

**EFFECTO DEL ARREGLO SILVOPASTORIL ALISO (*Alnus acuminata Kunth*) y  
KIKUYO (*Pennisetum clandestinum H.*) SOBRE EL COMPORTAMIENTO  
PRODUCTIVO EN NOVILLAS HOLSTEIN EN EL ALTIPLANO DEL  
DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**EFREN GUILLERMO INSUASTY SANTACRUZ**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS  
ÁREA DE ÉNFASISPRODUCCIÓN DE CULTIVOS  
SAN JUAN DE PASTO**

**2011**

**EFFECTO DEL ARREGLO SILVOPASTORIL ALISO (*Alnus acuminata* Kunth) y  
KIKUYO (*Pennisetum clandestinum* H.) SOBRE EL COMPORTAMIENTO  
PRODUCTIVO EN NOVILLAS HOLSTEIN EN EL ALTIPLANO DEL  
DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**EFREN GUILLERMO INSUASTY SANTACRUZ**

**Proyecto de trabajo de grado**

**Director de trabajo:**

**JOSÉ EDMUNDO APRÁEZ GUERRERO Zoot. M.Sc,Ph.D**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS  
ÁREA DE ÉNFASIS PRODUCCIÓN DE CULTIVOS  
SAN JUAN DE PASTO**

**2011**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

**JORGE FERNANDO NAVIA ESTRADA. I.A. Ph.D .**  
**Jurado delegado**

---

**JORGE ALBERTO VÉLEZ LOZANO. I.AF. M.Sc,**  
**Jurado**

---

**AIDA PAULINA DÁVILA SOLARTE. Zoot. M.Sc,**  
**Jurado**

---

**JOSÉ EDMUNDO APRÁEZ GUERRERO Zoot. M.Sc,Ph.D**  
**Presidente**

**San Juan de Pasto, Febrero de 2011**

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

**Artículo 1° del Acuerdo n° 324 de octubre 11 de 1966 emanado del  
Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.**

**Dedicado a:**

A la Memoria de mis Padres Guillermo Y Carmen.

A mis Hermanos: Alba, Alirio, Olga y Hugo.

A mis Cuñadas.

A mis Sobrinos (as).

A mis Amistades.

Demás Familiares.

## AGRADECIMIENTOS

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FEDEPAPA

CORPOICA

José Edmundo Apráez Guerrero. Zoot. Ph.D.

Jorge Fernando Navia Estrada. I.A. Ph.D.

Jorge A Vélez Lozano. I.A. M.Sc.

Paulina Dávila. Zoot. M.Sc.

Oscar Checa Coral. I.A. Ph.D.

Arturo Gálvez. Zoot. M.Sc.

Sonia Navia. I.A.

Álvaro Mosquera. I.A.

Katia Benavides. Vet. Esp.

Leonardo Sánchez. MVZ.

Gina Amado. I.F.

Harold Bayardo Cuastumal. Zoot.

Alba Solarte. Secretaria Centro de Investigaciones

Sandra Espinoza. Tecnóloga.

Carolina Luna. Monitora

Mónica Cañares. Estudiante. UDENAR

Víctor Giraldo López. Técnico Agropecuario

Todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la culminación de este trabajo.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. MARCO TEÓRICO	18
1.1. ASPECTOS GENERALES	18
1.2. EL KIKUYO	20
1.2.1 Origen	21
1.2.2 Clasificación botánica	21
1.2.3 Adaptación	21
1.2.4 Valor nutritivo	22
1.2.5 Producción	24
1.3. ALISO	25
1.3.1 Clasificación Botánica	25
1.3.2 Generalidades	25
1.3.3 Hábitat	26
1.4. FRANKIA	26
1.4.1 Taxonomía de Frankia	28
1.4.2 Ecología y dispersión	28
1.5. SISTEMA SILVOPASTORIL	29
1.6. ALIMENTACIÓN DE NOVILLAS	31
1.6.1 Requerimientos	32
1.6.2 Energía	32
1.6.3 Proteína	32
1.7. PERFILES METABÓLICOS	33
2. DISEÑO METODOLÓGICO	35
2.1. LOCALIZACIÓN	35
2.2. CLASIFICACIÓN DEL SUELO	35
2.3. HIPÓTESIS	36
2.3.1 HIPÓTESIS $H_0$	36

2.3.2 HIPÓTESIS Ha	36
2.4. TRATAMIENTOS	36
2.4.1 Tratamiento I	36
2.4.2 Tratamiento II	37
2.5. ANIMALES	37
2.6. ANTECEDENTES GENERALES	37
2.6.1 Manejo del pasto kikuyo	37
2.6.2 Manejo de los árboles	37
2.6.3 Manejo de los animales	37
2.7. VARIABLES AGRONÓMICAS	38
2.7.1 Producción de biomasa fresca	38
2.7.2 Producción de biomasa seca	38
2.7.3 Altura de plantas	38
2.7.4 Abundancia y peso de nódulos	38
2.7.5 Composición florística de la pradera	38
2.8. VARIABLES BROMATOLÓGICAS	39
2.8.1 Materia seca	40
2.8.2 Proteína cruda	40
2.8.3 Extracto etéreo	40
2.8.4 Ceniza	40
2.8.5 Fibra cruda (FC)	40
2.8.6 Fibra detergente ácido (FDA), Fibra detergente neutro (FDN), Hemicelulosa, Celulosa y Lignina	40
2.8.7 Minerales	40
2.9. VARIABLES DE COMPORTAMIENTO ANIMAL	41
2.9.1 Incremento de peso	41
2.9.2 Consumo de materia seca	41
2.10. PERFILES METABÓLICOS	41
2.10.1 Nitrógeno ureico en la sangre (BUN)	41
2.10.2 Cuerpos cetónicos	42
2.10.3 Proteínas totales, creatinina y albúmina	42

2.11. PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA SILVOPASTORIL	42
2.11.1 Volumen de biomasa fresca y rentabilidad	42
2.11.2 Capacidad de carga	43
2.11.3 Volumen de carne y rentabilidad	43
2.12. DISEÑO EXPERIMENTAL	43
2.12.1 Modelo matemático	43
2.12.2 Análisis estadístico	44
3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	45
3.1. VARIABLES BROMATOLÓGICAS	45
3.1.1 Materia Seca (MS).	45
3.1.2 Ceniza	46
3.1.3 Extracto etéreo	47
3.1.4 Fibra cruda	48
3.1.5 Proteína cruda	49
3.1.6 FDN	50
3.1.7 FDA	51
3.1.8 Lignina	52
3.1.9 Celulosa	53
3.1.10 Hemicelulosa	53
3.1.11 Calcio	54
3.1.12 *Fósforo	55
3.1.13 Magnesio	56
3.1.14 Potasio	56
3.1.15 Azufre	57
3.1.16 Cobre	57
3.1.17 Manganeso	58
3.1.18 Zinc	58
3.1.19 Hierro	59
3.2. VARIABLES AGRONÓMICAS	60
3.2.1 Producción de forraje verde	60

