los factores edáficos como el pH, el drenaje, la

⁴⁹ GARAVITO, Fabio y otros. Propiedades químicas de los suelos. Bogotá Colombia, INAC, 1974.p.413

⁵⁰ BERNAL, Javier. 4 ed. OP Cit., p. 103

⁵¹ <http://www.unex.es/edafo/ECAP/ECAL4Pract8Ini.htm>, Consulta septiembre 3 de 2007.

⁵² BOTINA Johanna C. y NOGUERA Sandra. Efecto de la Zeolita sobre la productividad del pasto kikuyo (*pennisetum clandestinum hoechst*) Bajo diferentes niveles de fertilización mineral. 20007, p.34 trabajo de grado (zootecnistas) universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias.

presencia de inhibidores influyen sobre los microorganismos del suelo y sobre el contenido N.⁵³

- **Fósforo.** Bernal afirma que, "el fósforo constituye los aminoácidos en las plantas, es necesario para la división celular, estimula el desarrollo de raíces, es necesario para el crecimiento de los meristemos, desarrollo de frutos y semillas; estimula la floración"⁵⁴.

Fassbender y Bornemisza⁵⁵ afirman que: a través del proceso de la mineralización de la materia orgánica se puede producir una alta liberación de fósforo en la solución del suelo, lo que es de gran importancia para la nutrición vegetal.

- **Potasio.** Fassbender y Bornemisza afirman que:

Quando las plantas absorben el potasio, o al ser este lavado, su reposición en la solución del suelo se produce a partir de K cambiante: por ello es que esta fracción es tan importante en la nutrición vegetal, ya que presenta una reserva *pool* en la que se almacena K, el que poco a poco se pone a disposición de la planta, al mismo tiempo este K se protege del lavado a través de la adsorción⁵⁶

Bernal sostiene que:

El potasio es activador de enzimas involucrado en la fotosíntesis, y el metabolismo de proteínas y carbohidratos, participa en la translocación de los carbohidratos, síntesis de proteínas y mantenimiento de su estabilidad, permeabilidad de membranas y control de pH.

Mejora la utilización de la luz durante periodos fríos y nublados, por lo tanto aumenta la resistencia de las plantas al frío y otras condiciones adversas⁵⁷.

- **Calcio.** Bernal manifiesta que "el calcio es el constituyente de la pared celular en forma de pectato de calcio, necesario para la mitosis normal; participa en la estabilidad de las membranas y mantenimiento de la estructura cromosómica, activador de enzimas, actúa como agente detoxificante neutralizando los ácidos orgánicos en las plantas"⁵⁸.

- **Azufre.** Fassbender y Bornemisza⁵⁹ sostienen que en los suelos altamente

⁵³ FASSBENDER Hans y BORNEMISZA Elemer Op Cit., P 344

⁵⁴ BERNAL, J., 4ª edición Op cit., p.81

⁵⁵ FASSBENDER Hans y BORNEMISZA Elemer Op Cit., p 278.

⁵⁶ *Ibíd.*, p 344

⁵⁷ BERNAL, J. 4ª edición. Op Cit., p 81

⁵⁸ *Ibíd.* Pág. 82

⁵⁹ FASSBENDER Hans y BORNEMISZA Elemer Op Cit., p 321

meteorizados, el azufre es posiblemente el cuarto elemento en importancia, limitando el crecimiento de las plantas en general.

Bernal⁶⁰ afirma que el azufre es el constituyente de los aminoácidos azufrados. Involucrado en las vitaminas, biotina, tiamina y coenzima A. Ayuda en la estabilización de la estructura de las proteínas.

- **Boro.** Fassbender y Bornemisza⁶¹ afirman que el Boro orgánico es una fracción importante del Boro total y en general, los suelos superficiales con más materia orgánica contienen más Boro que los subsuelos.

Menos del 5 % del Boro total en los suelos se encuentra, en general, disponible para las plantas lo que hace frecuente la falta de este elemento

Bernal⁶², menciona que el boro aumenta la permeabilidad de la membrana y por lo tanto facilita el transporte de carbohidratos, involucrado en la síntesis de lignina, esencial en la división celular y síntesis de proteína, regula la relación potasio-calcio en las plantas.

- **Magnesio.** Bernal⁶³, reporta que el magnesio es el constituyente de la molécula de la clorofila, por lo tanto es esencial para la fotosíntesis.

Activador de muchos sistemas enzimáticos involucrados en el metabolismo de los carbohidratos, síntesis de ácidos nucleicos etc.

Promueve la absorción y translocación de P, interviene en el movimiento de azúcares dentro de las plantas.

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

De acuerdo con Amat y Soto, citados por Álvarez, A. las principales funciones de la macro fauna y su importancia edáfica son:

- La fragmentación mecánica y desintegración de los residuos

⁶⁰ BERNAL, J. 4ª edición. Op Cit., p. 82 - 83

⁶¹ FASSBENDER Hans y BORNEMISZA Elemer Op Cit., p 321

⁶² BERNAL, J. 4ª edición Op Cit., p. 84

⁶³ Ibíd., p. 82

orgánicos, optimización de la degradación microbiana y, por consiguiente, la rápida incorporación de la materia orgánica al suelo.

- Los procesos de digestión-excreción de la fauna que dan como resultado la síntesis de materiales húmicos y las formas disponibles para las plantas, así como también la mezcla de la fracción orgánica con la mineral del suelo.
- La movilidad vertical y horizontal de la macro fauna, que inciden en ciertas propiedades físicas del suelo⁶⁴.

Granado, A. señala que: “La movilidad vertical y horizontal de la macro fauna en el suelo, crea canales, poros y agregados que modifican ciertas propiedades físicas como el transporte de gases y agua en el suelo. Además crean y modifican el hábitat para otros organismos mas pequeños del suelo”⁶⁵.

Para Bernal⁶⁶ los factores bióticos son aquellos representados por otros seres vivos que conviven con los pastos en el mismo medio. Los principales factores bióticos que influyen en el crecimiento y producción de los pastos son los microorganismos, los animales y otras plantas. Los microorganismos pueden ser benéficos o perjudiciales; son benéficos aquellos que intervienen en las reacciones del suelo que conducen a la liberación de nutrientes contenidos en la M.O, o los que fijan nitrógeno del aire ya sea simbitiódica o autotróficamente. Pueden ser perjudiciales si son patógenos, como los virus, bacterias y hongos que causan enfermedades. Algunos animales como las lombrices ayudan a mejorar las condiciones de aireación e infiltración del suelo; los insectos en muchos casos ayudan a la polinización y otros ocasionan daños graves.

4.3 PARÁMETROS BROMATOLÓGICOS.

4.3.1 Composición química del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum H*). Indica la cantidad de nutrientes orgánicos y minerales presentes (aunque no de su disponibilidad para el animal), así como la existencia de factores o constituyentes que influyen negativamente sobre la calidad.

Pirela, M. sustenta los siguientes componentes nutritivos de los pastos:

⁶⁴ ALVAREZ, ADRIANA. Estudio del Ensamblaje de Coleópteros en Áreas con Diferente Condición de Abandono en la Cantera Soratama. Localidad de Usaquén, Trabajo de Grado para Optar el Título de Bióloga. Universidad Pontificia Javeriana, Facultad de Ciencias, Carrera de Biología. Bogotá, D. C. 2005. p.31.

⁶⁵ GRANADOS, ALEXANDRA. Efecto de la Aplicación de Biosólidos en Diferentes Proporciones como Enmienda Orgánica sobre el Redoblamiento de la Macro fauna Edáfica en la Cantera Soratama, Trabajo de Grado para Optar el Título de Bióloga. Universidad Pontificia Javeriana, Facultad de Ciencias, Carrera de Biología. Bogotá, D. C. 2005.p. 32

⁶⁶ BERNAL, J. 3ª edición. Op cit., p. 26 – 27,

- **Proteína cruda.** Un contenido bajo de proteínas resulta en una disminución del consumo de forrajes. El nivel crítico de la proteína en forrajes tropicales, por debajo del cual limita el consumo, está establecido en 7% (base seca). Una característica deseable en los forrajes y otros alimentos es la de proveer una fuente adicional de proteína (proteína sobrepasante) para ser digerida y absorbida en el intestino delgado y que complemente de forma satisfactoria el suministro de aminoácidos procedentes de la proteína microbiana.
- **Extracto etéreo.** Compuestos orgánicos insolubles en agua, que pueden ser extraídos de las células y tejidos por solventes como el éter, benceno y cloroformo. En líneas generales, proveen energía y otros nutrientes, y su disponibilidad para el animal es alta, aunque incluye proporciones variables de otros compuestos con poca importancia nutricional. Buena parte del material que es analizado típicamente como grasa en los pastos es, de hecho, algo distinto a las grasas verdaderas.
- **Carbohidratos.** Principales componentes de los forrajes y son responsable de las 3/4 partes del peso seco de las plantas. Un importante carbohidrato estructural lo constituye la lignina. Este compuesto complejo, heterogéneo y no digerible por los microorganismos ruminales ni por las enzimas intestinales, se encuentra incrustado en la pared celular de los tejidos vegetales. Su contenido aumenta con la madurez, siendo responsable de la digestión incompleta de la celulosa y la hemicelulosa, y el principal factor limitante de la digestibilidad de los forrajes.

Los carbohidratos no estructurales están disponibles casi en 100% para el animal, al ser digeridos fácilmente por los microorganismos del aparato digestivo y enzimas segregadas por el animal.

- **Minerales.** El contenido de minerales en los forrajes es muy variable ya que depende del tipo de planta, del tipo y propiedades del suelo, de la cantidad y distribución de la precipitación, y de las prácticas de manejo del sistema suelo-planta-animal. Con algunas excepciones, los minerales para el crecimiento y producción de los animales son los mismos que los requeridos por las plantas forrajeras. Sin embargo, las concentraciones normales de algunos elementos en las plantas pueden resultar insuficientes para satisfacer los requerimientos de los animales, mientras que en otros casos, ciertos minerales se encuentran en niveles que resultan tóxicos para los animales, pero sin causar ningún daño a las plantas.⁶⁷

⁶⁷ PIRELA, M. Op cit.,

4.4. ESTUDIO DE SUELOS DE ALTIPLANICIE EN CLIMA FRÍO SECO

Según la UMATA, IGAG y CORPONARIÑO, los suelos de las veredas de Los Marcos y San Luís en el Municipio de Ipiales junto con la vereda de santa Bárbara en el municipio de Aldana (Nariño), se clasifican en la siguiente manera:

Clase III. Corresponde a suelos ondulados o inclinados con pendientes menores al 25%, con presencia de erosión ligera hasta el 30% del área, profundidad del 12% y pedregosidad en pendientes entre el 12 y 15 %, se caracterizan por tener un pH. de 5 a 6, la salinidad no excede al 30% para suelos salinos o salinos-sódicos; de buen drenaje con aptitud a la explotación pecuaria, aunque actualmente dedicados a la agricultura especialmente a cultivos de trigo, cebada, papa y maíz.

Estos suelos requieren prácticas de control de erosión, labranza mínima, rotación de cultivos, fertilización, obras de drenaje en áreas que presenten encharcamiento en épocas de lluvias⁶⁸

⁶⁸ <http://www.ipialesmerecelomejor.gov.co/territorio.htm>

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó durante un periodo de 5 meses en el semestre B del 2008, en tres localidades comprendidas entre 2800-3049 msnm, de los municipios de Aldana e Ipiales en el departamento de Nariño, cuya caracterización se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1 Caracterización de la zona de estudio

Municipio	Localidades	Características
		Altura de 2850 m.s.n.m.
Ipiales	Los Marcos	Temperatura media de 10.8°C.
		Precipitación anual de 917.7 mm.
		Humedad relativa de 84%
		Altitud de 2911 msnm
Ipiales	San Luís	Temperatura de 10°C
		Precipitación de 500 a 1000 mm anuales.
		Humedad relativa 82.5 %
		Altura de 3040 msnm
Aldana	Santa Bárbara	Temperatura promedio de 10°C
		Precipitaciones de 500 a 1000 mm anuales.
		Humedad relativa 83%

Fuente:(Cabrera Álvaro. 2007)

5.2 MATERIALES Y EQUIPOS.

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

- GPS
- Luxómetro
- Anillos concéntricos
- Porra

- Regla graduada en centímetros
- Cronómetro
- Baldes
- Penetrómetro
- Altimetro
- Palas
- Frascos plásticos
- Pinzas
- Estereoscópio
- Cajas petri
- Cuadrante de 0.25m²
- Balanza

5.3 EVALUACIONES GENERALES

5.3.1 Producción de forraje verde. Para la medición de esta variable se tuvo en cuenta criterios como: buen estado del pasto, con el fin de asegurar su óptimo valor nutritivo en lugares donde no haya sido intervenido por el hombre, luego se realizó un corte del pasto, para determinar la producción de forraje verde. La producción de biomasa seca se determinó, mediante la metodología propuesta por Apráez⁶⁹. Para establecer el periodo de recuperación del forraje se realizó un primer corte antes de iniciar el ensayo.

5.3.2 Variables edáficas. Se tomaron 9 muestras de suelo, con 3 sub muestras en cada una de las localidades. Las muestras se tomaron siguiendo el protocolo de Tobón J.⁷⁰.

Las variables químicas y físicas del suelo se determinaron de acuerdo a los procedimientos descritos por el manual de métodos químicos para el análisis de suelos (LABORATORIOS UDENAR), de la siguiente manera:

5.3.3 Condiciones químicas.

- El pH se determinó por medio del método potenciométrico (suelo-agua 1:1), se fundamenta en determinar la concentración y la actividad iónica del H⁺ en una suspensión del suelo en agua.
- 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

⁶⁹ APRAEZ, Edmundo. Análisis químico de los alimentos. Pasto, Colombia: Editorial Universitaria. Universidad de Nariño, 1994. p.167.

⁷⁰ Boletín Divulgativo numero 27 ICA PRONATTA: Cómo Tomar Una Buena Muestra De Suelo.

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.

- Materia orgánica: determinación por método de Walkey y Black. Oxidación con dicromato de potasio y determinación calorimétrica.
- CIC: determinación por acetato de amonio 1N a PH: 7
- El Potasio de cambio, Ca y Mg se determinaron extrayendo su fracción cambiante con la 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.

5.3.4. Características físicas.

- 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 el tipo de mineral de arcilla, por lo tanto, es un índice de la resistencia del suelo en las condiciones de la medición.
- Textura: método del hidrómetro de Bouyoucos.
- Densidad aparente: método de la probeta.
- Densidad real: picnómetro.
- La capacidad de campo por el método de las columnas de Chapingo, se define como el porcentaje de humedad que permanece en el suelo 2 ó 3 días después de haber sido saturado y después de que el drenaje libre prácticamente ha cesado. Esta definición se aplica a los suelos bien drenados.
- La densidad 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:

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

PT: Porosidad total

Da: Densidad aparente

Dr: Densidad real

5.3.5. Aspectos biológicos. La evaluación de la mesofauna se realizó en un bloque de 25 cm x 25 cm x 30 cm, en cada uno de los lugares seleccionados. Después de obtener el bloque se colocó en una bandeja para retirar todos los animales y evaluar el número de individuos por metro cuadrado con base en 0.0625m² de la muestra, según la técnica descrita por el Manual de distribución vertical de macroinvertebrados (laboratorios UDENAR).

5.3.6. Variables bromatológicas. Las variables bromatológicas se analizaron de acuerdo con los procedimientos descritos por el análisis químico de alimentos (laboratorios UDENAR), siguiendo las técnicas reportadas por Apráez⁷¹.

- 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 ceniza por el análisis proximal, únicamente sirve para conocer de forma aproximada el contenido mineral, mas 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 no es un valor generalizado.
- La fibra cruda (FC) y el extracto libre de nitrógeno (ELN) se determinó 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

⁷¹ APRAEZ, Edmundo, Op. Cit., p.167.

FC, descontando la ceniza, y el ELN se determina por diferencia de la fibra, proteína grasa y ceniza.