3.2.2	Producción de Materia seca	62
3.2.3	Altura del pasto	63
3.2.4	Abundancia y peso de nódulos	65
3.2.5	Composición florística de la pradera	66
3.3.	VARIABLES PRODUCTIVAS	68
3.3.1	Incremento de peso	68
3.3.2	Consumo de materia seca	69
3.4.	PERFILES METABÓLICOS:	70
3.4.1	BUN	70
3.4.2	Cuerpos Cetónicos	72
3.4.3	Albumina	72
3.4.4	Creatinina	74
3.4.5	Proteínas totales	75
3.5.	PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA SILVOPASTORIL	76
3.5.1	Volumen de Biomasa y rentabilidad	76
3.5.2	Capacidad de Carga	76
3.5.3	Volumen de carne y rentabilidad	77
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
4.1.	CONCLUSIONES	78
4.2.	RECOMENDACIONES	79
	BIBLIOGRAFÍA	80
	ANEXOS	91

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Producción Nacional de leche (2009)	19
Tabla 2. Clasificación botánica del kikuyo ( <i>Pennisetum Clandestinum</i> )	21
Tabla 3. Composición química del pasto kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> )	23
Tabla 4. Clasificación botánica del aliso ( <i>Alnus acuminata</i> Kunth)	25
Tabla 5. Clasificación taxonómica de <i>frankia</i>	28
Tabla 6. Estudio de caso de perfiles metabólicos (Guachucal, 2009)	34
Tabla 7. Datos ambientales estación metereológica Obonuco (2009)	35
Tabla 8. Variables bromatológicas del pasto. Laboratorio UDENAR (2009)	45
Tabla 9. Producción de forraje verde (ton/ha)	60
Tabla 10. Producción de materia seca/ton/ha/corte	62
Tabla 11. Altura del pasto kikuyo (cm).	64
Tabla 12. Cantidad y peso de los nódulos en la raíz de Aliso ( <i>Alnus acuminata</i> )	65
Tabla 13. Cantidad de especies de conteo en el sistema I/m <sup>2</sup>	66
Tabla 14. Porcentaje de especies de cobertura en el sistema I/m <sup>2</sup>	67
Tabla 15. Cantidad de especies de conteo en el sistema II/m <sup>2</sup>	67
Tabla 16. Porcentaje de especies de cobertura en el sistema II/m <sup>2</sup>	68
Tabla 17. Incremento de Peso kg/animal/día	68
Tabla 18. Consumo de materia seca animal/día	70
Tabla 19. Contenido de BUN mg/dl	70
Tabla 20. Contenido de cuerpos cetónicos	72
Tabla 21. Contenido de albúmina g/dl	73
Tabla 22. Contenido de creatinina mg/dl	74
Tabla 23. Contenido de proteínas totales mg/dl	75
Tabla 24. Producción de biomasa verde, biomasa seca y su rentabilidad	76
Tabla 25. Capacidad de carga UGG	76
Tabla 26. Volumen de carne y rentabilidad en novillas	77

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1. Área de pasturas para Nariño (2004)	21
Fig. 2. Precipitación mensual (mm/mes)Vs temperatura ( °C ) (2009)	38

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A: Prueba t para dos muestras de MS.	92
Anexo B: Prueba t para dos muestras de CENIZA.	92
Anexo C: Prueba t para dos muestras de EE.	93
Anexo D: Prueba t para dos muestras de FC.	93
Anexo E: Prueba t para dos muestras de PC.	94
Anexo F: Prueba t para dos muestras de FDN.	94
Anexo G: Prueba t para dos muestras de FDA.	95
Anexo H: Prueba t para dos muestras de Lignina.	95
Anexo I: Prueba t para dos muestras de Celulosa.	96
Anexo J: Prueba t para dos muestras de Hemicelulosa.	96
Anexo K: Prueba t para dos muestras de Calcio	97
Anexo L: Prueba t para dos muestras de Fósforo	97
Anexo M: Prueba t para dos muestras de Magnesio	98
Anexo N: Prueba t para dos muestras de Potasio.	98
Anexo Ñ: Prueba t para dos muestras de Azufre.	99
Anexo O: Prueba t para dos muestras de Cobre.	99
Anexo P: Prueba t para dos muestras de Manganeso.	100
Anexo Q: Prueba t para dos muestras de Zinc.	100
Anexo R: Prueba t para dos muestras de Hierro.	101
Anexo S: Andeva para producción de forraje verde.	101
Anexo T: Andeva y prueba honesta de Tukey para altura del pasto.	102
Anexo U: Andeva para incremento de peso	103
Anexo V: Prueba t para consumo de MS.	103
Anexo W: Andeva para BUN	103
Anexo X: Andeva para Albúmina.	104
Anexo Y: Andeva para Creatinina.	104
Anexo Z: Andeva para Proteínas totales.	104
Anexo AA. Fotografías de los nódulos presentes en el sistema radical	105

## RESUMEN

Se compararon variables agronómicas y bromatológicas de un monocultivo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) (S1) y un sistema silvopastoril (SSP) (S2), sobre comportamiento productivo de novillas Holstein, en la Finca de FEDEPAPA, Ciudad de Pasto departamento de Nariño. Los indicadores agronómicos evaluados fueron: producción de forraje verde, producción de materia seca y altura del pasto. Chemical composition: porcentaje de materia seca, proteína, extracto etéreo, fibra cruda, FDN, FDA, celulosa, hemicelulosa, lignina, minerales (calcio, fósforo, magnesio entre otros). Se utilizó t de student para comparar los indicadores. En comportamiento animal se evaluó ganancia de peso, consumo de MS, perfiles metabólicos (BUN -nitrógeno ureico en la sangre-, cuerpos cetónicos, creatinina, proteína total y albúmina). Se utilizó un Diseño Experimental Swith Back (reversible).

Diferencias estadísticas fueron registradas entre el monocultivo en la altura del pasto de 23,19 cm y el sistema asociado con 36,19 cm. Adicionalmente, el pasto en S2 mostró mayor contenido de fósforo, con un promedio de 0.39%. La ganancia de peso fue mayor en novillas que pastorearon en S2 con 893 g/animal/día. El consumo de MS fue mayor en el sistema asociado con 10,98 kg animal/díamientras el S1 presento menor consumo 7,75 kg animal/día.

## ABSTRACT

Agronomic and bromatologic variables in both monoculture system with kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) (S1) and silvopastoral system (SSP) (S2) with Kikuyo and *Alnus acuminata* Kunth in H.B.K, were compared. Its effect was measured on productive performance of Holstein calves, in FEDEPAPA farm, in Pasto city, in Nariño Department. The agronomic variables were: forage and dry matter production, grass height were evaluated. The bromatological: dry matter, protein, ether extract, ash, crude fiber, NDF, ADF, cellulose, hemicellulose, lignin, minerals (calcium, phosphorus, magnesium, and other) were evaluated. T test was used to compare variables. In animal behavior was assessed weight gain, dry matter intake, metabolic profiles (BUN-blood urea nitrogen-, ketone bodies, creatinine, total protein and albumin). Experimental design was used SwithBack (reversible).

Statistical differences were recorded between the monoculture grass height of 23.19 cm and 36.19 cm-associated system. Additionally, the grass in S2 showed a higher content of phosphorus, with an average of 0.39%. Weight gain was greater in heifers grazing in S2 with 893 g / animal / day. DM intake was higher in the system associated with 10.98 kg animal / day as the present lower consumption S1 7.75 kg animal / day.

## INTRODUCCIÓN

En la estructura de los sistemas de producción de leche y doble propósito, la alimentación y el mantenimiento de las praderas representan un rubro preponderante, siendo el cultivo de pastos el recurso más económico e importante en la alimentación de animales rumiantes.