- Proteína verdadera, FDN, FDA, hemicelulosa, celulosa y lignina por Van Soest, minerales: Ca, P, Mg y S, de acuerdo a los procedimientos descritos por AOAC (Asociation Official Chemists) 1995.
- El porcentaje de nutrientes digestibles totales (NDT) se determinó aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{NDT} = \frac{(0.0504 (\% \text{PC}) + 0.077 (\% \text{EE}) + 0.02 (\% \text{FC}) + 0.011 (\% \text{ENN}) + 0.000377 (\text{ENN})^2 - 0.152) * 100}{4.38}$$

NDT: Nutrientes digestibles totales

PC: Proteína cruda

EE: Extracto etéreo

FC: Fibra cruda

ENN: Extracto no nitrogenado

5.3.7 Condiciones climáticas. Como: temperatura, humedad relativa y precipitación, se tomaron los reportados por el IDEAM en un periodo comprendido entre los años 2000 al 2008. Los datos de luminosidad y altitud se determinaron con luxómetro y altímetro respectivamente.

5.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos correspondientes a las variables cuantitativas se procesaron por medio del el análisis de componentes principales (ACP) y las cualitativas utilizando el análisis de correspondencia múltiple (ACM). Este procedimiento se realizó con 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 variables⁷².

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

⁷² BAUTISTA, L. Y RAMOS, J. Análisis de datos de encuestas y de tabulación. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.1988. p. 85.

análisis de correlación de Pearson, con el fin de eliminar aquellas 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, fósforo, magnesio, azufre, nitrógeno total de la planta.

Posteriormente, se construyeron clústeres o grupos; en los 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.

6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

Se debe anotar que sólo se tomaron muestras en lugares donde se observó que el kikuyo tenía alta producción de biomasa y, por lo general, tenían características similares, convirtiendo las variables respuesta (productivas y bromatológicas) en un grupo homogéneo, por lo que se encontró que entre ellas no hubo diferencias significativas.

6.1.1 Periodo de recuperación. El Cuadro 2 muestra que los periodos de recuperación no tuvieron una variación significativa entre los sitios, encontrando valores de 47.33, 43.33 y 42.67 días en el Municipio de Aldana (Santa Bárbara), Los Marcos y San Luís en el Municipio de Ipiales respectivamente

En general el periodo de recuperación se considera como bueno (Figura 1), en razón de una adecuada disponibilidad de nutrientes en el suelo que fueron muy bien aprovechados por la planta.

Los anteriores resultados se asemejan a lo reportado en el documento de Curso de recursos forrajeros, citado por Mera y Rúaless⁷³ donde el kikuyo tiene un tiempo de recuperación de 35 a 40 días con aplicación de riego, mientras que durante el verano varía entre 60 y 75 días.

6.1.2 Producción de Biomasa. Como se indica en la Cuadro 2, la producción de biomasa en los lugares de muestreo fueron de 9,14 t/MS/ha/corte, para la localidad de Santa Bárbara, 9,05 t/MS/ha/corte en Los Marcos y 8.66 t/MS/ha/corte en San Luís. Se debe tener en cuenta que la producción registrada en las localidades de estudio fue sin intervención, es decir sin ninguna labor cultural y de manejo

El pasto kikuyo (Figura 2) tuvo una elevada producción, que quizá obedeció a una interacción entre la edad del corte y las condiciones ambientales, ya que el clima tuvo importancia vital para el desarrollo vegetal, estas junto con la madurez del pasto presentaron una tendencia a incrementar la producción

⁷³ MERA. R. y RUALES, H. Evaluación de la adaptación del trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus*) asociado con kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) bajo dos sistemas de reproducción y diferentes densidades de siembra en el municipio de Pasto- Nariño. 2007. P. 37.

Cuadro 2. Variables productivas

VARIABLES PRODUCTIVAS								PROMEDIOS		
LUGARES		PR. 1 (Días)	BIOMASA (Kg./m2)	PR.2 (Días)	BIOMASA (Kg./m2)	PR.3 (Días)	BIOMASA (Kg./m2)	PR. (Días)	BIOMASA (Kg./m2)	BIOMASA MS(t/h/corte)
	SB1	43	5,6	42	4,4	50	5	45	5	9,625
SANTA BÁRBARA	SB2	46	4,8	44	3,6	48	3,6	46	4	7,596
	SB3	52	4,6	53	5,2	48	4,9	51	4,9	10,2
PROMEDIO								47,33	4,63	9,14
	M1	42	4,5	40	5,15	41	5,35	41	5	9,68
LOS MARCOS	M2	45	5,2	40	4,6	44	4,6	43	4,8	8,47
	M3	50	5	45	5	43	5	46	5	9
PROMEDIO								43,33	4,93	9,05
	SL1	45	4,2	42	5,2	48	5,3	45	4,9	10,09
SAN LUÍS	SL2	41	4	43	5	42	4,5	42	4,5	7,29
	SL3	40	4	42	3,7	41	4	41	3,9	8,61
PROMEDIO								42,67	4,43	8,66

SB1: Santa Bárbara N° 1
 SB2: Santa Bárbara N° 2
 SB3: Santa Bárbara N° 3
 M1: Los Marcos N° 1
 M2: Los Marcos N° 2
 M3: Los Marcos N° 3
 SL1: San Luis N° 1
 SL2: San Luis N° 2
 SL3: San Luis N° 3

Figura 1. Periodo de recuperación del pasto kikuyo (días)

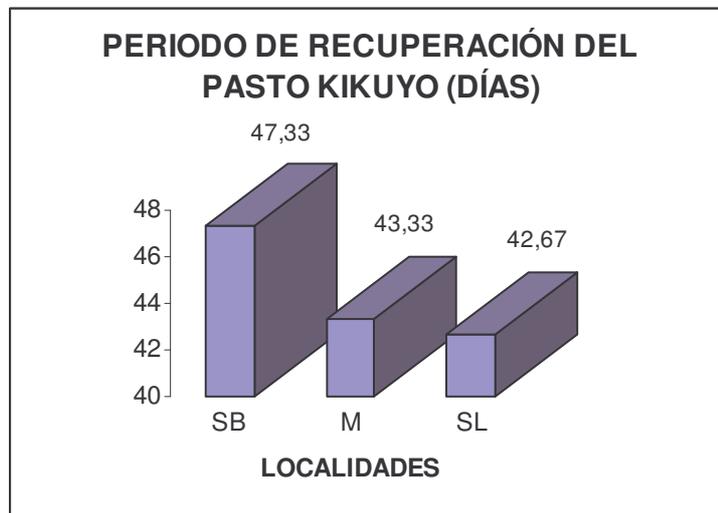
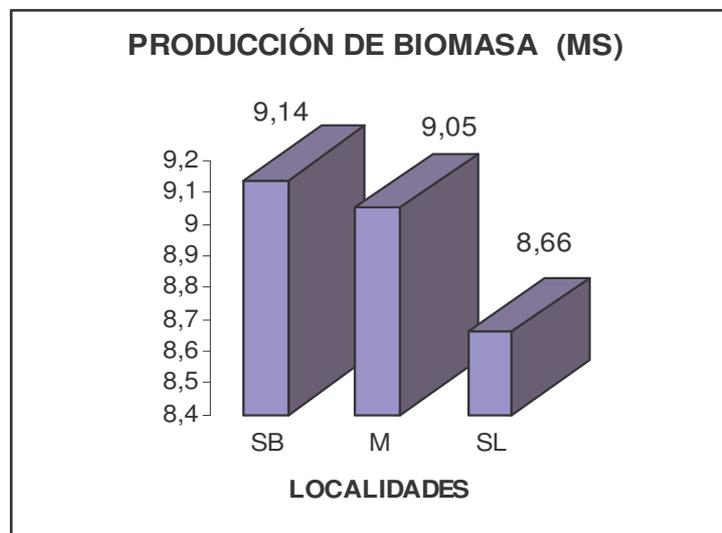


Figura 2. Producción de biomasa (MS/t/h/corte)



6.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS QUE AFECTARON LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA

6.2.1 Precipitación y humedad relativa. En las localidades de estudio osciló entre 831mm/año y 925.4mm/año, (Tabla 1), factor este que incidió de forma positiva en la producción de biomasa, seguramente la lluvia regularmente distribuida, permitió una mejor retención de humedad y favoreció las reacciones bioquímicas y absorción de nutrientes.

Las condiciones de humedad relativa tienen que ver con los procesos fisiológicos de transpiración, por lo tanto si la humedad relativa es muy alta, las plantas se sofocan y la tasa de evapotranspiración desciende, puesto que los estomas se cierran por saturación, lo ideal es tener un rango de óptimo de humedad para que los estomas se abran con el fin de que la planta capture CO², para hacer más eficiente su desarrollo.

Al respecto Pírela sostiene: “El volumen de agua caída por las precipitaciones y su distribución a través del año ejercen efectos notables en el crecimiento y calidad de los pastos, debido a su estrecha relación con los factores bioquímicos y fisiológicos que regulan los procesos biológicos.”⁷⁴

6.2.2 Luminosidad. Por otra parte, luminosidades altas presentes en las localidades de estudio, con un rango de 22 a 29 Klux, (Tabla 1), posiblemente influyeron en el incremento de biomasa al obtener producciones de 8.66 a 9.14 t/MS/ha/corte, en razón a su importancia en el proceso de fotosíntesis, donde la luz solar es transformada por la planta en energía química necesaria para su crecimiento y desarrollo.

Sobre este tema Hardy manifiesta: “La luz ejerce efectos sobre los procesos fisiológicos de las plantas verdes, siendo los más importantes: la transpiración, el crecimiento de las hojas, la fotosíntesis, la síntesis de clorofila, la actividad de los estomas, la formación de pigmentos y el fotoperiodo”⁷⁵.

6.2.3 Temperatura. Por último, la temperatura registrada en la zona de estudio fue de 10°C, sin diferencias significativas, lo que confirma que el clima, propicia una adecuada producción de biomasa.

La temperatura se relaciona directamente con la altitud es decir que entre más altura, menor es la temperatura, por tanto, influye en procesos tales como la humidificación es decir la transformación de materia orgánica a humos, de ahí que

⁷⁴ PIRELA, M. Op Cit., p. 6.

⁷⁵ HARDY, F. Edafología tropical. 1 edición, 1999. p.55.

Tabla 1. Condiciones climáticas en la zona de estudio.

	PRECIPITACIÓN mm/anual	LUMINOSIDAD Klux	T °C	HR%	ALTITUD msnm
SANTA BÁRBARA	925.4	22	10	83.3	3049
SAN LUIS	831	25	10	82.67	2964
LOS MARCOS	917.7	29	10	82.67	2963

*HR: Humedad relativa

T °C: Temperatura

A mayor temperatura mejor es la descomposición, permitiendo de esta manera una mayor disponibilidad de nutrientes para la planta.

Según Rivera Barrero⁷⁶ las zonas muy frías o de páramo deberían ser reserva ecológica ya que allí el desarrollo vegetal es mas lento, especialmente los pastos, en alturas superiores a 3000 m.s.n.m. además, los animales sufren problemas de adaptación a las alturas, tienen poca disponibilidad de alimento y gastan gran cantidad de energía

En este sentido, 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”⁷⁷.

Bear⁷⁸, afirma que ciertas gramíneas se desarrollan mejor en climas fríos, debido a la abundancia de agua y a las condiciones climáticas como: temperatura, humedad relativa y altura.

⁷⁶ RIVERA BARRERO, Julio Cesar. Producción de Bovinos, Carne y Doble Propósito. San Juan de Pasto, Colombia: s.n. 1999. p. 40.

⁷⁷ BERNAL J 4ª edición. Op Cit. 9.104

⁷⁸ BEAR, F. los suelos en relación con el crecimiento de los cultivos. Barcelona: Orrega. 1969. p.63.

6.3 VARIABLES BROMATOLÓGICAS

Los resultados se pueden observar en la Tabla 2. Cabe anotar que la composición bromatológica del pasto kikuyo se encontró dentro de valores aceptables, principalmente en los contenidos proteicos y los componentes de la pared celular (FDN, FDA, lignina).

6.3.1 Proteína. El pasto presentó porcentajes de proteína cruda y verdadera altos, debido probablemente a que las muestras de forraje se tomaron en el momento óptimo de cosecha, en el cual los contenidos de nitrógeno son mayores.

En general se observó un rango de 10.91-16.31% y 14.83-22.44% para proteína verdadera y proteína cruda respectivamente, posiblemente estos valores obedecieron a las edades tempranas en que fue cortado el pasto como se mencionó inicialmente, puesto que las muestras fueron tomadas en lugares donde el kikuyo no había sido intervenido hace mucho tiempo.

Respecto a lo anterior Pirela, sostiene que: “el contenido proteico en gramíneas tropicales es relativamente alto en los estadios iniciales de crecimiento, para luego caer marcadamente hasta antes de la floración”⁷⁹.

Acerca de este aspecto, Carulla y Rodríguez citados por Correa J, Carulla J y Pabon M. sostienen que: “el alto contenido de proteína en este pasto se debe a que normalmente es sometido a intensos programas de fertilización nitrogenada y es pastoreado a edades más cortas”⁸⁰

Los resultados son superiores a los reportados por Rodas Alberto quien manifiesta que: “El forraje de esta gramínea es generalmente rico en proteína y es muy palatable para el ganado. El contenido de proteína cruda raras veces es inferior al 12% de la materia seca, y en ocasiones alcanza hasta el 23-25% en forraje joven, aunque bajo condiciones desfavorables y en forraje muy maduro se han registrado contenidos de proteína cruda tan bajos como el 5 o 7%”⁸¹

⁷⁹ PIRELA, M. Op Cit.,

⁸⁰ CORREA J, CARULLA J y PABON M Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I. Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. Disponible en: <http://www.veterinaria.unal.edu.co/inv/nutricion/kikuyo%201.pdf>, fecha de consulta 28 abril 2009

⁸¹ RODAS, A. Op cit.,

Tabla 2. Análisis bromatológico (%BS).

	SANTA BARBARA				LOS MARCOS				SAN LUIS			
	SB1	SB2	SB3	X	M1	M2	M3	X	SL1	SL2	SL3	X
<i>MS %</i>	19,25	18,99	20,82	19,69	19,36	17,66	18	18,34	20,6	16,21	22,08	19,63
<i>CENIZA %</i>	11,26	10,69	10,4	10,78	13,69	13,1	13,8	13,53	12,95	13,22	11,27	12,48
<i>EE %</i>	1,84	2,04	1,84	1,91	2,47	2,26	2,66	2,46	2,62	3,71	1,69	2,67
<i>FC %</i>	27,41	28,94	27,69	28,01	43,6	36,62	26,27	35,50	25,48	24,17	31,55	27,07
<i>P. CRUDA %</i>	15,66	15,52	13,31	14,83	22,09	21,5	23,74	22,44	17,98	24,14	14,07	18,73
<i>ENN %</i>	43,83	42,82	46,77	44,47	18,25	26,52	33,52	26,10	40,97	34,75	41,43	39,05
<i>FDN %</i>	67,94	68,14	69,46	68,51	57,77	57,24	56,73	57,25	63,83	57,05	66,95	62,61
<i>FDA %</i>	31,28	34,58	31,82	32,56	26,77	28,21	28,18	27,72	30,87	28,6	32,64	30,70
<i>LIGNINA %</i>	4,82	9,15	5,44	6,47	4,5	5,4	6,6	5,50	3,89	4,1	4,12	4,04
<i>CELULOSA %</i>	26,45	25,42	26,38	26,08	22,27	22,81	21,58	22,22	26,99	24,5	28,52	26,67
<i>HEMICEL %</i>	36,66	33,56	37,65	35,96	30,99	29,04	28,55	29,53	32,96	28,44	34,3	31,90
<i>CALCIO %</i>	0,37	0,32	0,38	0,36	0,46	0,4	0,47	0,44	0,52	0,35	0,25	0,37
<i>FOSFORO %</i>	0,36	0,36	0,36	0,36	0,33	0,36	0,32	0,34	0,38	0,41	0,26	0,35
<i>MAGNESIO %</i>	0,27	0,23	0,24	0,25	0,34	0,32	0,36	0,34	0,31	0,29	0,23	0,28
<i>AZUFRE %</i>	0,18	0,16	0,15	0,16	0,2	0,23	0,18	0,20	0,17	0,27	0,17	0,20
<i>PROT. VERD %</i>	11,57	11,26	9,91	10,91	16,52	15,57	16,85	16,31	12,62	16,69	9,73	13,01
<i>N TOTAL %</i>	2,51	2,48	2,13	2,37	3,53	3,44	3,8	3,59	2,88	3,63	2,25	2,92
<i>NDT %</i>	65,67	66,01	66,18	65,95	66,42	65,35	66,19	65,99	65,48	67,93	64,35	65,92

6.3.2 Fibra cruda. El porcentaje de FC osciló entre 27.07% y 35.50% atribuidos a la edad de corte del pasto, puesto que sus hojas y tallos son moderadamente fibrosas, resultados que se asemeja a los valores reportados por Rodas, A. quien sostiene que: "El contenido de fibra cruda es moderado, usualmente del 30%, debido a que las hojas no son en exceso fibrosas, y este bajo contenido, al igual que los altos contenidos de proteína cruda, se mantienen en el kikuyo por mucho más tiempo que en un gran número de gramíneas tropicales, quizá por su alta proporción de hojas en el forraje"⁸².

6.3.3 FDN y FDA. En la Tabla 2 se observa un adecuado contenido de FDN, de 68,51, 57,25 y 62,61% en Santa Bárbara, Los Marcos y San Luís, respectivamente y FDA con valores que variaron de 27.72% a 32.56%, y niveles de lignina: 6,47, 5,50 y 4,04 % para Santa Bárbara, Los Marcos y San Luís. Lo que permite suponer que la calidad de la fibra es alta, ya que el bajo nivel de FDA se traduce en un contenido alto de hemicelulosa carbohidrato de mayor solubilidad y fuente energética fácilmente aprovechable.

Estos resultados probablemente obedecieron a la edad del pasto, la influencia directa de fertilidad del suelo, distribución uniforme de la precipitación pluvial, y condiciones ambientales.

Al respecto Cheeke afirma: "Los porcentajes de FDA generalmente dan una visión de la fracción indigerible, sin embargo, la mayor o menor digestibilidad de estos componentes depende en gran medida de las características de los enlaces donde está presente la lignina"⁸³.

Por su parte Bernal⁸⁴ sostiene que estos porcentajes pueden variar significativamente de acuerdo a la época del corte, estación del año, fertilización y fertilidad de los suelos.

6.3.4 NDT. El kikuyo mostró un contenido energético aceptable que varió entre 65.92% y 65.99%, que de acuerdo a tablas del ICA⁸⁵, resulta normal para esta gramínea. Este nivel de NDT pudo deberse a una buena reserva de nutrientes, principalmente altos contenidos de nitrógeno en los suelos, que le permitió a la planta tener mejor reservas de carbohidratos solubles.

Benítez, afirma: "El nitrógeno presente en el suelo puede mejorar sustancialmente los niveles energéticos del mismo por el incremento en los extractos libres de

⁸² RODAS, A. *Ibíd.*

⁸³ CHEEKE, Peter. Alimentación y nutrición del conejo. 1ª edición. Zaragoza, España: Acribia, 1995. p. 127.

⁸⁴ BERNAL, J, 3ª edición. Op. Cit., p.174

⁸⁵ INSTITUTO AGROPECUARIO DE COLOMBIA (ICA).Op, cit, p, 4.

nitrógeno, que se constituyen como reservas potenciales de energía para la planta”⁸⁶.

6.4 CONDICIONES EDÁFICAS

6.4.1 Química de los suelos. A continuación se citan las siguientes:

- **pH.** Los valores obtenidos fueron de 5.8, 5.97 y 7.27 en las localidades de Santa Bárbara, San Luís y Los Marcos respectivamente, que corresponden a suelos ligeramente ácidos, solo en la localidad de Los Marcos, del Municipio de Ipiales, se encontró un pH neutro, como lo indica la Tabla 3. Esto pudo deberse a la microheterogeneidad, y a enmiendas que pudieron haberse usado en cultivos anteriores; los datos encontrados son similares a los de muchos suelos de Nariño, especialmente a los derivados de cenizas volcánicas.

Los anteriores resultados corroboran lo expuesto por Burbano: “La condición de los suelos de Nariño, que están en altitudes cercanas al páramo, presentan una ligera disminución del pH, de tal manera que el suelo tiende a acidificarse”⁸⁷

Para Bernal: “el mejor rango de pH para el crecimiento de la mayoría de las plantas se encuentran entre 5.5 y 6.5 y uno de los objetivos de un buen programa de manejo de suelos es el de tratar de mantener el pH dentro de estos límites”⁸⁸.

- **Materia orgánica (MO).** Presentó valores de 17.3, 2.87% y 12.2% en localidades de Santa Bárbara, Los Marcos y San Luís: estos valores posiblemente obedecieron a la influencia del pH, ya que cuando el suelo presentó mayor acidez, la MO tendió a aumentar debido a que disminuye su descomposición por parte de los organismos del suelo.

Los anteriores resultados son similares a los mencionados por Silva quien asegura que: “el horizonte A de los suelos agrícolas presenta, generalmente, valores que oscilan entre 0.1- y 10.0% de materia orgánica”⁸⁹.

⁸⁶ BENITEZ, C. Los pastos en Cuba. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación. 1983. p. 676.

⁸⁷ BURBANO, H. La materia orgánica del suelo en el contexto de una agricultura sostenible. En: SILVA, Francisco. Fertilidad de suelos. Diagnóstico y control. Bogotá: SCCS, 1994. p.525.

⁸⁸ BERNAL, J. 3ª Edición. Op Cit., p. 65.

⁸⁹ SILVA, Francisco. Fertilidad de Suelo. Diagnostico y Control. Publicación de la sociedad colombiana de la ciencia del suelo. Bogotá. D.C., Colombia. 2ª edición. 1984. P. 114

Tabla 3. Análisis de suelos en la zona de estudio

	SANTA BARBARA				LOS MARCOS				SAN LUIS			
	SB1	SB2	SB3	X	M1	M2	M3	x	SL1	SL2	SL3	X
Ph	5,9	5,8	5,7	5,8	7,3	7,2	7,3	7,27	6,4	6,5	5	5,97
MAT ORG.	14,1	17,3	20,5	17,3	2,1	2,2	4,3	2,87	14,2	14,5	7,9	12,2
Dens. Real g/cc	2,11	2,12	2,26	2,16	2,46	2,44	2,47	2,46	1,82	2,07	2,48	2,12
DA (g/ cc)	0,81	0,86	0,9	0,86	1,02	1,05	1,1	1,06	0,84	0,9	1,2	0,98
Capac. Campo %	58,3	56,9	60,4	58,53	21,4	24,9	24,2	23,5	51,4	61,1	25,6	46,03
Penetrabilidad(Mpa/cm)	0,7	0,9	3,4	1,67	2,2	1,2	2,1	1,83	1,5	2,3	1,5	1,77
Infiltración (cm/h)	13,15	13,45	17,31	14,64	6	7,2	14,2	9,13	9,75	11,58	7,65	9,66
Porosidad %	61,61	59,43	60,18	60,41	58,54	56,97	55,47	56,99	53,85	56,52	51,61	53,99
CIC (meq/100g)	37	39,2	44,8	40,33	8,2	8	35,2	17,13	41	37,4	18,8	32,4
Fósforo(ppm)	49	46,6	135	76,87	160	145	133	146	105	80,2	45	76,73
Ca (meq/100g)	9,93	11,4	8,3	9,88	7,95	6,35	7,8	7,37	28	26,1	8,8	20,97
Mg (meq/100g)	3,13	4,02	9,4	5,52	1,56	1,15	1,85	1,52	5,47	5,08	1,09	3,88
K (meq/100g)	4,18	4,64	0,13	2,98	0,93	0,63	1,11	0,89	4,04	3,72	0,38	2,71
Al (meq/100g)	*	*	*	0	*	*	*	0	*	*	0,1	0,1
Fe (ppm)	112	242	476	276,67	20,6	17,4	24,8	20,93	258	217	436	303,67
Mn (ppm)	0,98	3	1,34	1,77	1,84	1,48	2,6	1,97	0,32	3,86	5,2	3,13
Cu (ppm)	0,58	1,26	1,1	0,98	1,06	0,88	3,22	1,72	1,08	1,06	1,92	1,35
Zn (ppm)	3,6	6,4	5,4	5,13	2,4	2	2,4	2,27	9,8	3,8	3,6	5,73
Boro (ppm)	0,005	0,005	0,62	0,21	0,23	0,005	0,07	0,1	0,26	0,08	0,15	0,16
N total	0,53	0,61	0,68	0,61	0,11	11	0,2	3,77	0,53	0,54	0,34	0,47
Carbono Orgánico	8,2	10,04	11,9	10,05	1,19	1,3	2,5	1,66	8,25	8,38	4,6	7,08
S disp (ppm)	5,82	9	18,9	11,24	5,29	0,88	3,53	3,23	14,65	12,18	6,53	11,12

En este sentido, García reporta un comportamiento similar para la materia orgánica argumentando que: “En clima frío, se puede observar valores medios de M.O, debido posiblemente a las bajas temperaturas y menor descomposición y acción de los microorganismos del suelo, acompañado en muchos casos por un pH bajo”⁹⁰.

Ratificando lo anterior Estrada Álvarez⁹¹, menciona que a medida que disminuye la temperatura, el contenido de materia orgánica aumenta debido a la baja tasa de mineralización de esta, en Colombia por existir una relación inversa entre altitud y temperatura, se ha encontrado correlación positiva entre el contenido de materia orgánica y la altura sobre el nivel del mar.

- **Capacidad de intercambio de cationes (CIC).** La CIC reportó valores entre 17.13 y 40.33meq/kg, catalogados como medio a alto según el ICA; propiedad relacionada con la alimentación de la planta, ya que de ella depende el almacenamiento y distribución de nutrientes en el suelo, lo que a su vez está directamente relacionado con la cantidad de materia orgánica presente en los suelos estudiados, puesto que a mayor cantidad de MO, tienen una mayor capacidad de intercambio catiónico que los suelos arenosos con bajo contenido de MO; Situación que respalda Salamanca quien argumenta que: “la capacidad de intercambio catiónico (CIC) depende principalmente del contenido y naturaleza de la arcilla, contenido de MO y pH ”⁹²

La CIC, permitió que esta gramínea tenga una buena disponibilidad de nutrientes disueltos en el suelo, permitiendo así la fácil obtención por parte de la planta, de todos los nutrientes que necesitó para los procesos metabólicos y fisiológicos de una manera adecuada, lo que permitió un buen nivel nutritivo del pasto.

El mismo autor manifiesta que: “ es deseable que un suelo tenga una CIC alta, ya que indica una gran capacidad potencial de suministro y reserva de Ca, Mg, y K”⁹³.

- **Nitrógeno total.** Se encontraron valores entre 0.47 y 3.77%, demostrando así, que en clima frío los suelos contienen mas nitrógeno total, pero el suministro es menor debido a la baja tasa de mineralización. La

⁹⁰GARCIA, B. Características químicas y la fertilidad de los suelos con énfasis en el departamento de Nariño. CORPOICA. Pasto, Obonuco, p.15.

⁹¹ ESTRADA ALVAREZ, Julián. Pastos y forrajes para el trópico colombiano, Manizales: Universidad de Caldas. 2002. p. 202

⁹² SALAMANCA, Javier. Op cit., p 118.

⁹³ SALAMANCA, Rafael. Op Cit., p.229.

disponibilidad de nitrógeno influye manera directa en el contenido de proteína lo que convierte al pasto en una gramínea de alta calidad.

Según Frye, citado por Salamanca⁹⁴. Normalmente los suelos de clima frío, contienen mas nitrógeno total que los de clima cálido, pero el suministro es menor debido a la baja tasa de mineralización.

Gracias a la disponibilidad de nitrógeno que determinó de manera directa el contenido de proteína, el pasto kikuyo se convirtió en una gramínea de alta calidad.

- **Relación Carbono-Nitrógeno (C/N).** Cabe resaltar que la relación C/N en las localidades de Santa Bárbara y San Luis fue de 16.47 y 15.06% respectivamente, lo que indica que la relación es estrecha por tanto habrá una mayor parte de nitrógeno mineralizado en el proceso de descomposición del material orgánico: valores que sobrepasan los obtenidos por León y Zambrano⁹⁵, quienes encontraron una relación de 12.84% manifestando que estos porcentajes son de suelos con humus muy activo. Pero solo la localidad de Los Marcos presentó una MO inactiva ya que la relación fue de 0,44%.

Salamanca⁹⁶ menciona que rangos de C/N de 10-12 indica una mineralización normal. Por ser esta una relación de término medio, la competencia por el nitrógeno asimilable es menor, lo que quiere decir que el aporte de de nutrimentos por parte de la materia orgánica es más eficiente.

- **Macronutrientes.** Como lo indica la Tabla 3, el estudio presentó resultados altos en el contenido mineral, comparados con los niveles reportados por Bernal, citado por Estrada A, presentados en el Anexo H.
- **Fósforo.** Las localidades de Santa Bárbara y San Luis presentaron niveles similares de este mineral, en comparación a los registrados en la localidad de Los Marcos donde se observó claramente un nivel muy alto (Tabla 3).

Fósforo mostró un efecto favorable sobre la producción de biomasa. Posiblemente esto se debió a que este elemento promovió el desarrollo del sistema radicular en la planta y desempeñó un papel importante en la respiración, almacenamiento y transferencia de energía.

⁹⁴ SALAMANCA, Javier. Op cit.,p 131.

⁹⁵ LEON, J y ZAMBRANO, D, Op. Cit., 51

⁹⁶ SALAMANCA, Rafael. Op Cit., p.228.

Sobre este tema, Mila afirma que: El fósforo desempeña un importante papel metabólico en la respiración, fotosíntesis y transferencia de energía; es determinante para el desarrollo de raíces y de los tejidos meristemáticos, por lo cual es importante durante el desarrollo vegetativo de los pastos⁹⁷.

Las zonas de estudio presentaron niveles altos de fósforo de 76.73, 76.87 y 146ppm para las localidades de San Luís, Santa Bárbara y Los Marcos respectivamente, esto posiblemente se debió al efecto residual de fertilizantes fosforados que fueron utilizados en un determinado momento en esta zona, caracterizada por la siembra de cultivos pan coger, ya que resulta atípico este valor en este tipo de suelos y no cabe otra explicación razonable.

- **Potasio.** El potasio presentó niveles entre 0.89-2.98 meq/100g. Estas cantidades elevadas son atribuibles que los suelos estudiados son de origen volcánico.

6.4.2. Física de los suelos. A continuación se citan las siguientes:

- **Densidad aparente (DA).** Presentó un rango de 0.86 a 1.06g/cm³, (Tabla 3), y estuvo íntimamente relacionada con los contenidos de materia orgánica, textura y manejo del suelo, además permitió observar una compactación leve en el suelo, en razón a que correspondieron a suelos no intervenidos.

Los valores se asemejan al rango reportado por Bernal citado por León y Zambrano, 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"⁹⁸.

- **Porosidad.** Osciló entre 53.99 a 60.41%, íntimamente relacionada con la DA, puesto que esta es función del espacio poroso, observándose claramente que a mayor DA menor espacio poroso (Tabla 3).

Los valores encontrados quizá obedecen a una nula remoción del suelo, a una DA considerada como óptima, y a la presencia de estados inmaduros del orden Coleóptera que contribuyeron a la transformación física del suelo al abrir túneles, lo que permitió mejorar la infiltración y la aireación.

⁹⁷ MILA, P. A, Op. cit., p. 22.

⁹⁸ LEON, J y ZAMBRANO, D, Op. Cit., p 51.

Salamanca, ratifica lo anterior, quien afirma que: "lo deseable es tener macro y microporos, en un porcentaje aproximado del 50%, para que así el agua sea retenida en los microporos, y el aire ocupe el espacio de los macroporos. Lo anterior se presenta en aquellos suelos con alta granulación, que son los más adecuados para la agricultura"⁹⁹.

En este sentido Baver, afirma que: "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"¹⁰⁰.

- **Infiltración y penetrabilidad.** Se reportaron valores entre 9.13 a 14.64cm/h lo que permitió catalogar a los suelos de estudio como permeables, en la localidad de Santa Bárbara la velocidad de infiltración fue mayor, permitiendo catalogar a este suelo como el más seco de los tres, por cuanto admite recibir agua en mayores cantidades, para la penetrabilidad se encontraron valores de 1.67 a 1.83 kgf/cm² (Tabla 3), que quizá estuvieron influenciados por varios factores como las condiciones químicas y físicas del suelo; capa vegetal; naturaleza del perfil; contenido de humedad entre otras.
- **Capacidad de Campo (CC).** Los valores encontrados en las tres localidades fueron de 58.53, 23.5, 46.03% para Santa Bárbara, Los Marcos y San Luís respectivamente, catalogados como altos, la CC encontrada en las zonas de estudio, permitió que haya cantidad de oxígeno suficiente y agua retenida con poca fuerza por suelo, que facilitaron que el agua sea absorbida fácilmente por las plantas, además existió una buena capacidad de retención de agua y aireación del suelo, que incrementó las posibilidades de la planta para obtener los nutrientes necesarios para su crecimiento.