Por otra parte, el estudio de las especies forrajeras naturales ha sido poco abordado y se ha concentrado preferencialmente en especies mejoradas de alta producción, que en la mayoría de los casos son inadecuadas para las condiciones topográficas de ladera de la región andina nariñense, con predominancia del minifundio. En esta región, el pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum* Hoechst se encuentra bien adaptado y crece con facilidad; sin embargo, no se le ha prestado atención a su manejo por la creencia de su mala calidad, baja producción y susceptibilidad a las heladas; lo cual se ha difundido entre los productores del sector pecuario; desconociendo la calidad que comprueban sus bondades como fuente de nutrientes, protector de suelos, rusticidad, persistencia y adecuada producción de biomasa, aspectos que lo convierten en alternativa alimentaria importante para los animales rumiantes.

Es importante hacer énfasis en los Sistemas Sivopastoriles con asociaciones gramínea + leguminosa, especies vegetales fijadoras de nitrógeno que tiene efectos benéficos en la conservación y productividad de la pradera, disminuyendo la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Cárdenas, 2003).

En el trópico de altura existen zonas con marcada degradación de praderas, mal manejo del cultivo, escasa información sobre SSP de especies asociadas con kikuyo, las cuales pueden ayudar a la fijación de nitrógeno, controlar la erosión, mejorar la fertilidad del suelo, retener la humedad, airear el suelo, regular el microclima y facilitar la disponibilidad de nutrientes debido a la exploración de horizontes profundos, contribuyendo así a disminuir el uso de fertilizantes minerales.

Una estrategia para lograr reducir insumos y mejorar las praderas son los SSP, los cuales han demostrado muchas bondades al asociarlos con gramíneas, y por ello este

estudio valoró la asociación del kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) con aliso (*Alnus acuminata* Kunth). Que según Franco *et al* (2008), sin ser una leguminosa, es capaz de realizar un proceso de fijación de nitrógeno atmosférico mediante el actinomiceto del género *Frankia*, el cual beneficia a todo el sistema aportando nutrientes y creando un ambiente favorable. De esta manera, la fijación de nitrógeno atmosférico es verdaderamente importante y puede ubicarse en un promedio de 60 a 320

En consideración a lo anterior, el proyecto se formula como una Investigación científica, siendo el eje central del proyecto el cultivo del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst), asociado con Aliso (*Alnus acuminata* Kunth), especie nativa de las zonas tropicales, de gran importancia tanto en plantaciones agroforestales como en programas de reforestación y en la recuperación de suelos degradados.

Se evaluó el comportamiento de algunas variables agronómicas y bromatológicas del cultivo del pasto kikuyo en un arreglo SSP aliso – kikuyo, comparado con una pradera de monocultivo de kikuyo. También se evaluó el efecto del arreglo SSP en el comportamiento productivo de novillas Holstein frente a una pradera tradicional de kikuyo. Permitiendo de esta manera establecer la productividad del sistema pasto-árbol-animal frente al esquema tradicional de producción en la zona.

## 1. MARCO TEÓRICO

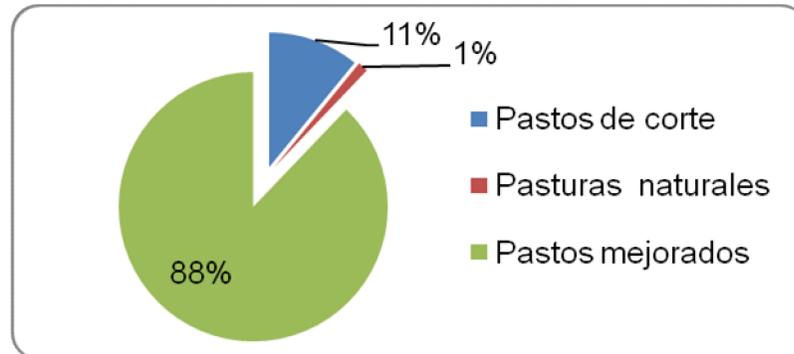
### 1.1. ASPECTOS GENERALES

El manejo de las pasturas debe tener como objetivo principal la producción de cantidades grandes de biomasa, la cual, a su vez, debe ser de buen valor nutricional y aprovechado eficientemente para la producción. Todo esto debe estar enmarcado dentro de un concepto de persistencia de las pasturas y de agricultura sostenible. (ANALAC, 2007).

El cultivo de pastos en Colombia cobra cada día mayor importancia. En la actualidad, se calcula en más de 40 millones las hectáreas cultivadas, incluyendo 15 millones en pastos mejorados, siendo la base principal para el sostenimiento y producción de carne y leche del país. Los pastos constituyen el recurso más económico con que cuenta el ganadero, y de su eficiencia al cultivarlo y conservarlo depende en gran medida la competitividad de su sistema productivo, evitando incurrir en la compra de alimentos de alto costo (ANALAC, 2007).

Según la Secretaria de Agricultura Departamental de Nariño (2004), en el Departamento de Nariño existen 356.709 Ha sembradas en pastos, de las cuales el 1,24 % (4.426,4 Has) está dedicado a pastos de corte, el 87,8 % (313.224 Ha) a praderas tradicionales, en tanto que el 10,9 % (39.058,6 Ha) está dedicado a pradera mejoradas. Las praderas tradicionales, cuya extensión corresponde a 313.224 Ha en el año 2004 y a 322.096 Has en el año 2003, disminuyeron en 8.872 has, debido principalmente a la rotación de pastos con otros cultivos.

**Fig. 1. Área de pasturas en Nariño (2004)**



**FUENTE:** Gobernación de Nariño (PDN). Sec. Agric. Deptal. (2004)

Según FEDEGAN (2006), la actividad pecuaria principal en las zonas de clima frío de Colombia es la producción de leche con razas especializadas (Holstein). La alimentación es a base de forraje de pastos kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y raygrass (*Lolium multiflorum*). Los sistemas de producción han surgido después de la tala y quema de los bosques alto andinos o de niebla, resultando en agroecosistemas con una escasa cobertura arbórea y suelos desprotegidos, especialmente susceptibles a la erosión.

La producción nacional de leche representa un renglón importante para la economía del país, como podemos observar en el siguiente cuadro (ANALAC, 2009).

**Tabla 1. Producción Nacional de leche(2009)**

Año	( millones / lt )
2000	5.594
2001	5.513
2002	5.717
2003	5.833
2004	5.863
2005	5.993
2006	6.035
2007	5.654
2008	5.866
2009*	5.760

**FUENTE:** ANALAC (2009). \*Datos preliminares.

Según Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAV (2003), los árboles han acompañado a la humanidad en todo su proceso evolutivo ofreciéndole leña, madera, forraje, frutas, fibras, aceites, resinas y medicinas. En las zonas tropicales húmedas o secas, es impensable la vida humana y animal sin árboles y arbustos. La mayor diversidad de especies en el mundo se encuentra en estas regiones.

Los árboles están siempre presentes pero muchas veces son ignorados y perseguidos por ambición, enfoques equivocados de producción agropecuaria (monocultivos, agroquímicos y quemas), o sobreexplotación de leña y madera.(CIPAV , 2003)

Pezo e Ibrahim (1999) aseguran que un sistema silvopastoril es una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de las leñosas perennes (árboles y/o arbustos), e interactúa con los componentes tradicionales (forrajes, herbáceas y animales), todos ellos bajo un sistema de manejo integral.