6.5 FAUNA DEL SUELO

Como se indica en la Tabla 4, el valor más alto de individuos se encontró en San Luís con 880 ind/m², seguido por Santa Bárbara con 784 ind/m² en comparación a la localidad de Los Marcos, que fue de 560 individuos/m², posiblemente la menor cantidad de individuos encontrada en esta localidad se debió al bajo contenido de MO y baja mineralización en esta zona (Tabla 3).

⁹⁹ SALAMANCA, Rafael. Op Cit., p.88.

¹⁰⁰ LEON, J y ZAMBRANO, D, Op. Cit., p 53.

Tabla 4. Densidad de organismos (Nº/m2)

<i>ORDEN: FAMILIA</i>	<i>SANTA BÁRBARA</i>			<i>LOS MARCOS</i>			<i>SAN LUIS</i>					
	<i>SB1</i>	<i>SB2</i>	<i>SB3</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>SL1</i>	<i>SL2</i>	<i>SL3</i>			
<i>COLEOPTERA</i>	144	64	64	272	96	48	32	176	96	80	80	256
<i>DIPTERA</i>	64	48		112	32			32	16	16		32
<i>GASTEROPODA</i>	16			16	16	16		32	32	16		48
<i>HEMIPTERA</i>	16	48	96	160	16	16	32	64			32	32
<i>LEPIDOPTERA</i>	16			16			16	16				
<i>HYMENOPTERA</i>	16			16					112		16	128
<i>COLLEMBOLA</i>	16			16						16		16
<i>OLIGOCHAETA</i>		16	48	64	48	32	16	96	64	48		112
<i>ORTHOPTERA</i>		32		32	16	16	16	48				
<i>ARACNIDA</i>		16	0	16	48	16	0	64	32	16	32	80
<i>CHILOPODA</i>		16	16	32							48	48
<i>ACARI</i>			32	32						16	16	32
<i>DIPLOPODO</i>					32			32	48		32	80
<i>DERMAPTERA</i>										16		16
<i>INDIVIDUOS/ZONA</i>				784				560				880

La cantidad de microorganismos estuvo directamente relacionada con el porcentaje de MO, (Tabla 5), debido a que a bajas temperaturas y precipitaciones elevadas, habrá menor número de microorganismos.

Lo anterior corrobora lo expuesto por Sadeghian, E. Murgueitio, J. M. Rivera¹⁰¹ quienes manifiestan que en la zona de alta montaña, donde predominan

¹⁰¹ SADEGHIAN, E. MURGUEITIO, J. M. RIVERA. Características de Suelos en Sistemas Agropecuarios y Forestales para el Ordenamiento Territorial en el Departamento del Quindío (Colombia) disponible en [online] <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/Siavosh.htm> citado el 27 febrero 2008

Tabla 5. Medidas de tendencia central y de dispersión

VARIABLES	SANTA BÁRBARA			LOS MARCOS			SAN LUIS		
	MEDIA	DESV	CV	MEDIA	DESV	CV	MEDIA	DESV	CV
Ph	5,80	0,10	1,72	7,27	0,06	0,79	6,47	0,84	12,97
Materia orgánica	17,30	3,20	18,50	2,87	1,24	43,34	12,20	3,73	30,55
Nitrógeno total	0,61	0,08	12,37	3,77	6,26	166,09	0,47	0,11	23,98
Carbono orgánico	10,05	1,85	18,41	1,66	0,73	43,69	7,08	2,15	30,32
ORGANISMOS	96,00	24,44	25,46	101,33	12,87	101,51	133,33	93,75	70,31
ALTITUD	3005,33	41,26	1,37	2962,67	1,53	0,05	2963,67	3,21	0,11

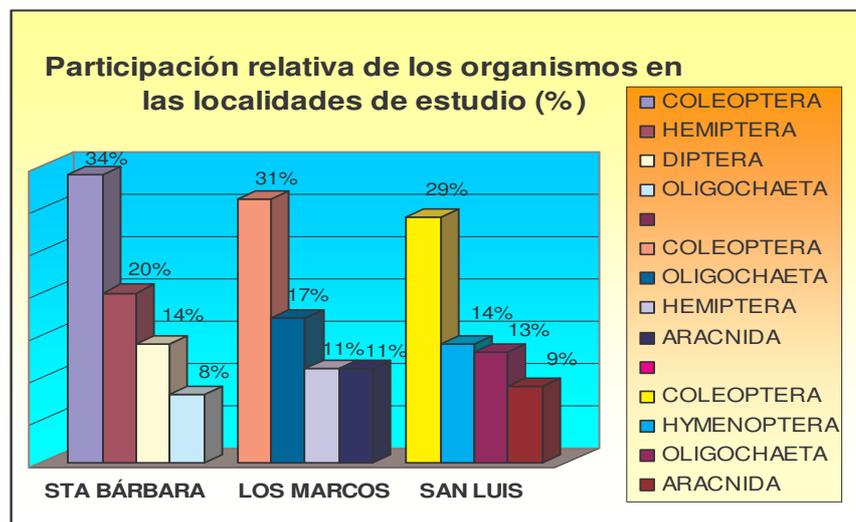
Temperaturas bajas se propicia una mayor acumulación de materia orgánica. La presencia de organismos, su diversidad y actividad reflejaron la influencia que ejercen las condiciones medioambientales sobre los lugares estudiados

Kuhnelt *et al.*, citado por Alvarez, A¹⁰². señala que existen factores que influyen para que estos individuos estén presentes en el suelo; a) la humedad, b) la profundidad, debido a que debajo de 10 cm disminuye enormemente el número de individuos y c) el contenido de materia orgánica, importante debido a que es el alimento de los organismos.

La participación relativa porcentual de organismos del suelo con base a la densidad (N°/m^2) en las zonas de estudio indican que los individuos más representativos en las tres localidades fueron del orden Coleóptera (escarabajos, larvas) con 34% para Santa Bárbara, 31% en Los Marcos y 29% en San Luis, como se muestra en la Figura 3.

¹⁰² ALVAREZ ADRIANA., Op cit., p.32.

Figura 3. Participación relativa de los organismos en las localidades de estudio (%).



En general el orden Coleóptera fue el de mayor participación (29 a 34%), posiblemente la presencia de estos organismos se debió a los niveles medios a altos de materia orgánica en las áreas de muestreo, a pH ácido, al grado textural (franco -arcilloso), características que le confirieron al suelo una buena capacidad de retención de humedad y disponibilidad de nutrientes que beneficiaron la presencia de este orden en el suelo.

Además la presencia de este orden posiblemente contribuyó a la modificación del suelo, mediante la apertura de canales y túneles, a la elevación de la fertilidad, mediante la incorporación y descomposición de materia orgánica (estiercol y restos vegetales) en los horizontes inferiores, de esta manera facilitó su mineralización; además los elementos excretados por los escarabajos seguramente contribuyó a aumentar los niveles de fósforo y potasio.

Como se aprecia en la Tabla 5, la altitud tuvo una relación inversa con el número de individuos, puesto que a una altura de 2963 (± 3.21) msnm se observaron 133 (± 93.75) ind/m², y a 3005 (± 41.26) msnm fue de 96 (± 24.44) ind/m².

La altura determinó de forma directa la densidad de individuos/m², debido a que este orden es susceptible a la temperatura por tal motivo disminuirá la descomposición de materia orgánica y humus.

Al respecto, Charry confirma lo anterior al manifestar que cuando las condiciones de humedad, temperatura, aireación, etc., son satisfactorias la población de microorganismos se incrementa, caso contrario ocurre cuando el suelo esta

ubicado a alturas superiores disminuyendo el número de microorganismos afectando la degradación y acumulación de humus¹⁰³.

También hay que resaltar que el pH tuvo una relación directa con el número de individuos del suelo (Tabla 5), ya que a un pH de 5,8 (± 0.1) se obtuvo 96 (± 24.44) Ind./m² y a un pH de 7,27 (± 0.06) existieron 101 (± 12.87) Ind./m², siendo este un pH propicio para la proliferación de coleópteros.

En este sentido, Salamanca afirma que: " la actividad de los microorganismos se reduce cuando el pH es bajo, este hecho influye en la disponibilidad de nitrógeno para las plantas. El nitrógeno proviene de la materia orgánica y ésta tiene que ser descompuesta por los microorganismos, con el fin de producir amonio y nitratos, que es la forma más utilizada por las plantas"¹⁰⁴.

6.6 TEXTURA vs FAUNA DEL SUELO

Para el análisis de correspondencia múltiple (ACM) se tuvo dos dimensiones, una que es el suelo Franco-arcilloso y la otra el tipo franco, dada esta circunstancia los resultados que se obtuvieron son tan solo un indicativo, por lo cual no se puede tomar estos datos como definitivos, por tal razón, la investigación se debe ampliar hacia los diferentes tipos de suelos.

El ACM se lo realizó con el fin de comparar la textura del suelo con la cantidad de individuos, se encontró para el tipo de suelo Franco-arcilloso un porcentaje del 34,7% de Coleóptera, Hemípteras y Olygochaetas con el 13% y los menos abundantes fueron Díptera, Gasterópoda, Lepidóptera, Collembola, Arácnida y Chilopoda con menos del 7%.

Para el suelo Franco se encontró un porcentaje del 25% del orden coleóptera, himenópteras con el 17,5%, y olygochaetas con el 13% y los porcentajes más bajos fueron las dípteras, gasterópodas, lepidópteras, collembolas, arácnidas y chilópodas con 7% como se indica en la Tabla 6.

Posiblemente la composición de las comunidades y su abundancia estuvo influenciada por la localización geográfica, el clima, propiedades físicas y químicas del suelo, tipo de vegetación, naturaleza y cantidad de materia orgánica.

¹⁰³ CHARRY, Jairo. Naturaleza y propiedades físicas de los suelos. Palmira: Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 1987. p. 222.

¹⁰⁴ SALAMANCA, Javier. Op Cit.,p 117.(1)

Tabla 6. Análisis de correspondencia Múltiple (ACM)

Perfiles de fila

ESPECIE

TEXTURA

	COLEO PTERA	DIPTERA	GASTERO PODA	HEMI PTERA	LEPIDO PTERA	HYMENO PTERA	COLLE MBOLA	OLYGO CHAETA	ORTHO PTERA	ARACNIDA	CHILO PODA	ACARI	DIPLO PODO	MARGEN ACTIVO
FRANCO														
ARCILLOSO	0,347	0,071	0,041	0,133	0,02	0,02	0,02	0,122	0,031	0,071	0,041	0,041	0,041	1
FRANCO	0,25	0,1	0,05	0,075	0	0,175	0	0,125	0,5	0,075	0,025	0	0,075	1
MASA	0,319	0,08	0,043	0,116	0,014	0,065	0,014	0,123	0,036	0,072	0,036	0,029	0,051	

Perfiles de columna

ESPECIE

TEXTURA

	COLEO PTERA	DIPTERA	GASTERO PODA	HEMI PTERA	LEPIDO PTERA	HYMENO PTERA	COLLE MBOLA	OLYGO CHAETA	ORTHO PTERA	ARACNIDA	CHILO PODA	ACARI	DIPLO PODO	MASA
FRANCO														
ARCILLOSO	.773	.636	.667	.813	1.000	.222	1.000	.706	.600	.700	.800	1.000	.571	.710
FRANCO	.227	.364	.333	.188	.000	.778	.000	.294	.400	.300	.200	.000	.429	.290
MASA	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

El ACM confirmó lo dicho anteriormente sobre los coleópteros (escarabajos-larvas), los cuales presentaron un mayor porcentaje en el suelo franco-arcilloso con 77.3% de todos los individuos de esta especie, contra 22.7% pertenecientes a textura franco, Este análisis permitió deducir que el grado textural franco – arcilloso proporcionó las mejores condiciones físico -químicas como materia orgánica, pH, aireación, retención de humedad entre otras, para el desarrollo de organismos que habitan en él, especialmente los individuos del orden coleóptera

6.7 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES Y DEL VECINO MÁS CERCANO

Este análisis agrupa las variables que están cerca o que son similares para tomar una de ellas (sintética), con características propias en comparación con las demás. De acuerdo con este análisis se obtuvieron un total de 8 componentes principales o (variables sintéticas), en las cuales se pudo establecer que los tres primeros factores o componentes explicaron el 69.2% de la variabilidad total, que se introdujo en la matriz., como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Variabilidad de la correlación (%)

The SAS System

The FACTOR procedure

Initial Factor Method: Principal Components

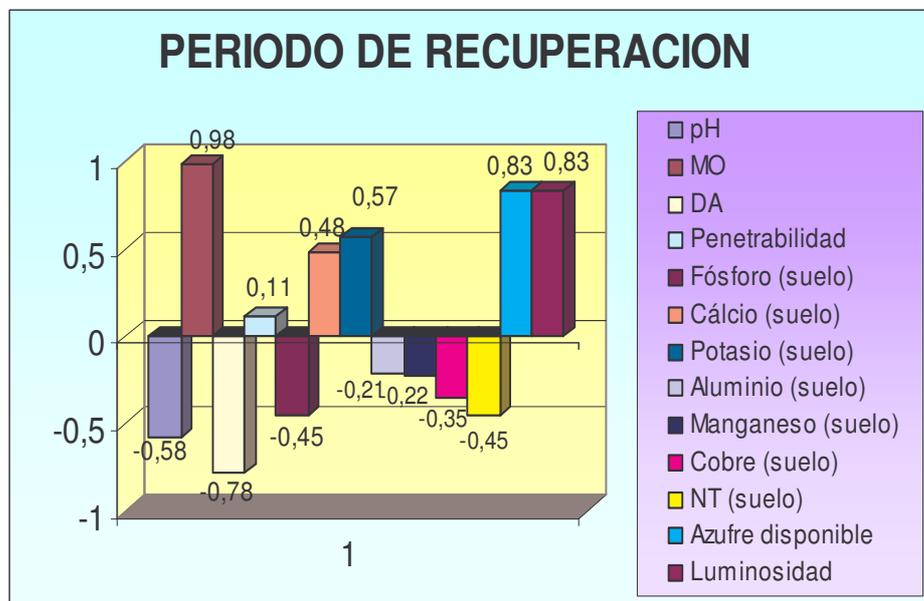
Eigenvalues of the correlation Matrix: total= 25 Average=1

	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
1	6.363	1.790	0.318	0.3182
2	4.572	1.661	0.228	0.546
3	2.911	0.623	0.145	0.692
4	2.287	0.657	0.114	0.806
5	1.629	0.421	0.081	0.888
6	1.208	0.453	0.0604	0.948
7	0.755	0.484	0.0378	0.986
8	0.271	0.271	0.0136	1.0000

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

6.7.1. Componente principal Nº 1. Periodo de recuperación. El primer componente representó al periodo de recuperación, explicó el 31.82 % del total de la variación. Con una influencia directa de la materia orgánica, azufre disponible, y luminosidad y de forma indirecta con la densidad aparente, como se muestra en la Figura 4

Figura 4. Variables cuantitativas del primer factor.



Los resultados obtenidos sobre el periodo de recuperación fueron de 47.33, 43.33 y 42.67 días en Santa Bárbara, Los Marcos y San Luís, valores que no tuvieron una variación significativa, posiblemente se debieron por la buena disponibilidad de nutrientes en el suelo que fueron bien aprovechados por la planta, reflejados en el grado de acumulación y calidad de la biomasa disponible para el animal en pastoreo.

Ratificando lo anterior Pirela M, manifiesta que "La edad o estado de madurez de la planta es tal vez el más importante y determinante en la producción del forraje"¹⁰⁵.

¹⁰⁵ PIRELA, M. Op Cit.,

El período de descanso ejerce un efecto en la composición botánica de la pradera, cuando es muy prolongado puede resultar en crecimiento excesivo de gramíneas erectas, y malezas, lo cual se traduce en un sombreado perjudicial y una competencia excesiva de la especie predominante que se derivan de su bajo consumo, por tal motivo es indispensable, que la pradera se recupere en el menor tiempo posible para disponer de forraje.

La MO presentó una alta relación (0.98299) Figura 4, con el periodo de recuperación, aun que no resultó significativa ($P > 0.05$) Anexo F.

Los niveles presentes en la zona, oscilaron entre 2.87% a 17.3% y mostraron un efecto notorio sobre el periodo de recuperación, para las zonas de estudio, observándose que fue menor en las localidades de San Luís y Los Marcos con 42.67 y 43.33 días, suelos se que se caracterizaron por poseer contenidos bajos de MO, permitiendo así suponer una mayor disponibilidad de nutrientes, debido a una mayor tasa de descomposición, aportando importantes cantidades de N disponible para la planta, la localidad de Santa Bárbara, presentó un valor de 17.3% de MO, con una menor tasa de descomposición por parte de los microorganismos del suelo, debido posiblemente a las bajas temperaturas registradas en esta localidad que fue de 10°C y a un pH menor.

Como se anotó anteriormente, esta situación estuvo relacionada directamente con la tasa de mineralización de la materia orgánica, debido a que en este proceso influyeron el clima, la mineralogía de las arcillas, el estado de los nutrientes del suelo, la actividad de la biota edáfica y la calidad de los recursos en descomposición.

A propósito Cabrera, L¹⁰⁶. afirma que: "entre los factores más importantes que controlan la mineralización del N, se incluyen la composición de los residuos, las condiciones ambientales, como la temperatura y el contenido hídrico del suelo, así como los eventos de secado y re-humedecimiento, y las características del suelo".

El efecto directo de la MO sobre el periodo de recuperación contribuyó al crecimiento vegetal mediante sus efectos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, ya que: sirvió como fuente de N y P para el desarrollo vegetal, afectó la actividad de organismos de macro fauna y micro fauna, promovió

¹⁰⁶ CABRERA Miguel. Mineralización y nitrificación: procesos claves en el ciclo del nitrógeno. Departamento de Ciencia de Suelos y Cultivos-Instituto de Ecología - Universidad de Georgia, Athens, Georgia, EE.UU. disponible en Internet: <URL:<http://www.planetasoja.com/trabajos/trabajos800.php?id1=27578&id2=27581&publi=&idSec=26>>

una buena estructura del suelo, aireación, retención de humedad e incrementó la capacidad amortiguadora de los suelos.

Al respecto Mancilla. I. y Valbuena, N. Sostienen que: “La materia orgánica tiene efectos tanto directos como indirectos en la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento de las plantas. Además de servir como fuente de N, P, S a través de la mineralización por medio de microorganismos del suelo, la MO influye en la provisión de nutrientes desde otras fuentes (por ejemplo, la MO es requerida como fuente de energía para bacterias fijadoras de N)”¹⁰⁷.

Para Burbano, los efectos de la MO humificada sobre las características químicas del suelo se manifiestan directa o indirectamente en la disponibilidad de elementos minerales para los pastos¹⁰⁸.

El azufre disponible presentó una influencia directa de (0.8335), sin diferencias significativas ($p > 0.05$), sobre el periodo de recuperación.

Los resultados obtenidos para azufre fueron de 11.24 ppm, 3.28ppm y 11.12ppm en las localidades de Santa Bárbara, Los Marcos y San Luis respectivamente; en general los niveles fueron bajos; pero la presencia de este mineral fue determinante para la formación de biomasa disponible, por lo tanto una disponibilidad de este elemento resulta beneficiosa no solo por el aumento en la biomasa disponible sino por el aumento en la capacidad de rebrote y recuperación de la planta después del pastoreo.

Para Estrada, J. El azufre es primordial en la nutrición vegetal puesto que es un componente de proteínas, actúa en los procesos enzimáticos y fotosintéticos de las plantas¹⁰⁹.

De acuerdo con el análisis se encontró una relación directa entre la luminosidad y el periodo de recuperación de (0.83542) y un ($P > 0.05$), sin diferencias significativas (Anexo F).

La luminosidad afectó de forma directa el periodo de recuperación, obteniéndose valores de luminosidad de 29Klux, 25Klux, y 22Klux para las localidades de Los Marcos, San Luis y Santa Bárbara respectivamente, las cuales tuvieron los siguientes periodos de recuperación 43.33, 42.67 y 47.33, demostrando así que a mayor intensidad de luz menor periodo de recuperación, debido a que la

¹⁰⁷ MANCILLA Luis Y VALBUENA Nora Josefina. Respuesta de la Eficiencia Productiva y Reproductiva de los Bovinos sometidos a Pastoreo de Despunte. Programa de Ingeniería de Producción Animal, UNELLEZ- Guanare. Venezuela.

¹⁰⁸ BURBANO, Hernán. Enmiendas orgánicas. En: Fertilización de cultivos en clima frío. 2 ed. Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos, 1988. p. 337.

¹⁰⁹ ESTRADA, Julián. Op cit., p. 104.

luminosidad tiene bastante importancia en el proceso de la fotosíntesis por tratarse de un planta de ciclo C4, que presentó una mayor eficiencia fotosintética, al tolerar niveles elevados de luminosidad y de tal manera se desarrolló una serie de procesos que conllevaron a la síntesis de nutrientes, a la transformación de la energía química por parte de la planta, de esta manera se obtuvo una mayor producción de biomasa, en un tiempo menor.

Pirela sostiene que: “La Radiación Solar se encuentra muy relacionada con procesos fisiológicos fundamentales, vinculados con el crecimiento y los cambios morfológicos que experimentan los pastos y forrajes a través de su desarrollo. Influye en los procesos metabólicos de la planta que determinan su composición química, por cambios en la intensidad y en la calidad de la luz”¹¹⁰.

Padilla afirma que: “la luz es un factor imprescindible para llevar adelante una serie de procesos fisiológicos en las plantas, pero sin duda, el más importante de todos es la “fotosíntesis”. La luz actúa sobre la nutrición de carbono, la temperatura de las hojas y en el balance hídrico, y en el crecimiento de órganos y tejidos, especialmente en el alargamiento de tallos, expansión de hojas y en la curvatura de tallos”¹¹¹.

El periodo de recuperación estuvo condicionado por la luminosidad, ya que, según Muslera E. y Ratera C: “El número de días en la aparición de las hojas disminuye cuando aumenta la intensidad de la luz,”¹¹² es decir, a mayor intensidad de luz menor periodo de recuperación.

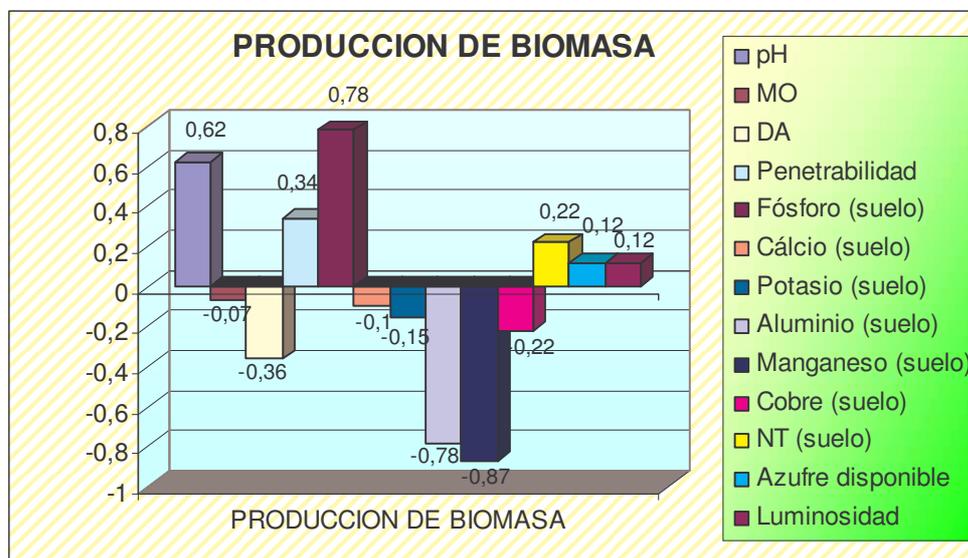
6.7.2 Componente Principal N° 2. Producción de Biomasa. El segundo componente explicó el 22.8% del total de la variación se identificó por la producción de biomasa seca, el cual estuvo directamente relacionado con el pH y el fósforo del suelo y de forma inversa con el aluminio y manganeso presentes en el suelo, como se muestra en Figura 5.

¹¹⁰ PIRELA, M. Op cit., fecha de consulta 16 de febrero de 2009

¹¹¹ PADILLA, Washington. Fertilidad de Suelos, CD - 1ra Edición. Quito – Ecuador, 2002. p. 2-3

¹¹² MUSLERA, E. y RATERA, C. Praderas y forrajes, producción y aprovechamiento. Madrid, 1991. p. 42

Figura 5. Variables cuantitativas del segundo factor



Para que exista mayor producción de biomasa se requiere tener un contenido alto de fósforo, y contenidos bajos de aluminio y manganeso que inciden en una mayor cantidad de biomasa.

El pH tuvo una relación directa de 0.6211 con la producción de biomasa de acuerdo con la Figura 5, sin embargo no presentó diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) Anexo F.

El pH mostró niveles cercanos a la neutralidad en las localidades estudiadas, las cuales presentaron valores de biomasa 9.14t/MS/h/corte, 9.05t/MS/h/corte, 8.66t/MS/h/corte, observándose así que el comportamiento productivo de esta gramínea se da en un pH moderadamente ácido cercano a la neutralidad debido a que aumenta la disponibilidad de elementos como: el fósforo, calcio, potasio, magnesio y boro principalmente determinantes en el desarrollo de raíces, tejidos y hojas, que se traduce en un adecuado desarrollo vegetativo y calidad nutritiva del pasto.

Estrada, J¹¹³. Sobre lo anterior menciona que: el pH afecta el crecimiento de las plantas a través de su efecto en la disponibilidad de los elementos esenciales y actividad de los microorganismos.

Mila, P. sostiene que: "el pH afecta la solubilidad de los nutrientes, esto ha hecho que en el diagnóstico de la fertilidad de un suelo el pH sea una determinación

¹¹³ ESTRADA, J. Op cit., p. 48.

importante. En términos generales se considera que el pH de 5 a 7 es el óptimo para la mayoría de los cultivos”¹¹⁴.

Corey citado por Silva F manifiesta que: “el pH del suelo es un factor importante sobre la solubilidad de elementos. A medida que aumenta el pH aumenta la solubilidad del fósforo unido al hierro y aluminio”¹¹⁵.

El fósforo presentó una relación directa (0.78) Figura 5, sin embargo se encontraron diferencias significativas de este sobre la producción biomasa ($p < 0.05$).

Se encontraron niveles altos de 76,73 a 146ppm, esto posiblemente por el efecto residual de fertilizantes fosforados que fueron utilizados en un determinado momento en esta zona en cultivos transitorios, el efecto del fósforo en la cantidad de biomasa fue directo, y se observó el incremento de biomasa a medida que los niveles se elevaban, para la localidad de San Luis se obtuvo una producción de 8.68t/MS/h/corte y niveles de 76.73ppm, y 9.05t/MS/h/corte con niveles de 146ppm en la localidad de Los Marcos.

La importancia de este mineral radica en que está involucrado en varias funciones claves dentro de la planta, que incluyen transferencia de energía, fotosíntesis, transformación de azúcares y almidones, transporte de nutrientes a través de la planta que promueven el desarrollo del sistema radicular.

En este sentido García¹¹⁶, corrobora lo anterior al afirmar que, la mayoría de los valores medios y altos, muy probablemente corresponden a suelos cultivados con papa, donde las altas aplicaciones de fertilizantes fosforados tienen un efecto residual.

El inopofost afirma que: El P desempeña un papel importante en la fotosíntesis, la respiración, el almacenamiento y transferencia de energía, formación y crecimiento de las raíces.¹¹⁷

Para Mila, A. el P hace parte de todas las enzimas involucradas en el transporte de energía, es un componente importante en azúcares fosforados, en ácidos nucleicos y en fosfolípidos¹¹⁸.

El Aluminio presentó una relación indirecta (-0.78337) Figura 5, sin embargo no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$), posiblemente este mineral inhibió el

¹¹⁴ MILA, ALBERTO. Op cit., p. 32

¹¹⁵ SILVA, FRANCISCO. Op., cit., p. ---. 1984.

¹¹⁶ GARCIA, B. Op. cit., p. 13.

¹¹⁷ INPOFOST. Ibíd., p. 4-2.

¹¹⁸ MILA, ALBERTO. Op cit., p. 22

desarrollo de las raíces de las plantas e influyó directamente en el rendimiento de los cultivos, puesto que altas concentraciones de aluminio se traducen pH bajos afectando el desarrollo del pasto.

Ratificando lo anterior Zapata, R¹¹⁹. Menciona que altos niveles de saturación de Al reduce el crecimiento de las raíces inhibiendo su elongación y penetración en suelo y consecuentemente, reduciendo la absorción de nutrientes y agua así como la incapacidad de las raíces de llegar a estos en el subsuelo.

Estrada, J. manifiesta que: el Al es el principal componente de la acidez intercambiable que afecta el desarrollo de las plantas. Habiendo identificado el Al como uno de los factores fundamentales responsable del pobre crecimiento de las plantas en suelos ácidos¹²⁰.

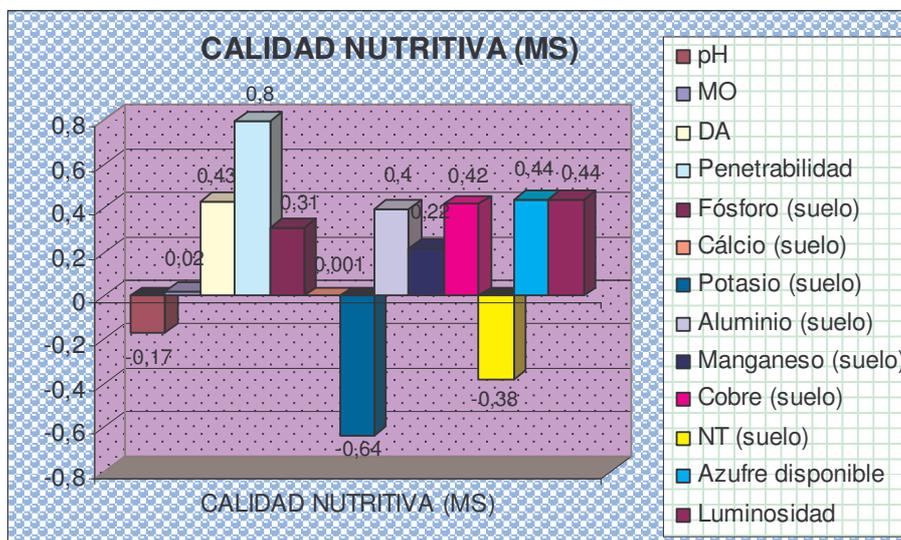
Respecto al manganeso extraíble del suelo estuvo altamente deficiente, en la mayoría de las muestras de suelo por debajo del nivel crítico de 5 ppm. Sin embargo, las concentraciones de manganeso en el forraje, en general, no fueron tan deficientes.

6.7.3. Componente Principal Nº 3. Calidad Nutritiva. El tercer componente, representado en la calidad nutritiva tuvo un variación de 14.5%. Afectada en forma directa por con la penetrabilidad e inversamente por el contenido de potasio (Figura 6). Lo que significa que para obtener un mayor calidad del pasto Kikuyo se necesita tener una alta penetrabilidad y un contenido bajo de potasio en el suelo.

¹¹⁹ ZAPATA, R. Química de la acidez del suelo. Medellín: Colombia, Cargraphics, impresión digital. 127-129

¹²⁰ ESTRADA, JULIAN., Op cit., p. 84.

Figura 6. Variables cuantitativas del tercer factor



Uno de los componentes que intervino directamente en la calidad nutritiva, fue la penetrabilidad, propiedad que presentó una relación de (0.8) Figura 6, sin diferencias significativas ($P>0.05$) Anexo F, encontrándose valores óptimos de esta propiedad física en la mayoría de los suelos analizados, que oscilaron entre 1.67 a 1.83 Mpa, además tuvo una estrecha relación con diferentes características y propiedades del suelo, tales como densidad aparente, contenido de humedad, estructura, y composición mineral y orgánica. Estas condiciones crearon un ambiente favorable para la actividad biológica del suelo y la planta e influyeron sobre la dinámica de los elementos nutritivos y posibilitaron su normal asimilación.

Montenegro sostiene que: “Una resistencia a la penetración de 1.5 a 2.5 Mpa, indica que el suelo presenta una resistencia leve a la penetración, favore el crecimiento del sistema radicular y por consiguiente un adecuado desarrollo fisiológico de la planta¹²¹”.