Villanueva e Ibrahim (2002) demostraron los beneficios de los SSP con Aliso y Kikuyo sobre la recuperación de pasturas degradadas y sus contribuciones a la captura de carbono, al mostrar una recuperación sobre los parámetros del suelo (densidad aparente, resistencia a la penetración y nitrógeno total), además de presentar una faceta positiva de producción animal.

Estudios realizados por Builes *et al* (2004) mostraron que la asociación de Aliso con pasto kikuyo aumenta la calidad nutricional del pasto en términos de mayor contenido de proteína, menos fibra y mayor degradabilidad de la materia seca, pero una disminución significativa en la producción de materia seca comparada con sistemas de pasto en monocultivo y fertilización química.

## **1.2. EL KIKUYO**

Durante varias décadas el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst. Ex Chiov), se ha constituido en la base de la alimentación de los sistemas de producción lechera especializada en Colombia. Esto se debe a que su hábito de crecimiento lo hace

sumamente agresivo ante la invasión de otras forrajeras ya que es resistente al pisoteo y responde positivamente a la fertilización orgánica y química (Correa *et al*, 2008).

No obstante que esta gramínea se encuentra ampliamente distribuida en la región andina del país y es fácilmente reconocida por técnicos y productores, el conocimiento que existe sobre su calidad nutricional y valor alimenticio, es aún muy vago.

**1.2.1 Origen.** Silva (2001) afirma que “El kikuyo es una gramínea bien adaptada a la zona de clima frío y medio. Deriva su nombre del pueblo kikuyu, Kenia, y es nativo de las áreas más elevadas de África Oriental y Central, a altitudes entre 1950 y los 2700 msnm.

Piñeros (1993) menciona que esta gramínea fue introducida a Colombia 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 forraje.

**1.2.2 Clasificación botánica.** Según Salamanca (1990), la clasificación corresponde a:

**Tabla 2. Clasificación botánica del kikuyo  
(*Pennisetum Clandestinum*)**

REINO:	Vegetal
SUB-REINO:	Fanerógamas
DIVISIÓN:	Angiospermas
CLASE:	Monocotiledóneas
ORDEN:	Graminales
FAMILIA:	Gramíneas
GENERO:	Pennisetum
ESPECIE:	Clandestinum Hochst

**FUENTE:** Salamanca (1990).

**1.2.3 Adaptación.** De acuerdo con Bernal (1994), el Kikuyo es una planta perenne con hábitos de crecimiento rastrero, se propaga por medio de semillas, rizomas y/o estolones; sus tallos son suculentos, las hojas de un verde brillante y sin pubescencia,

excepto en los márgenes, presenta raíces profundas que se forman en los nudos de los rizomas; algunos tallos crecen erectos o semirrectos, pudiendo alcanzar alturas hasta 60 cm.

Navarrete (1996), afirma que el Kikuyo es susceptible a las heladas que pueden llegar a dañar su parte vegetativa pero su sistema radical le permite recuperarse rápidamente, ya que posee tallos tanto subterráneos como superficiales que pueden invadir el terreno y pueden formar una capa densa de material vegetal, confiriéndole además una gran resistencia al pisoteo del ganado. Es resistente a la sequía, pero se ha comprobado que requiere por lo menos una precipitación anual de 762 mm.

En estudios realizados por Salamanca (2008), en la zona del altiplano de Pasto, en un rango de altura de 2400 – 2799, se plantea que para obtener una mayor productividad del pasto kikuyo se requiere las siguientes condiciones: suelo suelto (ni arcilloso, ni muy arenoso, el equivalente a suelo franco), con valores de materia orgánica de 4 – 6 % y pH alrededor de 6 a 7.

Salamanca (1990) afirma que este pasto resiste el pastoreo continuo debido a su hábito de crecimiento, ya que las reservas de alimentos son almacenadas en los rizomas y estolones que están fuera del alcance los animales. Este pasto tiende a formar un acolchonamiento por mal manejo de la pradera, por lo que se recomienda un buen sistema de pastoreo. Como todas las gramíneas, debe fertilizarse si se desea obtener más y mejores cosechas. Sembrado con leguminosas en % de 70 y 30 respectivamente no necesita aplicaciones de Nitrógeno.

**1.2.4 Valor nutritivo.** Urbano *et al* (2009) sostienen que el pasto kikuyo es una gramínea forrajera con alto valor nutritivo.

En cuanto a la proteína, se encontraron altos porcentajes, promedios de proteína cruda de 21,77% y de proteína verdadera del 16,66%, teniendo en cuenta que contienen además cantidades considerables de compuestos nitrogenados que no son proteínas, razón por la cual se realizó una diferencia entre ellas, encontrando en esta investigación un resultado de 5,61%, lo que significa que la proteína se está aprovechando casi en su totalidad (Zambrano y León, 2008).

Cardenas (2008) reportan promedios para FDA de 32,36% y un valor bajo de lignina, con 5.19, 8.49 y 7.06% en promedio para Pasto (riberas del río Pasto, San Fernando y Genoy), ya que en promedio, se obtuvo períodos cortos de recuperación; sin embargo, al respecto Bernal (1994) sostiene que estos porcentajes pueden variar significativamente de acuerdo a la época del corte, estación del año, fertilización y fertilidad del suelo.

**Tabla 3. Composición química del pasto kikuyo  
(*Pennisetum clandestinum*)**

<b>Análisis</b>	<b>BS(%)</b>
Materia seca	19.88
Ceniza	12.79
Extracto Etéreo	2.07
Proteína	16.54
Fibra cruda	29.19
E.N.N	39.41
Energía Digestible (Kcal/100g)	270
NDT	61.64

**FUENTE:** Laboratorio de nutrición animal Universidad de Nariño (2007).

Según Apráez y Moncayo (2000), el análisis bromatológico basado en la composición química permite una caracterización y valoración de materiales nutritivos con fines prácticos de dietas o la incorporación de productos desconocidos a las raciones para animales.

Pabón (2008) afirma que la alta proporción de ácidos grasos insaturados dentro del EE de esta gramínea, indica que la leche proveniente de hatos en los que el pasto kikuyo represente un porcentaje importante de la dieta, tendría una mayor proporción de ácidos linoléico conjugados (ALC). El tipo de forraje y la edad de rebrote también tienen un efecto sobre la concentración de ALC en la leche. El consumo de pasto kikuyo resulta en mayores niveles lácteos de ALC que del pasto ryegrass.

**1.2.5 Producción.** Escobar y López (2001) sostienen que la producción de kikuyodepende en gran parte de la fertilidad y humedad del suelo, con prácticas de manejo adecuadas se pueden obtener más de 20/ton/ha/año de MS.

Sánchez (2008) afirma que por la producción de biomasa y valor nutricional, el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) es la mejor opción de gramínea forrajera C4 para las fincas ganaderas tropicales ubicadas entre los 1300 y 2700 msnm. El manejo integral de esta pastura es fundamental para sacar provecho de su aporte de nutrimentos a la alimentación económica del hato de ganado lechero, destacándose entre las prácticas de manejo el establecimiento del momento apropiado para pastorear esta gramínea y la duración de los ciclos de pastoreo para cada finca en particular.

Zambrano y León (2008) reportan datos de producción de biomasa seca de 6,81 ton/MS/ha/corte en condiciones de no intervención y para cada lugar promedios de 7,32, 6,13 y 6,98 ton/MS/ha/corte (riberas del río Pasto, San Fernando y Genoy respectivamente), en el municipio de Pasto, Nariño, Colombia.

Salamanca,(2008), plantea que la producción de un forraje depende en gran parte de la fertilidad y humedad del suelo, cuando se cosecha en el estado apropiado produce forraje abundante y de buena calidad. Este pasto tiende a acolchonarse, lo que hace que rebaje significativamente su producción, debido a que los nutrientes, incluso el agua del suelo, no son aprovechados. Con buenas prácticas de manejo, se han obtenido más de 20 ton/ha al año de materia seca de buena calidad.

Cárdenas,(2008), reportó rendimientos de diferentes especies forrajeras comparando condiciones naturales con buen manejo de rotación y fertilización, donde una de las especies con mayor producción en condiciones naturales como con buen manejo fue el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), con rendimientos entre 5-10 ton/ha/año en condiciones naturales y 20-30 ton/ha/año de materia seca con buen manejo.

### 1.3. ALISO

También conocido como: "chaquiro", "fresno", "cerezo", "abedul", "aile" (*Alnus acuminata* Kunth) (Igua y Lombana, 2008).

Añazco (1999) afirma que el aliso es un árbol de tamaño mediano, de 5 a 25 m de altura, en condiciones favorables alcanza hasta 40 m con DAP de 0,6 m. Presenta un rápido crecimiento en altura durante los primeros años en zonas húmedas, posee poca ramificación, lo que mejora la calidad de los fustes comerciales, mientras que en zonas semisecas es retorcido y arbustivo.

#### 1.3.1 Clasificación Botánica

**Tabla 4. Clasificación botánica del aliso**  
***Alnus Acuminata***

ORDEN	Fagales
FAMILIA	Betulaceae
GÉNERO	Alnus
ESPECIE	<i>Acuminata</i> Humboldt, Bonpland & Kunth

FUENTE: Añazco (1997)

**1.3.2 Generalidades.** Especie nativa de México, América Central y América del Sur. Se cultiva extensivamente en plantaciones a lo largo de la Cordillera Central, desde Costa Rica hasta Perú. El nombre de aliso proviene del latín *al*: cerca, *lan*: río, que obedece a su hábitat de crecer cerca de los ríos y otras fuentes de agua. El aliso es una especie nativa de las zonas tropicales, de gran importancia tanto en plantaciones agroforestales como en programas de reforestación y en la recuperación de suelos degradados (CATIE, 1995).

Igua y Lombana (2008) aseguran que el aliso es una especie arbórea promisoriosa para ser incorporada en los sistemas ganaderos conformando SSP, por su efecto restaurador en la recuperación de praderas degradadas, conservación de la biodiversidad y mejoramiento del suelo, factores asociados principalmente con el efecto de sombra, retención de humedad, ciclaje de nutrientes y alta capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico debido a que establece una asociación simbiótica con el

actinomiceto *Frankia* sp. Además de los beneficios señalados, la incorporación de árboles en las praderas, principalmente especies fijadoras de nitrógeno como aliso, ofrecen ambiente de confort para animales, pueden ser utilizadas como barreras rompe vientos, para control de erosión y mejorar la fertilidad de los suelos, expresados en ventajas productivas, ecológicas y económicas. Los árboles y arbustos crean un microclima favorable para los animales en pastoreo (sombra, menor radiación y menor temperatura). También afirman que los árboles y arbustos pueden mejorar las condiciones físicas del suelo (porosidad y densidad aparente), su efecto de descompactación es positivo y relevante en áreas degradadas, a causa de la compactación del suelo, ocasionada por la mecanización y/o pisoteo continuo del ganado.

**1.3.3 Hábitat.** El género *Alnus* se puede encontrar en laderas montañosas muy inclinadas con condiciones secas. Prospera en las riberas de los ríos y en pendientes húmedas. Se desarrolla en áreas de nubosidad, con neblina frecuente. Su rango de temperatura va de 4 a 27 °C y puede soportar temperaturas que bajan temporalmente a 0 °C. Precipitación de 1,000 a 3,000 mm o más. Suelos: limoso o limo-arenoso de origen aluvial o volcánico, profundo, bien drenado, amarillorocoso, cambisol vértico y eútrico, de textura mediana, regosol, rojizo, rico en materia orgánica, grava, arena, arcilla, toba andesítica (CATIE, 1995)

#### **1.4. *Frankia***

El sistema radical del aliso es poco profundo, amplio, extendido y es inducido a la formación de nódulos fijadores de nitrógeno por *Frankia alni*. CATIE, (1995) menciona el excelente crecimiento del pasto bajo la sombra de alisos, debido a esta asociación.

El aliso presenta nódulos en la raíz como consecuencia de la simbiosis con un actinomiceto del género *Frankia*, de la especie *alni*, capaz de fijar el nitrógeno atmosférico (CATIE, 1995). En Colombia, en una plantación de aliso de dos años, con una densidad de 1600 árboles/Ha y una altura promedio de 6.2 m, se registró un incremento de nitrógeno en el suelo de 279 kg/Ha/año, y se encontró que el pasto

kikuyo, creciendo bajo un rodal de aliso de 12 años de edad, contenía el doble de proteína que el mismo pasto a plena exposición solar (Muñoz y Pupiales, 2010).

En los alisos de América latina, el primer reporte sobre la existencia de nódulos en las raíces fue efectuada por Castellanos,(1944). Más tarde, Holdridge, (1951), mencionaba el excelente crecimiento del pasto bajo la sombra de alisos, en razón de estos organismos fijadores de nitrógeno. Budowski(1957), confirmaba esta apreciación utilizando el nombre de actinomicetos para definirlos. Los nódulos de *Alnus acuminata* están concentrados en los primeros cinco centímetros del perfil del suelo, pueden medir hasta seis centímetros de diámetro, y forman grupos (Restrepo, 1997).

El microbiólogo suizo Brunchorst acuñó en 1887 el nombre de *Frankia* en honor a su maestro A. B.Frank, según Torres y Murcia (2008).*Frankia* es un género de bacterias gram-positivas filamentosas que utilizan nitrógeno atmosférico para crecer. En medio de cultivo estas bacterias se caracterizan por desarrollar estructuras como hifas, vesículas y esporangios; sin embargo, cuando forma asociaciones no siempre desarrolla esporangios y vesículas, depende de la planta hospedadora.

En *Alnus acuminata*, en Colombia, la presencia de nódulos de *Frankia* sp, reduce el efecto patogénico de *Pythium sylvaticum* (Restrepo, 1997). Entre los componentes químicos de estos nódulos de *Frankia* sp se halla un glicósido de color amarillo-rojizo, sustancia capaz de inhibir el crecimiento de los hongos patógenos *Fusariumoxysporum* y *Pythium sylvaticum*(Restrepo, 1997).

Igua y Lombana,(2008), asegura que los nódulos tienen internamente color rojo a rosado intenso, este pigmento se debe a la presencia de hemoglobina, la cual se asocia con la fijación de nitrógeno y actividad de los nódulos. No es una parte de la nitrogenasa, pero controla el oxígeno necesario para activar esta enzima.

Dentro de las vesículas de los nódulos de *Frankia* se encuentra la nitrogenasa, enzima responsable de la transformación del N<sub>2</sub> de la atmosfera en NH<sub>3</sub> asimilable por las plantas (Restrepo, 1997). Gracias a ciertas simbiosis, las leguminosas y otras plantas

pueden fijar hasta 300 kg de N por ha/año, aportando materia orgánica a los suelos (Restrepo, 1997).