Bernal¹²² afirma que: “a medida que el suelo se compacta, sus propiedades físicas se van deteriorando, lo que tiene como consecuencia severos casos de encharcamiento, escorrentía, perdidas de agua y de nutrientes e impidiendo que las raíces de las plantas tengan un desarrollo normal por deficiencia de agua y oxígeno con el resultado final de un baja producción”.

¹²¹ MONTENEGRO, Op.cit., p.29.

¹²² BERNAL, J. 4ª edición. Op cit., 65

Posiblemente los niveles encontrados de penetrabilidad permitieron un incremento en los flujos de agua y aire a través del suelo, emergencia de plántulas y emisión de raíces secundarias que mostraron tendencia a profundizar las capas del suelo, que se tradujo en una mayor captación de nutrientes por parte de planta.

Zimmerman y Kardos citados por Guevara y Rojas¹²³, sostiene que la compactación del suelo afecta no solamente la penetración de las raíces, sino también a la emisión de las raíces secundarias. Esta dificultad ofrecida por la penetración al desarrollo de las raíces se traduce en una disminución de la asimilación de los elementos nutritivos.

Es importante resaltar que con una resistencia a la penetración de 1.67 Mpa se obtuvieron buenas producciones de biomasa 9.14 t/MS/ha/corte, probablemente se debió a que el suelo no presentó compactación por que en estas zonas no se utilizó labranza intensiva y esto facilitó la fijación de nutrientes por parte de la planta.

Al respecto Taylor y Burnett, aseguran que: "La resistencia a la penetración y no otra causa determinan el grado de crecimiento radicular."¹²⁴.

Para Zuccardi, y Funda citados por Guevara y Rojas¹²⁵ afirman que la estructura del suelo influye directamente en la relación suelo- agua- aire, cuando esta relación es adecuada existe en el suelo buenas condiciones de aireación y humedad, con espacios porosos que regulan los intercambios gaseosos y el equilibrio hídrico del suelo.

Entre los minerales que afectaron inversamente la calidad nutritiva específicamente en la proteína, fue el potasio (-0.64174) sin diferencias significativas ($p > 0.05$), encontrándose valores de 2.98, 0.89 y 2.71 meq/100g, para las localidades de Santa Bárbara, Los Marcos y San Luis respectivamente; donde se aprecia que a menor contenido de potasio, la proteína verdadera se incrementa, posiblemente porque el potasio contribuye al metabolismo de las proteínas, caso contrario ocurre cuando los niveles se incrementan, debido a que se acumula en las partes vegetativas de la planta lo que causa una reducción en la conversión de nitrógeno a proteína.

¹²³ GUEVARA, L.y ROJAS, H. Ibíd.

¹²⁴ TAYLOR y BURNETT. Aireación del suelo En: Física de los suelos. México: central regional de ayuda técnica, 1972.p.109.

¹²⁵ GUEVARA, L.y ROJAS, H. Op Cit., p.

Al respecto Moneo sostiene que: “entre las funciones del potasio en la planta se encuentra la transformación del nitrógeno a proteína en los procesos metabólicos”¹²⁶.

Sanders menciona que: “el potasio se encuentra muy relacionado con el nitrógeno, de manera que ambos resultan necesarios para que se formen las proteínas”¹²⁷.

La colección total de datos se agrupó por lugares que presentan características bromatológicas y edáficas similares, dando como resultado 3 agrupamientos o clúster de los cuales el primero presenta las mejores características en cuanto a producción de biomasa, calidad nutritiva y propiedades físicas y químicas requeridas por el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* H) como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Peso de las variables de las tres clúster.

	Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3
P. Recuperación (Días)	43.33	45.8	41
Biomasa K/FV/m ²	4.933	4.66	3.9
MS g/MS/m ²	905.22	896.22	861.12
EE%	121.66	102.73	128.38
FC%	1750.42	1244.22	1230.45
ENN%	1287.15	1953.46	1615.77
Lignina%	271.40	249.73	160.68
pH	7.26	6.06	5
MO%	2,86	16,1	7,9
DA (g/cm ³)	1.05	0.862	1.2
Penetrabilidad (MPa)	1.83	1.76	1.5
Fósforo (ppm)	146	83.16	45
Calcio (meq/100g)	7.3666	16.74	8.8
Potasio (meq/100g)	0.89	3.342	0.38
Aluminio (meq/100g)	0	0	0.1
Manganeso (ppm)	1.973	1.90	5.20
Cobre (ppm)	1.72	1.016	1.92
NT	3,77	0,57	0,34
Azufre disponible	3.233	12.11	6.53
Luminosidad (LUX)	1.626	6.10	3.29

¹²⁶ 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._

¹²⁷ 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.

Al clúster numero uno pertenecen los lugares de Los Marcos muestra 1, 2 y 3, respectivamente; caracterizándose por un periodo de recuperación corto y una producción de biomasa de 905,22 g/MS/m², situación que estuvo relacionada con una alta mineralización de la materia orgánica en la zona, pH neutro; en cuanto a minerales predominaron los contenidos medios de azufre, manganeso, aluminio y altos de potasio y fósforo, mientras que para las propiedades físicas del suelo se reportaron valores óptimos de penetrabilidad, y adecuados niveles de luminosidad.

Los resultados encontrados en esta investigación revelaron que el período de recuperación, la producción de biomasa y calidad nutritiva del pasto kikuyo, fueron afectados directamente por propiedades químicas como: materia orgánica, azufre disponible, pH y fósforo, climáticas como la luminosidad y físicas como la penetrabilidad e indirectamente por propiedades químicas como: aluminio, manganeso y potasio.

Al respecto Quiroz F¹²⁸, argumenta que la disponibilidad de nutrientes depende del tipo de suelo (Fertilidad), que permite una mayor tasa de extracción de nutrimentos, existe así una relación directamente proporcional al rendimiento de forraje y calidad nutritiva, es decir, a mayor cantidad de forraje producido, existe una mayor tasa de extracción de nutrimentos.

Para concluir y facilitar el entendimiento y aplicación de los resultados de esta investigación, con la finalidad de obtener una mayor producción y calidad nutritiva del pasto kikuyo se requiere garantizar unas condiciones químicas favorables, como: pH neutro, contenidos medios de materia orgánica, contenidos altos de potasio y de fósforo, y propiedades físicas adecuadas así: penetrabilidad de 1.83 MPa, porosidad de 56.99%, y densidad aparente de 1.05g/cm³, y por último óptimas condiciones climáticas en especial la luminosidad con valores alrededor de 29 Klux.

¹²⁸ QUIROZ F, INIFAP-SAGAR. Online <http://www.snitt.org.mx/pdfs/tecnologias/Forrajes/ARCHIVO48.pdf>, fecha de consulta 16 de abril 2009

6.7.4. GUIA PRELIMINAR DE MANEJO DEL PASTO KIKUYO (*Pennisetum clandestinum* H) DESARROLLADO EN EL MUNICIPIO DE IPIALES Y ALDANA (NARIÑO), EN UNA ALTURA COMPRENDIDA ENTRE 2800 Y 3049 msnm.

Los resultados obtenidos en este estudio permiten afirmar que para obtener una mayor productividad y calidad del pasto kikuyo a un rango de altura de 2800-3049msnm, se necesitan las siguientes condiciones:

- Suelo suelto, es decir que no tenga mucha presencia de limos o arcillas, que le dificulten a la planta su alimentación, preferiblemente se recomienda la textura franca.
- Contenidos de materia orgánica de 3-16%
- Valores de pH alrededor de 5 a 7

De acuerdo con los parámetros anteriores es necesario:

- Cuando el suelo es arcilloso, es conveniente aportar materia orgánica, indispensable para el crecimiento y desarrollo del pasto, por lo tanto se hace necesario buscar alternativas que permitan incrementar estos niveles en zonas donde sean bajos.
- Una leve resistencia a la penetrabilidad, representa un suelo suelto, el cual no opone resistencia al crecimiento de la raíz del pasto, ésta condición facilita la propagación vegetativa. Por tal motivo es necesario mantener los niveles de materia orgánica y realizar prácticas de agricultura de conservación (rotación de cultivos, labranza mínima y utilización de abonos verdes), que mejora la infiltración, la aireación y finalmente mejora la calidad del kikuyo
- Para un suelo con escasa porosidad, es importante aumentar la actividad biológica, mediante el incremento de materia orgánica, para que de esta manera el orden Coleoptera contribuya a la transformación física del suelo al abrir túneles que ayudan a mejorar la infiltración y la aireación.

Las propiedades físicas y químicas pueden variar, caso contrario ocurre con las condiciones climáticas que están establecidas por el rango de altura e influyen de forma indirecta en la producción y calidad del pasto kikuyo, las cuales son imposibles de modificar. De acuerdo con esta investigación, el pasto kikuyo próspera bien a una temperatura de 10°C, humedad relativa del 67-82%, precipitación anual de 831- 925mm y una luminosidad de 22-29 klu

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES.

- El pasto kikuyo expresa un potencial adecuado, en un rango de 2800 a 3049 msnm, en condiciones ambientales como: temperatura de 10°C, una precipitación anual de 831- 925mm, una humedad relativa de 67-82%, y una luminosidad de 22-29 klux.
- El periodo de recuperación en este piso térmico, para el pasto kikuyo fue de 41-45.8 días, tiempo en el cual se debe realizar su corte o pastoreo debido, a que en este estado presenta su mejor calidad nutritiva.
- La penetrabilidad 1.86 Mpa, es una condición que le proporciona al suelo una buena retención de humedad y aireación y una leve compactación le permite a la planta obtener con mayor facilidad los nutrientes.
- Niveles de materia orgánica de 3-16% y un pH 5-7, posibilitan la disponibilidad de nutrientes como fósforo 146 pmm, calcio con 7.36 meq/100g, potasio 0.89ppm, manganeso 1.973meq/100g y cobre 1.72ppm.
- La presencia del orden Coleóptera (escarabajos) estuvo íntimamente relacionada con los contenidos medios de MO, el pH del suelo y el grado textural en este caso el franco arcilloso, condiciones en las cuales esta población de organismos puede prosperar.
- Las propiedades físicas del suelo, donde el pasto kikuyo expresa un buen comportamiento productivo se obtiene en suelos con una leve resistencia a la penetrabilidad, permeables, drenados y con buena aireación, los que facilitan el crecimiento radical, almacenamiento y distribución de agua y nutrientes, indispensables para el desarrollo y producción de la planta.

7.2 RECOMENDACIONES.

- Reconocer y utilizar el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum H*) como una especie apropiada para la ganadería del trópico alto, sus características de adaptabilidad al medio ambiente y suelo, su productividad y calidad nutritiva, la postulan como una especie naturalizada apta para ser manejada en la región.
- El corte o pastoreo debe realizar en un periodo comprendido entre, 41-48.5 días, momento en el cual el pasto presenta un adecuado valor nutritivo.
- Para el manejo y producción del pasto kikuyo en la cuenca lechera del departamento de Nariño, se recomienda que el agricultor acondicione los

suelos a pH cercanos a la neutralidad, realice la incorporación de materia orgánica al suelo, con esto mejorará la actividad biológica y disponibilidad de nutrientes para el pasto.

- Realizar prácticas de labranza mínima, con el propósito de favorecer su aireación, el desarrollo y penetración de las raíces

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, W y MONCAYO, O. Valor nutritivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) bajo dos sistemas de labranza y diferentes niveles de fertilización orgánica y/o mineral en zonas de ladera. Tesis de grado (Zootecnista). Facultad de Ciencias Pecuarias. San Juan de Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 2002. 29 p.

ALVAREZ, ADRIANA. Estudio del Ensamblaje de Coleópteros en Áreas con Diferente Condición de Abandono en la Cantera Soratama. Localidad de Usaquén, Trabajo de Grado para Optar el Título de Bióloga. Universidad Pontificia Javeriana, Facultad de Ciencias, Carrera de Biología. Bogotá, D. C. 2005.31p.

APRAEZ, Edmundo. Análisis químico de los alimentos. Pasto, Colombia: Editorial Universitaria. Universidad de Nariño, 1994. 167 p.

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

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

BEAR, F. los suelos en relación con el crecimiento de los cultivos. Barcelona: Orrega. 1969. 63 p.

BERNAL, J. Pastos y Forrajes Tropicales. Producción y Manejo.-Banco ganadero, 3ª edición .Colombia 1994.470 p.

----- . Pastos y forrajes tropicales: Producción y manejo. 4ª ed. Bogotá: Ángel Agro-ideagro, 2003

BOLETÍN DIVULGATIVO. Número 27 ICA PRONATTA: Cómo Tomar Una Buena Muestra De Suelo.

BOTINA Johanna C. y NOGUERA Sandra. Efecto de la Zeolita sobre la productividad del pasto kikuyo (*pennisetum clandestinum hoechst*) Bajo diferentes niveles de fertilización mineral. Trabajo de grado (zootecnistas) universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. 20007. 34 p.

BOVER, L.D., GARDNER, R. y GARDNER, W.R. Física de suelos. México, Hispanoamericano, 1993. 529 p.

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

------. La materia orgánica del suelo en el contexto de una agricultura sostenible. En: SILVA, Francisco. Fertilidad de suelos. Diagnóstico y control. Bogotá: SCCS, 1994. 525 p.

CABRERA Miguel. Mineralización y nitrificación: procesos claves en el ciclo del nitrógeno. Departamento de Ciencia de Suelos y Cultivos-Instituto de Ecología - Universidad de Georgia, Athens, Georgia, EE.UU. disponible en Internet: <URL:<http://www.planetasoja.com/trabajos/trabajos800.php?id1=27578&id2=27581&publi=&idSec=26>>

CAVAZOS, T y RODRIGUEZ, O. Manual de prácticas de física de suelos, Trillas. México.1992. 19 p.

CORREA J, CARULLA J y PABON M Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I. Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. Disponible en: <http://www.veterinaria.unal.edu.co/inv/nutricion/kikuyo%201.pdf>, fecha de consulta 28 abril 2009

CHARRY, Jairo. Naturaleza y propiedades físicas de los suelos. Palmira: Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 1987. p. 222.

CHEEKE, Peter. Alimentación y nutrición del conejo. 1ª edición. Zaragoza, España: Acribia, 1995. 127 p.

ESTRADA ALVAREZ, Julián. Pastos y forrajes para el trópico colombiano, Manizales: Universidad de Caldas. 2002. p. 202

FASSBENDER H y BORNEMISZA E, Química de los suelos con énfasis en suelos de América latina, 2ª ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José de Costa Rica 1987. 45-50-77 p.

GARAVITO, Fabio y otros. Propiedades químicas de los suelos. Bogotá Colombia, INAC, 1974.413 p.

GARCIA, B. Características químicas y la fertilidad de los suelos con énfasis en el departamento de Nariño. CORPOICA. Pasto, Obonuco, 2000. 4, 11, 13, 15,16 p.

GAVANDE, S. Física de Suelos: Principios y Aplicaciones. México: Limusa, 1982. 259-260 p.

GRANADOS, ALEXANDRA. Efecto de la Aplicación de Biosólidos en Diferentes Proporciones como Enmienda Orgánica sobre el Redoblamiento de la Macro fauna Edáfica en la Cantera Soratama, Trabajo de Grado para Optar el Título de Bióloga. Universidad Pontificia Javeriana, Facultad de Ciencias, Carrera de Biología. Bogotá, D. C. 2005. 32 p.

GUERRERO, R.R. Y A. MANTILLA. Propiedades físicas de algunos de los municipios de Palmira, en la parte plana. Tesis Ingeniería Agr. Palmira, Unal de Colombia. Facultad Ciencias Agropecuarias. 1964. 97 p.

GUEVARA. L Y ROJAS. H. Determinación de la penetrabilidad en algunos suelos del altiplano de pasto Nariño Colombia., Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto Colombia 1976

HARDY, F. Edafología tropical. 1 edición, 1999. 55 p.

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

LEÓN, J y ZAMBRANO, D. Determinación de factores edafoclimáticos que intervienen en la producción y calidad nutritiva del pasto kikuyu (*Pennisetum Clandestinum Hoehst*) en condiciones de no intervención en el municipio de Pasto, Departamento de Nariño. Tesis de grado (Zootecnista) Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Pasto, 2008.25 p.

MANCILLA Luis Y VALBUENA Nora Josefina. Respuesta de la Eficiencia Productiva y Reproductiva de los Bovinos sometidos a Pastoreo de Despunte. Programa de Ingeniería de Producción Animal, UNELLEZ- Guanare. Venezuela.