**1.4.1 Taxonomía de *Frankia*.** Los microorganismos integrantes del género *Frankia* son bacterias Gram + y Gram -, variable de phylum Actinobacteria, subclase Actinobacteridae, orden Actinomycetales, suborden Frankineae y familia Frankiaceae.

**Tabla 5. Clasificación taxonómica de *Frankia***

Reino	Procarionte
Dominio	Bacteria
Phylum BXIV	Actinobacteria Phy. Nov.
Clase I.	Actinobacteria
Subclase V.	Actinobacteridae
Orden I.	Actinomycetales
Suborden XIII	Frankineae
Familia I	Frankiaceae
Genero I	<i>Frankia</i>
Especie	<i>Frankia Bruchorstii</i> (Becking, 1977)

**FUENTE:** Igua y Lombana (2008)

**1.4.2 Ecología y dispersión.** Igua y Lombana,(2008), menciona que los nódulos, al igual que las raíces individuales, tienen un tiempo de vida definido y que bajo condiciones del suelo, los nódulos en aliso raramente sobreviven más de 10 años y casi continuamente durante la vida de la planta actinorriza, se forman nuevas raíces y nódulos y que en promedio la frecuencia para volver a formar un nódulo de una especie arbórea semejante a *Alnus glutinosa* es aproximadamente de 3 años. Cuando los nódulos radicales mueren, las partículas de *Frankia* sp se liberan en el suelo y de este modo la senescencia y degeneración de los nódulos puede ser un factor importante en el desprendimiento y mantenimiento de grandes poblaciones de *Frankia* sp, en los ecosistemas del suelo y la rizósfera.

En cuanto a los mecanismos de dispersión de *Frankia* sp.éstos pueden ser variados, por el movimiento de agua en sedimentos húmedos o después de una lluvia, el cual transporta las esporas, ya que son pequeñas y abundantes, también la fauna del suelo contribuye a su dispersión (Igua y Lombana, 2008).

## 1.5. SISTEMA SILVOPASTORIL

Navia *et al* (2003) afirman que un sistema silvopastoril es un todo, o una estructura organizada de varios componentes relacionados, que derivan productos para satisfacer las necesidades del hombre.

Los árboles en sistemas agroforestales cumplen funciones ecológicas de protección del suelo, disminuyendo los efectos directos del sol, el agua y el viento. También pueden modificar las características físicas del suelo, como su estructura (por la adición de hojarasca, raíces y tallos incrementan los niveles de materia orgánica), la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio. El sistema radical extendido y profundo aumenta el área disponibles para captar agua y nutrientes. Además, las formas arbóreas constituyen un mecanismo efectivo de capturar y retener carbono atmosférico. Por todas estas condiciones, los sistemas agroforestales son una opción de uso en los trópicos húmedos, zonas de montaña, zonas húmedas y desérticas en su condición de ecosistemas frágiles (Navia *et al*, 2003).

Pezo (1999) sostiene que entre las opciones de SSP que se puedan encontrar en fincas ganaderas se pueden citar: cercas vivas, bancos forrajeros de leñosas perennes, leñosas perennes en callejones, árboles y arbustos dispersos en potreros, pastoreo en plantaciones de árboles maderables o frutales, leñosas perennes sembradas como barreras vivas, y cortinas rompevientos. La decisión sobre cuáles de estas opciones se implementarán en una finca determinada, será función de diversos factores, entre los cuales se citan: los objetivos que tiene el productor con respecto a las leñosas perennes y a las forrajeras, el tamaño de la finca, su localización, topografía, disponibilidad de mano de obra y otros recursos económicos.

Russo (1990) afirma que los objetivos de incorporar el componente arbóreo o arbustivo en sistemas ganaderos, pueden ser múltiples y muy diversos. Así, en algunos casos, puede ser el incrementar la productividad del recurso suelo y el beneficio neto del sistema en el largo plazo, en otros reducir el riesgo a través de la diversificación de

salidas del sistema (Ej. frutas, madera) o atenuar los efectos perjudiciales del estrés climático sobre las plantas y sobre los animales.

Navia *et al* (2003) afirman que, en el caso de silvopasturas, hasta el 70% de la biomasa producida por los cultivos asociados y el forraje de algunas especies de AFN (árboles fijadores de Nitrógeno) se complementan en su contenido de nutrientes (energía, proteína, vitaminas y minerales) y pueden ser utilizados en la alimentación animal, sin crear competencia por los productos de consumo humano.

Los SSP son amigables con el medio ambiente y, contrario a generar impacto negativo, de ellos se derivan muchos beneficios. La ganadería semiestabulada en SSP, si se compara con sistemas de producción tradicionales extensivos, contribuye a frenar el proceso de deforestación, disminuye el proceso de degradación de suelos, ayuda a promover el descanso y recuperación de las áreas degradadas. Uno de los SSP implementados en forma empírica por los productores es el de árboles dispersos en potreros, los cuales se encuentran en buena parte de las fincas ganaderas, los cuales proveen sombra y alimentos para los animales, al igual que generan ingresos (madera y frutales). Algunos de estos árboles son remanentes de los bosques originales, otros han sido sembrados por los productores y la mayoría han crecido bien a partir de la sucesión vegetal natural o por la dispersión de las semillas que hace el ganado y los animales silvestres.(Navia *et al*, 2003)

Estudios realizados por Franco *et al*(2008), mencionan que la asociación de Aliso con pasto kikuyo aumenta la calidad nutricional del pasto en términos de mayor contenido de proteína, menos fibra y mayor degradabilidad de la materia seca, pero con una disminución significativa en la producción de materia seca comparada con sistemas de pasto en monocultivo y fertilización química. Todo lo anterior nos lleva a deducir que la biomasa total es mayor en un sistema a libre exposición, pero que la calidad nutricional de los pastos es mayor en un SSP debido a un mayor contenido de proteína y un menor contenido de lignina en los tejidos consumidos por el animal.(Franco *et al*, 2008).

## 1.6. ALIMENTACIÓN DE NOVILLAS

Gonzales y Quintero (2005) afirman que, en el trópico americano, la producción de leche está basada en el pastoreo, y generalmente los productores utilizan sus mejores potreros para los animales en producción. La competencia desigual entre los animales en producción y los animales no productores, deriva invariablemente en que las novillas serán levantadas en potreros de menor calidad de forrajes y que se le dedique menor atención a su manejo.

Por lo tanto, según las recomendaciones de los países templados, la edad al primer parto en novillas lecheras debe ser alrededor de 24 meses, lo que da un total de 720 días (24 x 30) para levantar la novilla; si debe tener 425 kg, se debe mantener una ganancia de peso promedio aproximada de 600 gramos/día, ya que la ganancia de peso está en función directa de la alimentación. (Gonzales y Quintero, 2005)

Hernández (1995) afirma que la tasa de crecimiento es inversamente proporcional a la edad, que novillas mantenidas en diferentes planos de nutrición logran la pubertad a diferentes pesos, las altas edades al primer parto pueden estar relacionadas con problemas que afectan una o varias etapas fisiológicas de la novilla, y la más importante es el mal estado nutricional por elevadas cargas y/o deficiencias en la dieta.

Narváez y Luna (2003), manifiestan que la alimentación de novillas con heno o ensilaje de regular calidad debe ir acompañado de suplementación con alimento balanceado con un 15 a 16 % de proteína; además, la cantidad de suplemento que se debe suministrar a esta edad dependerá de la cantidad y calidad del forraje ofrecido, para lograr un crecimiento rápido pero que, al mismo tiempo, no engorden en exceso. De los 10 meses en adelante, la fuente de alimentación de las vaquillas puede ser cualquiera de los forrajes comunes, tales como pasto, heno, ensilaje común, ensilaje de baja humedad o forraje verde.

Buxadé (1997) afirma que en las estrategias que se adopten para mejorar los procesos digestivos y metabólicos del ganado lechero, es necesario tener presente que se trata de un animal rumiante y por lo tanto es preciso considerar simultáneamente la nutrición

de los microorganismos ruminales y la nutrición de los tejidos del animal, así como también el nivel alimenticio mantenido durante la recría de hembras y su posterior fecundidad. Existen relaciones biológicas, como la madurez sexual, que se pueden acelerar con ayuda de una alimentación intensiva de recría que, a su vez, origina un aumento rápido de peso (Buxadé, 1997). Sin embargo, las hembras jóvenes no deben ser sólo alimentadas con alimentos de baja calidad. Es de suma importancia resaltar que a los 6 meses de edad, el animal es un rumiante totalmente funcional y su alimentación debe basarse en forrajes, siempre que éstos tengan la suficiente calidad; se pueden usar ensilados y forrajes verdes de forma moderada al principio del periodo y aumentando las cantidades a medida que el animal va creciendo. (Buxadé, 1997)

**1.6.1 Requerimientos.** Según el Consejo Nacional de Investigaciones de los E.E.U.U (National Research Council) NRC, para una ganancia diaria de peso de 700g, en ganado lechero, se requiere un consumo de materia seca de 5.2 kg, 3.45 kg de NDT, 620 g de proteína, para que las novillas de 200 kg logren un crecimiento con buena condición corporal.

**1.6.2 Energía.** Orskov (1982) manifiesta que las necesidades de crecimiento dependen de la composición de los tejidos que se forman, el gasto energético para acumular energía en forma de carne magra es mayor que el gasto energético necesario para acumular energía en forma de grasa. Paredes y Villota (1990) sugieren que las novillas jóvenes, entre 9 y 12 meses de edad, deben llevar en su ración diaria una relación energía-proteína de 4.5 a 1 y/o 7.7 a 1.

**1.6.3 Proteína.** Orskov (1982) afirma que la masa corporal magra del animal, músculos y órganos internos están formados principalmente por proteína y agua; además, el animal por sí solo es incapaz de sintetizar gran cantidad de proteína; por lo tanto, la microbiología del rumen está relacionada con la capacidad de fermentación de la dieta y que, a su vez, está correlacionada con su digestibilidad; si no se suministra al animal la suficiente proteína, el desarrollo de los tejidos es mínimo, lo que afecta la tasa de crecimiento, junto con la tasa de conversión de los alimentos.

## 1.7. PERFILES METABÓLICOS

López *et al*, (2009), afirman que el perfil metabólico es un examen paraclínico empleado en el diagnóstico de las enfermedades de la producción, mediante el cual se evalúan, en grupos representativos de animales, determinaciones que constituyen dicho perfil, las cuales se comparan con valores de referencia según la especie, edad y estado fisiológico.

López *et al*, (2009), consideran que el perfil metabólico se refiere a la determinación de los metabolitos sanguíneos relacionados con el estado de funcionalidad de las vías metabólicas (biotransformación). Tal funcionamiento está determinado por la partición de nutrientes de acuerdo al estado metabólico del animal, establecido éste por la relación entre hormonas, así como el suministro de nutrientes en un momento determinado, dado éste tanto por su consumo como por la movilización desde diversos tejidos. Por lo anterior, se puede esperar que exista una alta relación entre el estado nutricional de los animales y su perfil metabólico.

El perfil metabólico sanguíneo (glucosa, urea, proteína total, albumina, cuerpos cetónicos y ácidos grasos, entre otros) tiene una alta correlación con el nivel de producción de leche, estado productivo y época del año, así como el tipo de dieta y el tipo de manejo del hato, por lo que es una herramienta útil en el diagnóstico del estado metabólico y nutricional del ganado de leche (Ayala *et al*, 2009).

El perfil metabólico, en su conjunto, ayuda a valorar el estatus nutricional y refleja la dinámica bioquímica del animal, y es una herramienta para la comprensión de la nutrición y la dinámica metabólica (Payne, 2004).

Según Van Saun (2006), evaluar un perfil metabólico ayuda en el diagnóstico de problemas metabólicos y enfermedades de la producción, e identificar animales superiores en el hato.

Oetzel (2001) considera que las evaluaciones nutricionales pueden usar el perfil metabólico como una herramienta de precisión en el ajuste de las dietas para optimizar

la producción y reducir los efectos de alteraciones nutricionales y metabólicas, como mayor acidosis ruminal aguda, desplazamiento de abomaso, síndrome de hígado graso y cetosis.

Según Bouda *et al* (2007), para tener un diagnóstico efectivo de trastornos metabólicos en vacas, se han elaborado perfiles metabólicos. Para obtener una adecuada interpretación de los perfiles metabólicos, es necesario relacionar con la historia clínica, análisis de producción (registros), análisis de ración alimenticia y examen físico de los animales. Es un buen indicador de la cantidad de proteínas en la dieta y su balance con carbohidratos fermentables. El valor óptimo de urea en plasma es de 2.50 - 6.66 mmol/L (15-40 mg/dL).

Así mismo, Herdt (2000) afirma que algunos estados metabólicos son afectados por los requerimientos específicos de compuestos nutricionales; por esto la determinación de los principales minerales que participan en los procesos homeostáticos constituye una valiosa herramienta de seguimiento de la suplementación mineral y factor de conocimiento de posibles causas de comportamiento reproductivo y productivo. Varios autores han reportado que la determinación de urea en leche es una forma indirecta de saber el estatus del nitrógeno ureico en sangre o BUN (Blood Urea Nitrogen).

**Tabla 6. Estudio de caso de perfiles metabólicos (Guachucal, 2009)**

<b>ESTADO PRODUCTIVO</b>			
<b>Variable</b>	<b>Preparto</b>	<b>Inicio Lactancia (20 días)</b>	<b>Lactancia (90-150 días)</b>
Fosfatasa Alcalina UI/l	117,06 ±42,03	87,75 ±21,78	107,01 ±18,60
Albúmina gr/dl	3,98 ±0,73	4,68 ±0,98	4,91 ±1,46
BUN mg/dl	23,47 ± 6,24	18.73 ±1,38	18.11 ±4,70
Creatinina mg/dl	1,37 ±0,48	0.95 ±0,38	0.87 ±0,22
Proteínas Totales mg/dl	7,12 ±0,54	7.04 ±0.63	7.44 ± 0,43

**FUENTE:** López et al (2009)

## 2. DISEÑO METODOLÓGICO

### 2.1. LOCALIZACIÓN

La investigación se llevó a cabo en el Municipio de Pasto, Departamento de Nariño, Centro Experimental FEDEPAPA en Obonuco, con una temperatura máxima de 14 °C y una mínima de 8 °C, a una altura de 2.710 msnm, (IDEAM, 2009).

Para el desarrollo del trabajo se ubicaron dos (2) lotes aledaños, el uno con monocultivo de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y el otro con pasto kikuyo en asocio con aliso (*Alnus acuminata*). El área de cada potrero fue de 2 Ha, a fin de garantizar el sostenimiento de los animales.