MERA. R. y RUALES, H. Evaluación de la adaptación del trébol pata de pájaro (*lotus corniculatus*) asociado con kikuyo (*Pennisetum Clandestinum*) bajo dos sistemas de reproducción y diferentes densidades de siembra en el municipio se Pasto- Nariño. 2007. 37 p.

MILA P. Alberto, Suelos pastos y forrajes, UNAD, bogota D.C. edición UNISUR, 2006

MONCAYO, Bernardo. Composición química en dos estados de desarrollo de ocho especies vegetales naturales dominante en una vereda del altiplano de

pasto. Trabajo de grado (ingeniero agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias agrícolas. Pasto, 1987.18 p.

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.

MONSALVE. *et al*, Factores ecológicos en la producción de forrajes, Pastos y forrajes, ministerio de agricultura, ICA regional 4, Antioquia – Choco, 1979. 24 p.

MUSLERA, E. y RATERA, C. Praderas y forrajes, producción y aprovechamiento. Madrid, 1991. 42 p.

NACCI, Silvana. y PLA SENTIS, Ildelfonso. Estudio de la Resistencia a la Penetración de los suelos con equipos de penetrometría desarrollados en el País, Venezuela. *Septiembre* 20, 1991,
http://www.redpav.avepagro.org.ve/agrotrop/v42_1-2/v421a080.html

PADILLA, Washington. Fertilidad de Suelos, CD - 1ra Edición. Quito – Ecuador, 2002. 2-3 p.

PIRELA, M. Valor nutritivo de los pastos tropicales, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-ganaderia/seccion3/articulo6-s3.pdf, Consulta Junio 19 de 2007.

PIÑEROS. Jesús. Informe sobre el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum H.*). -
_En: Revista Boletín Agrícola. Vol. 6, N° 23 (Marzo, 1993); 5-7 p.

QUIROZ F, INIFAP-SAGAR. Online
<http://www.snitt.org.mx/pdfs/tecnologias/Forrajes/ARCHIVO48.pdf>, fecha de consulta 16 de abril 2009

RITAS, J. y MELIDA, J. El diagnóstico del suelo y plantas, métodos de campo y laboratorios. 3ra Edición. Editorial Ediciones Mundiprensa. Madrid 1978. 174 p.

RIVERA BARRERO, Julio Cesar. Producción de Bovinos, Carne y Doble Propósito. San Juan de Pasto, Colombia: s.n. 1999. p. 40.

RODAS, A. Memorias Tierra, Pastos y Ganado. 12-13 Abril 2007. Universidad de Nariño.

RUIZ. M. Álvaro. Repuesta del pasto kikuyo (*Pennisetum Clandestnum hoechst*) a la aplicación de diferentes restauradores de suelo. Pasto 2007. Trabajo de grado (zootecnista) universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias.49 p.

SADEGHIAN, E. MURGUEITIO, J. M. RIVERA. Características de Suelos en Sistemas Agropecuarios y Forestales para el Ordenamiento Territorial en el Departamento del Quindío (Colombia) disponible en [online] <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/Siavosh.htm> citado el 27 febrero 2008

SALAMANCA. Javier, Tecnología Agrícola1. UNISUR. Bogotá: 1989.p 74.

SALAMANCA, Rafael. Suelos y fertilizantes. Bogota: USTA, 1990.p. 78.

SÁNCHEZ VERA Gabriel, et al, Densidad Aparente en un Vertisol con Diferentes Agro sistemas INCI vol.28 no.6 Caracas junio 2003, http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000600007&lng=en&nrm=iso INTERCIENCIA, PRINT ISSN 0378-1844

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.

SIESAREV, V.N. y BETKIN, F. Device of recording vertical soil deformation. Soviet sor science (Unión Soviética). 1976

SILVA, Francisco. Fertilidad de Suelo. Diagnostico y Control. Publicación de la sociedad colombiana de la ciencia del suelo. Bogotá. D.C., Colombia. 2ª edición. 1984. P. 114

SORIANO, M y PONS MARTI, V. Practicas de edafología y climatología, pag 38, Alfa omega, Universidad Politécnica de Valencia. México. 2004.

TAYLOR y BURNETT. Aireación del suelo En: Física de los suelos. México: central regional de ayuda técnica, 1972.109 p.

ZAPATA. R. Química de la acidez del suelo. Medellín: Colombia, Cargraphics, impresión digital. 127-129 p.

<http://www.ipialesmerecelomejor.gov.co/territorio.htm>

<http://www.unex.es/edafo/ECAP/ECAL4Pract8Ini.htm>,

ANEXOS

Anexo A. Análisis bromatológico del pasto kikuyo en la zona estudio

	ALDANA			LOS MARCOS			SAN LUIS		
	SB1	SB2	SB3	M1	M2	M3	SL1	SL2	SL3
MAT, SECA (g/m2)	962,50	759,60	1020,18	968,00	847,68	900,00	1009,40	729,45	861,12
CENIZA BS (g/m2)	563,00	427,60	509,60	684,50	628,80	690,00	634,55	594,90	439,53
EE BS (g/m2)	92,00	81,60	90,16	123,50	108,48	133,00	128,38	121,52	128,38
FC BS (g/m2)	1370,50	1157,60	1356,81	2180,00	1757,76	1313,50	1248,52	1087,65	1230,45
PROT (g/m2)	783,00	620,80	652,19	1104,50	1032,00	1187,00	881,02	1086,30	548,73
ENN BS (g/m2)	2191,50	1712,80	2291,73	912,50	1272,96	1676,00	2007,53	1563,75	1615,77
FDN BS (g/m2)	3397,00	2725,60	3403,54	2888,50	2747,52	2836,50	3127,67	2567,25	2611,05
FDA BS (g/m2)	1564,00	1383,20	1559,18	1338,50	1354,08	1409,00	1512,63	1287,00	1272,96
LIGNINA (g/m2)	241,00	366,00	266,56	225,00	259,20	330,00	190,61	184,50	160,68
CELULOSA (g/m2)	1322,50	1016,80	1292,62	1113,50	1094,88	1079,00	1322,51	1102,50	1112,28
HEMICEL (g/m2)	1833,00	1342,40	1844,85	1549,50	1393,92	1427,50	1615,04	1279,80	1337,70
CALCIO (g/m2)	18,50	12,80	18,62	23,00	19,20	23,50	25,48	15,75	9,75
FOSFORO (g/m2)	18,00	14,40	17,64	16,50	17,28	16,00	18,62	18,45	10,14
MAGNESIO (g/m2)	13,50	9,20	11,76	17,00	15,36	18,00	15,19	13,05	8,97
AZUFRE (g/m2)	9,00	6,40	7,35	10,00	11,04	9,00	8,33	12,15	6,63
NITROGENO TOTAL (g/m2)	578,50	450,40	485,59	826,00	747,36	842,50	618,38	751,05	379,47
PROTEINA VERD, (g/m2)	125,50	99,20	104,37	176,50	165,12	190,00	141,12	163,35	87,75
NDT (Kg/m2)	3,28	2,64	3,24	3,32	3,14	3,31	3,21	3,06	2,51

Anexo B. Condiciones climáticas de la zona de estudio

FACTORES CLIMÁTICOS

<i>LUGARES</i>		<i>ALTITUD (msnm)</i>	<i>LUMINOSIDAD X (klux)</i>	<i>TEMPERATURA (°C)</i>	<i>H, RELATIVA</i>	<i>PRECIPITACION</i>
<i>ALDANA</i>	<i>SB1</i>	3049	16,70	10,1	85	925,4
	<i>SB2</i>	3000	18,60	9,9	82	925,4
	<i>SB3</i>	2967	26,10	10,5	83	925,4
<i>LOS MARCOS</i>	<i>M1</i>	2964	15,95	10,8	81	917,7
	<i>M2</i>	2963	22,15	10,9	84	917,7
	<i>M3</i>	2961	17,80	10,4	83	917,7
<i>SAN LUIS</i>	<i>SL1</i>	2965	41,55	10,2	82	831
	<i>SL2</i>	2960	26,15	10,3	81	831
	<i>SL3</i>	2966	35,10	10,3	85	831

Anexo C. Peso de los 6 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>
PR	0,63114	0,453	0,17642	0,5719	0,11398	-0,02651
BIOMASA	-0,09416	0,8983	0,06821	-0,16279	0,05422	-0,28243
MS	0,12649	0,62734	0,40923	-0,00155	-0,37734	-0,50395
EE	-0,53458	-0,13406	0,47635	-0,53781	0,30433	-0,25443
FC	-0,65671	0,53884	-0,03912	-0,07722	-0,3601	0,1069
ENN	0,83208	0,05149	0,12335	0,24904	-0,06458	-0,36462
Lignina	0,04684	0,2526	-0,37873	0,73151	0,45575	0,05866
pH	-0,58215	0,6211	-0,17307	-0,22834	0,42936	0,08549
MO	0,98299	-0,0701	0,02297	0,09856	-0,02274	0,13025
DA	-0,78518	-0,36128	0,43818	0,21297	-0,01379	-0,01862
Penetrabilidad	0,11152	0,34995	0,8121	0,04189	0,14587	0,40586
P suelo	-0,45814	0,78316	0,31879	-0,03511	0,08806	0,22852
Ca Suelo	0,48555	-0,10237	0,00181	-0,78273	0,30296	0,04658
K suelo	0,57106	-0,152	-0,64174	-0,35015	0,27181	-0,1597
AL Suelo	-0,21625	-0,78337	0,40175	0,06878	-0,36728	-0,17036
Mn Suelo	0,2279	-0,87166	0,22732	0,10118	0,15987	0,25684
Cu Suelo	-0,35329	-0,22233	0,4279	0,35494	0,64377	-0,30566
NTS	-0,45382	0,22072	-0,38342	0,10249	-0,28712	0,31599
S disponible	0,83353	0,12240	0,44822	-0,15026	-0,01383	0,22858
LUX	0,83542	0,12130	0,44598	-0,14866	-0,01393	0,22795

Anexo D. Niveles críticos de minerales en suelos, forrajes y requerimientos para los animales

NIVELES CRITICOS DE MINERALES EN SUELOS, FORRAJES Y REQUERIMIENTOS POR LOS ANIMALES (Cuadros N° 1)								
ELEMENTO	NIVELES CRITICOS EN EL SUELO			NIVELES CRITICOS EN EL FORRAJE			REQUERIMIENTOS POR LOS ANIMALES	
	ALTO	MEDIO	BAJO	ALTO	MEDIO	BAJO	Vaca Lechera Produciendo	Ganado de Came
Nitrogeno	-	-	-	> 4.0	2.9 - 4.0	< 2.9	-	-
Fosforo ppm	> 30	15-30	< 15	> 0.44	0.21 - 0.44	< 0.21	0.38	0.18 - 0.70
Potasio meq/100	> 0.3	0.15 - 0.30	< 0.15	> 3.08	1.96 - 3.08	< 1.96	0.80	0.60 - 0.80
Calcio ppm	> 6.0	3.0 - 6.0	< 3.0	> 0.77	0.24 - 0.77	< 0.24	0.54	0.18 - 1.04
Magnesio ppm	> 2.5	1.5 - 2.5	< 1.5	> 0.42	0.26 - 0.42	< 0.26	0.20	0.10
Relación Ca: Mg	> 4.0	2.0 - 4.0	< 2.0	> 2.0	1.0 - 2.0	< 1.0	-	-
Azufre	-	-	-	> 0.54	0.25 - 0.54	< 0.25	0.20	0.10 - 0.15
Hierro ppm	> 20	2 - 20	< 2	> 360	70 - 360	< 70	50	25
Manganeso ppm	> 20	2 - 20	< 2	> 290	48 - 290	< 48	20	10 - 15
Cobre ppm	> 2.5	1.5 - 2.5	< 1.5	> 31	10 - 31	< 10	10	7 - 14
Zinc ppm	> 3.0	2.5 - 3.0	< 2.5	> 70	26 - 70	< 26	40	20 - 30
Boro ppm	> 0.5	0.1 - 0.5	< 0.1	> 30	10 - 30	< 10	-	-
Molibdeno ppm	> 0.4	0.1 - 0.4	< 0.1	-	-	-	6.0	6.0

ppm = Partes por millon meq/100 = miliequivalentes por 100 gramos de suelo
 Nitrogeno y Azufre van de acuerdo a la materia orgánica del suelo.

Fuente:(Estrada Julián. 2002)

Anexo E. Peso de los primeros componentes principales

	PERIODO DE RECUPERACION	PRODUCCION DE BIOMASA	CALIDADNUTRITIVA (MS)
pH	-0,58215	0,6211	-0,17307
MO	0,98299	-0,0701	0,0229
DA	-0,78518	-0,36128	0,43818
Penetrabilidad	0,11152	0,34995	0,80121
Fósforo (suelo)	-0,45814	0,78316	0,31879
Calcio (suelo)	0,48555	-0,10237	0,00181
Potasio (suelo)	0,57106	-0,152	-0,64174
Aluminio (suelo)	-0,21625	-0,78337	0,40175
Manganeso (suelo)	-0,2279	-0,87166	0,22732
Cobre (suelo)	-0,35329	-0,22233	0,4279
NT (suelo)	-0,45382	0,22072	-0,38342
Azufre disponible	0,83353	0,1224	0,44822
Luminosidad	0,83542	0,1213	0,44598

Anexo F. Correlaciones entre las variables bromatológicas, edáficas y ambientales

	PR	BIOM	MS	CEN	EE	FC	PC	ENN	FDN	FDA	LIG	CEL	HEMICEL	CaB
PR														
BIOM	0,2747													
	0,4744													
MS	0,3983	0,6623												
	0,2883	0,052												
CEN	-0,1976	0,8075	0,3061											
	0,6104	0,0085	0,4231											
EE	-0,5573	0,1263	0,0545	0,5649										
	0,119	0,7462	0,8893	0,113										
FC	-0,3146	0,4712	0,3632	0,5233	0,1227									
	0,4097	0,2004	0,3366	0,1482	0,7532									
PC	-0,3048	0,6111	-0,0607	0,9249	0,5397	0,4134								
	0,4251	0,0804	0,8767	0,0004	0,1337	0,2688								
ENN	0,7491	0,0824	0,353	-0,386	-0,4269	-0,6634	-0,5276							
	0,0202	0,8332	0,3515	0,3048	0,2518	0,0514	0,1443							
FDN	0,6744	0,6206	0,8193	0,0654	-0,4219	0,0732	-0,2256	0,6874						
	0,0463	0,0746	0,0069	0,8672	0,258	0,8515	0,5595	0,0407						
FDA	0,7711	0,571	0,716	0,0415	-0,4568	-0,1103	-0,2214	0,7826	0,9572					
	0,015	0,1083	0,0301	0,9156	0,2164	0,7775	0,567	0,0127	0,0001					
LIG	0,5343	0,0366	-0,159	-0,0729	-0,5149	-0,0364	0,0259	0,0795	0,0708	0,2211				
	0,1384	0,9256	0,6829	0,852	0,1561	0,926	0,9472	0,839	0,8563	0,5675				
CEL	0,4254	0,5235	0,775	0,0828	-0,1357	-0,084	-0,2253	0,6995	0,871	0,8248	-0,3691			
	0,2537	0,1481	0,0142	0,8323	0,7277	0,8299	0,56	0,0359	0,0022	0,0062	0,3284			
HEMICEL	0,6014	0,6255	0,8456	0,0756	-0,3897	0,1671	-0,2202	0,6142	0,9885	0,9025	-0,0098	0,8655		
	0,0867	0,0716	0,0041	0,8468	0,2998	0,6675	0,5691	0,0784	0	0,0009	0,98	0,0026		
CaB	0,1839	0,8867	0,6173	0,8667	0,3382	0,4221	0,6619	-0,0395	0,4317	0,4495	0,0655	0,3916	0,4076	
	0,6358	0,0014	0,0765	0,0025	0,3733	0,2577	0,0521	0,9197	0,246	0,2248	0,867	0,2973	0,2762	
PB	0,3164	0,7659	0,2784	0,5861	-0,1332	0,1221	0,5151	0,2121	0,4879	0,5288	0,027	0,4887	0,45	0,6841
	0,4069	0,0161	0,4682	0,0972	0,7327	0,7543	0,1559	0,5837	0,1827	0,1433	0,9451	0,1819	0,2243	0,0421

	PR	BIOM	MS	CEN	EE	FC	PC	ENN	FDN	FDA	LIG	CEL	HEMICEL	CaB	PB	MgB	SB	NTB	PVERD
MgB	-0,1017	0,8396	0,3658	0,9853	0,4982	0,5427	0,8911	-0,3409	0,1361	0,1223	0,0565	0,0847	0,1386	0,8909	0,5554				
	0,7947	0,0046	0,333	0	0,1723	0,1311	0,0013	0,3692	0,727	0,7539	0,8853	0,8284	0,722	0,0013	0,1206				
SB	-0,4278	0,4537	-0,2417	0,6898	0,3281	0,3233	0,8154	-0,4576	-0,2411	-0,2841	-0,2774	-0,1099	-0,2104	0,3485	0,5928	0,5954			
	0,2507	0,2199	0,5309	0,0398	0,3887	0,3961	0,0074	0,2155	0,532	0,4587	0,4699	0,7784	0,5869	0,3581	0,0925	0,0907			
NTB	-0,2809	0,6584	-0,0021	0,9363	0,4857	0,4992	0,9934	-0,544	-0,1662	-0,1796	0,0607	-0,2057	-0,1536	0,6895	0,5299	0,9124	0,8011		
	0,4641	0,0538	0,9957	0,0002	0,185	0,1713	0	0,13	0,6691	0,6438	0,8766	0,5954	0,6932	0,0399	0,1423	0,0006	0,0095		
PVERD	-0,2845	0,6428	-0,005	0,9434	0,5368	0,4562	0,996	-0,5288	-0,1899	-0,1863	0,0589	-0,2109	-0,1854	0,7002	0,5027	0,9218	0,7784	0,9953	
	0,458	0,0618	0,9899	0,0001	0,1362	0,2171	0	0,1433	0,6246	0,6314	0,8803	0,586	0,6329	0,0357	0,1678	0,0004	0,0135	0	
NDT	0,2646	0,9902	0,5843	0,8226	0,1262	0,443	0,6648	0,0556	0,5702	0,5236	0,0447	0,4736	0,5753	0,8747	0,8117	0,8421	0,5228	0,7076	0,6866
	0,4915	0	0,0985	0,0065	0,7462	0,2323	0,0507	0,8871	0,1089	0,1479	0,9091	0,1978	0,1051	0,002	0,0079	0,0044	0,1487	0,033	0,0411
pH	-0,1977	0,6458	0,0341	0,9054	0,3791	0,5838	0,938	-0,5781	-0,1472	-0,1327	0,2205	-0,2534	-0,1497	0,7301	0,5107	0,9076	0,6935	0,9581	0,9564
	0,6101	0,0603	0,9307	0,0008	0,3143	0,0989	0,0002	0,103	0,7054	0,7336	0,5686	0,5106	0,7007	0,0255	0,1601	0,0007	0,0383	0	0,0001
MO	0,6398	-0,2009	0,0299	-0,5852	-0,6022	-0,6668	-0,5989	0,7957	0,44	0,5228	0,086	0,448	0,3816	-0,266	0,2172	-0,5944	-0,5944	0,5944	-0,5944
	0,0635	0,6042	0,9392	0,0979	0,0862	0,0498	0,0884	0,0103	0,2359	0,1487	0,8259	0,2265	0,3108	0,489	0,5746	0,0914	0,0914	0,0914	0,0914
DR	-0,2472	-0,0438	-0,0529	0,1005	0,2183	0,5131	0,1692	-0,5462	-0,3241	-0,4615	0,1359	-0,5188	-0,2407	-0,1667	-0,5237	0,1572	0,1572	0,1572	0,1572
	0,5213	0,9108	0,8925	0,7969	0,5725	0,1578	0,6635	0,1282	0,3949	0,2112	0,7273	0,1524	0,5327	0,6681	0,1479	0,6863	0,6863	0,6863	0,6863
DA	-0,4425	-0,259	-0,1359	0,0682	0,5814	0,2545	0,1279	-0,5337	-0,557	-0,6432	-0,1518	-0,5246	-0,4926	-0,2144	-0,6901	0,0813	0,0813	0,0813	0,0813
	0,233	0,501	0,7274	0,8615	0,1006	0,5087	0,743	0,1389	0,1193	0,0617	0,6967	0,1471	0,1779	0,5796	0,0397	0,8354	0,8354	0,8354	0,8354
CC	0,5186	-0,0592	-0,0619	-0,4025	-0,5968	-0,6094	-0,3801	0,7161	0,4212	0,5106	0,0508	0,4566	0,3599	-0,1625	0,4479	-0,4352	-0,4352	0,4352	-0,4352
	0,1526	0,8798	0,8744	0,2828	0,0898	0,0815	0,3129	0,03	0,2589	0,1601	0,8967	0,2166	0,3415	0,6761	0,2266	0,2417	0,2417	0,2417	0,2417
PENETR	0,381	0,2867	0,2854	0,183	0,1717	0,0855	0,1686	0,0656	0,1629	0,0623	-0,1078	0,1227	0,2103	0,2141	0,2024	0,1582	0,1582	0,1582	0,1582
	0,3117	0,4545	0,4565	0,6374	0,6586	0,8269	0,6645	0,8669	0,6754	0,8735	0,7825	0,7532	0,5871	0,5802	0,6014	0,6844	0,6844	0,6844	0,6844
INFILTR	0,8756	0,1206	0,0966	-0,2731	-0,5183	-0,5728	-0,2522	0,777	0,4957	0,6077	0,5171	0,2791	0,4203	-0,0248	0,2552	-0,202	-0,202	-0,202	-0,202
	0,002	0,7573	0,8047	0,4771	0,1528	0,107	0,5127	0,0138	0,1748	0,0826	0,154	0,4671	0,26	0,9496	0,5076	0,6023	0,6023	0,6023	0,6023
POROS	0,3894	0,3789	0,1528	-0,0254	-0,7682	0,2584	-0,0323	0,2042	0,56	0,4988	0,385	0,2509	0,5732	0,0829	0,4959	0,0205	0,0205	0,0205	0,0205
	0,3002	0,3146	0,6947	0,9482	0,0156	0,502	0,9342	0,5981	0,1168	0,1717	0,3062	0,5149	0,1067	0,832	0,1746	0,9583	0,9583	0,9583	0,9583
CIC	0,7079	0,0222	0,0807	-0,2732	-0,3328	-0,7706	-0,2887	0,844	0,4387	0,5935	0,2411	0,4259	0,3425	0,0277	0,317	-0,2554	-0,2554	0,2554	-0,2554
	0,0329	0,9549	0,8365	0,4769	0,3816	0,0151	0,4512	0,0042	0,2375	0,092	0,532	0,2531	0,3669	0,9437	0,4058	0,5071	0,5071	0,5071	0,5071

Anexo G. Correlaciones entre las variables bromatológicas, edáficas y ambientales (continuación)

	PR	BIOM	MS	CEN	EE	FC	PC	ENN	FDN
PS	0,119	0,6902	0,424	0,7336	0,2943	0,6926	0,6375	-0,3973	0,1344
	0,7603	0,0396	0,2554	0,0245	0,4421	0,0386	0,0647	0,2897	0,7304
CaS	-0,1211	-0,0285	-0,1401	0,1229	0,289	-0,4745	0,1373	0,2019	-0,0905
	0,7562	0,942	0,7192	0,7527	0,4507	0,1968	0,7247	0,6024	0,817
MgS	0,759	0,1518	0,2848	-0,24	-0,4212	-0,3964	-0,3129	0,6849	0,5481
	0,0177	0,6966	0,4576	0,5339	0,2589	0,2909	0,4124	0,0418	0,1266
KS	-0,0032	-0,133	-0,2906	-0,1427	-0,2929	-0,473	-0,0821	0,3029	0,0586
	0,9935	0,733	0,448	0,7141	0,4443	0,1984	0,8337	0,4282	0,881
AlS	-0,4079	-0,6596	-0,1224	-0,5183	0,3186	-0,1966	-0,5204	-0,0673	-0,3697
	0,2758	0,0533	0,7537	0,1529	0,4034	0,6122	0,1509	0,8635	0,3275
FeS	0,3666	-0,5048	0,0922	-0,7431	-0,2101	-0,55	-0,7954	0,562	0,1553
	0,3319	0,1657	0,8135	0,0218	0,5874	0,125	0,0104	0,1153	0,6899
MnS	-0,4522	-0,791	-0,6836	-0,4692	0,251	-0,3406	-0,2101	-0,2933	-0,7605
	0,2217	0,0111	0,0423	0,2026	0,5147	0,3698	0,5874	0,4437	0,0173
CuS	0,049	-0,0885	-0,0954	0,1589	0,5187	-0,2146	0,2307	-0,0858	-0,3351
	0,9004	0,8209	0,8072	0,683	0,1525	0,5793	0,5504	0,8263	0,3781
ZnS	0,3757	-0,1206	0,2408	-0,2622	-0,1386	-0,4717	-0,4137	0,5402	0,3078
	0,319	0,7573	0,5326	0,4954	0,7221	0,1998	0,2684	0,1332	0,4203
BS	0,562	0,2551	0,634	-0,069	-0,0671	0,0749	-0,262	0,3625	0,5251
	0,1153	0,5077	0,0667	0,8599	0,8637	0,8482	0,4959	0,3377	0,1466
NTS	-0,1395	0,1035	-0,1754	0,1764	-0,1028	0,343	0,2146	-0,3234	-0,1884
	0,7204	0,7911	0,6516	0,6499	0,7923	0,3662	0,5793	0,3959	0,6273
COS	0,6413	-0,2011	0,0313	-0,5865	-0,6034	-0,6676	-0,6011	0,798	0,4417
	0,0627	0,6038	0,9363	0,0969	0,0854	0,0494	0,0869	0,01	0,234
SDisp	0,5705	-0,0105	0,2733	-0,3	-0,2239	-0,4439	-0,3883	0,6153	0,4179
	0,1087	0,9786	0,4767	0,4329	0,5625	0,2313	0,3017	0,0778	0,2631
ALTITUD	0,1644	0,0317	0,0784	-0,3104	-0,6309	-0,1478	-0,3661	0,4464	0,4828
	0,6725	0,9355	0,8412	0,4162	0,0685	0,7044	0,3325	0,2284	0,188
lux	0,5718	-0,0118	0,2722	-0,3022	-0,2265	-0,446	-0,3903	0,6173	0,4185
	0,1077	0,976	0,4786	0,4293	0,5579	0,2288	0,2991	0,0765	0,2622
t°	-0,2363	0,4521	0,2341	0,5645	0,3221	0,7909	0,5183	-0,5973	-0,0882
	0,5405	0,2218	0,5444	0,1133	0,398	0,0112	0,1528	0,0894	0,8216
HR	0,0628	-0,1182	0,1758	-0,3429	-0,163	-0,1344	-0,4503	0,3568	0,2371
	0,8725	0,762	0,651	0,3663	0,6752	0,7303	0,2238	0,3459	0,539
PRECIPITACI	0,4601	0,3785	0,2074	0,0861	-0,6026	0,4402	0,0652	-0,0036	0,3998
	0,2127	0,3151	0,5924	0,8256	0,0859	0,2357	0,8677	0,9927	0,2863

Anexo H. Pesos de las variables del Clúster 1

<i>Variables</i>	<i>Nº</i>	<i>Mean</i>	<i>Std Dev</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
PR	3	43,3333333	2,5166115	41	46
BIOMASA	3	4,9333333	0,1154701	4,8	5
MS	3	905,226667	60,3300434	847,68	968
EE	3	121,66	12,3631226	108,48	133
FC	3	1750,42	433,29663	1313,5	2180
ENN	3	1287,15	381,947838	912,5	1676
Lignina	3	271,4	53,552591	225	330
pH	3	7,2666667	0,057735	7,2	7,3
MO	3	0,0286667	0,0124231	0,021	0,043
DA	3	1,0566667	0,0404145	1,02	1,1
Penetrabilidad	3	1,833333	0,5507571	1,2	2,2
P suelo	3	146	13,5277493	133	160
Ca Suelo	3	7,3666667	0,8836477	6,35	7,95
K suelo	3	0,89	0,2424871	0,63	1,11
AL Suelo	3	0	0	0	0
Mn Suelo	3	1,9733333	0,5717808	1,48	2,6
Cu Suelo	3	1,72	1,3021521	0,88	3,22
NTS	3	0,0377	0,0626153	0,0011	0,11
S disponible	3	3,2333333	2,2199174	0,88	5,29
LUX	3	1,6266667	1,1079862	0,45	2,65

Anexo I . Pesos de las variables del Clúster 2

<i>Variables</i>	<i>Nº</i>	<i>Mean</i>	<i>Std Dev</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
PR	5	458.000.000	32.710.854	420.000.000	510.000.000
BIOMASA	5	46.600.000	0.4159327	40.000.000	50.000.000
MS	5	8.962.260.000	1.405.756.820	7.294.500.000	1020.18
EE	5	1.027.320.000	208.002.481	816.000.000	
FC	5	1244.22	1.231.450.625	1087.65	1370.50
ENN	5	1953.46	3.097.597.130	1563.75	2291.73
Lignina	5	2.497.340.000	735.328.191	1.845.000.000	3.660.000.000
pH	5	60.600.000	0.3646917	57.000.000	65.000.000
MO	5	0.1612000	0.0278244	0.1410000	0.2050000
DA	5	0.8620000	0.0389872	0.8100000	0.9000000
Penetrabilidad	5	17.600.000	11.081.516	0.7000000	34.000.000
P suelo	5	831.600.000	376.718.463	466.000.000	1.350.000.000
Ca Suelo	5	167.460.000	94.937.127	83.000.000	280.000.000
K suelo	5	33.420.000	18.257.930	0.1300000	46.400.000
AL Suelo	5	0	0	0	0
Mn Suelo	5	19.000.000	14.754.660	0.3200000	38.600.000
Cu Suelo	5	10.160.000	0.2562811	0.5800000	12.600.000
NTS	5	0.0057800	0.000661060	0.0053000	0.0068000
S disponible	5	121.100.000	50.447.200	58.200.000	189.000.000
LUX	5	61.020.000	25.281.851	29.500.000	95.100.000

Anexo J . Pesos de las variables del Clúster 3

<i>Variables</i>	<i>Nº</i>	<i>Mean</i>	<i>Std Dev</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
PR	1	410		410.000.000	410.000.000
BIOMASA	1	39.000.000		39.000.000	39.000.000
MS	1	8.611.200.000		8.611.200.000	8.611.200.000
EE	1	1.283.800.000		1.283.800.000	1.283.800.000
FC	1	1230.45		1230.45	1230.45
ENN	1	1615.77		1615.77	1615.77
Lignina	1	1.606.800.000		1.606.800.000	1.606.800.000
pH	1	50.000.000		50.000.000	50.000.000
MO	1	0.0790000		0.0790000	0.0790000
DA	1	12.000.000		12.000.000	12.000.000
Penetrabilidad	1	15.000.000		15.000.000	15.000.000
P suelo	1	450.000.000		450.000.000	450.000.000
Ca Suelo	1	88.000.000		88.000.000	88.000.000
K suelo	1	0.3800000		0.3800000	0.3800000
AL Suelo	1	0.1000000		0.1000000	0.1000000
Mn Suelo	1	52.000.000		52.000.000	52.000.000
Cu Suelo	1	19.200.000		19.200.000	19.200.000
NTS	1	0.0034000		0.0034000	0.0034000
S disponible	1	65.300.000		65.300.000	65.300.000
LUX	1	32.900.000		32.900.000	32.900.000

Anexo K. Peso de las variables analizadas en el ACM

Confianza para los puntos de fila

	Desviación típica en la dimensión
TEXTURA	1
franco arcilloso	0,57
franco	0,129

Confianza para los puntos en columna

ESPECIE	Desviación típica en la dimensión
	1
<i>COLEOPTERA</i>	0,048
<i>DIPTERA</i>	0,068
<i>GASTEROPODA</i>	0,059
<i>HEMIPTERA</i>	0,054
<i>LEPIDOPTERA</i>	0,116
<i>HYMINOPTERA</i>	0,231
<i>COLLEMBOLA</i>	0,116
<i>OLIGOCHAETA</i>	0,051
<i>ORTHOPTERA</i>	0,08
<i>ARACNIDA</i>	0,052
<i>CHILOPODA</i>	0,052
<i>ACARI</i>	0,116
<i>DIPLOPODO</i>	0,09