### 2.2. CLASIFICACIÓN DEL SUELO

Presento una textura Franco arenoso, su estructura fue nuciforme y granular con una porosidad de 47,22%, color marrón oscuro y un PH de 5,6 considerado ligeramente ácido. (Laboratorios de suelos de la Universidad de Nariño, 2009)

#### Condiciones Ambientales:

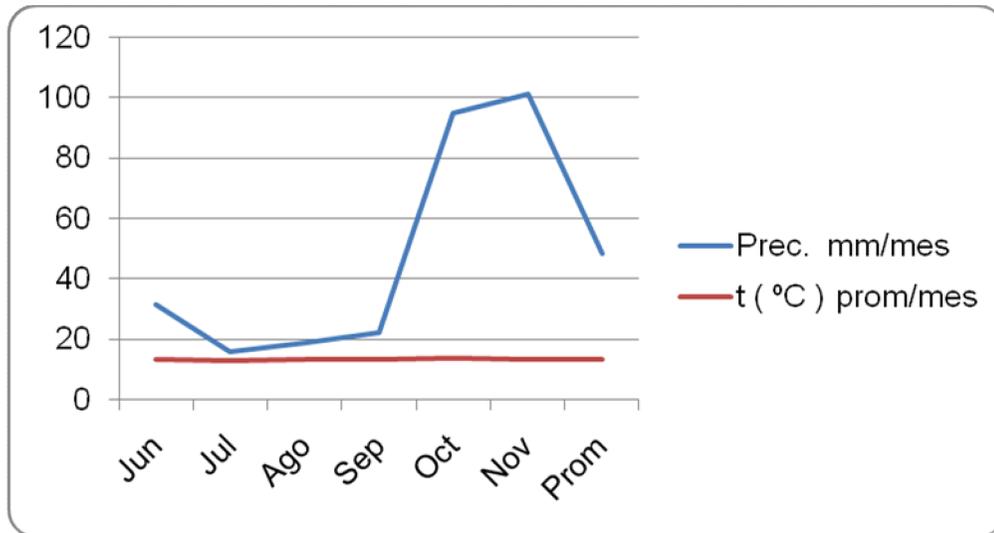
Las condiciones ambientales durante el periodo de estudio presentaron una temporada seca. Como se puede observar en los datos presentados en la tabla 7 y figura 2.

**Tabla 7. Datos ambientales estación metereológica Obonuco (2009)**

Parámetro	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Prom	
t ( °C ) prom/mes	13	12,8	13,2	13,2	13,6	13,4	13,25	
h/r% - prom/mes	77,1	75,3	75,3	72,1	73,3	77,3	76,1	
Prec. mm/mes	31,3	15,8	18,7	22,2	94,8	101,1	48,48	387,8
Rec. viento km/mes	4549	6075,3	5668	6728,3	4702	3883	4897,53	
Días de lluvia/mes	18	13	17	11	14	17	16,13	129
B. solar- horas/mes	126,5	126,7	128,5		147,9	141,9	127,06	

Fuente:IDEAM, 2009

**Fig. 2.** Precipitación mensual (mm/mes)Vs temperatura ( °C ) (2009)



## 2.3. HIPÓTESIS

**2.3.1 HIPÓTESIS Ho.** El arreglo SSP aliso-kikuyo no incide en el comportamiento agronómico y bromatológico de la pradera, como también en el comportamiento productivo de novillas de la raza Holstein, comparado con una pradera monocultivo de Kikuyo.

**2.3.2 HIPÓTESIS Ha.** El arreglo SSP aliso-kikuyo sí incide en el comportamiento agronómico y bromatológico de la pradera, como en el comportamiento productivo de novillas de la raza Holstein, comparado con una pradera monocultivo de Kikuyo.

## 2.4. TRATAMIENTOS

**2.4.1 Tratamiento I.** Pradera monocultivo de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Para ello se utilizó una pradera de dos hectáreas de pasto kikuyo, establecida hace varios años, la cual no había tenido mayor intervención en lo concerniente a laboreo y fertilización desde su implantación.

**2.4.2 Tratamiento II.** Pradera de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en arreglo con Aliso (*Alnus acuminata*).

La pradera de kikuyo del tratamiento II correspondió a una área aproximada de 2 hectáreas, aledaña a la anterior, lleva muchos años establecido, en asocio con árboles de aliso, en un sistema de árboles dispersos, situados a una distancia de hileras entre árbol de 5 y 6 metros y de 12 y 15 metros entre hileras, árboles con alturas que oscilaron entre 2, 4 y 8 metros aproximadamente. Los árboles llevan plantados, según datos suministrados en la finca, 9 a 10 años.

## **2.5. ANIMALES**

Para esta investigación, se utilizaron 10 novillas de la raza Holstein, seleccionadas del Centro Experimental FEDEPAPA.

## **2.6. ANTECEDENTES GENERALES**

**2.6.1 Manejo del pasto kikuyo.** El pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en monocultivo y asociado previamente recibió fertilización orgánica (350 k/ha de gallinaza) obedeciendo al plan de manejo del Centro. Durante la fase experimental no se realizaron labores culturales y los animales fueron introducidos a los potreros después de un periodo de recuperación de 50 días.

**2.6.2 Manejo de los árboles.** El Aliso (*Alnus acuminata*) en asocio con el Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) había sido establecido hace aproximadamente 10 años, en un arreglo de árboles dispersos, situados, con una densidad aproximada de 200 árboles /ha.

**2.6.3 Manejo de los animales.** La selección de los animales para la investigación fue con novillas de la raza Holstein, debido a que la novilla presenta una etapa de transición importante, por lo que en poco tiempo pasan a ser las vacas de producción de un futuro hato lechero. El número de novillas fue de 10, las cuales se seleccionaron al azar del hato del Centro, y posteriormente se dividieron en dos grupos de 5 animales cada

uno, con características fenotípicas y genotípicas muy similares, de igual manera se tuvo en cuenta la edad promedio (15 meses) y peso (entre 266 y 285 kg).

## **2.7. VARIABLES AGRONÓMICAS**

Las determinaciones correspondientes a esta área sólo se hicieron sobre el pasto kikuyo, ya que el propósito fundamental del trabajo era evaluar la repercusión de los árboles en el sistema y no la desometría del aliso (*Alnus acuminata*), *per sea* que este trabajo se había realizado previamente.

**2.7.1 Producción de biomasa fresca.** Para el efecto, se tomaron muestras de las pasturas en forma manual, simulando el bocado de los animales (“pluck”) para determinar cantidad y calidad de la dieta en oferta antes del pastoreo.

Para la medición de esta variable se utilizó el método de muestreo sistemático dirigido, tomando muestras al azar en diferentes épocas con un marco de 0.5 m<sup>2</sup>; las muestras de pasto fueron pesadas y enviadas al laboratorio para los análisis correspondientes.

**2.7.2 Producción de biomasa seca.** Se determinó en base a la anterior variable, utilizando análisis proximal de Weende, según la metodología descrita por la Official Association Analysis Center (AOAC, 1995, 76-80).

**2.7.3 Altura de plantas.** Se midió la longitud del pasto desde el cuello de la raíz hasta la punta de la hoja más larga.

**2.7.4 Abundancia y peso de nódulos.** Con la finalidad de soportar los resultados y teniendo en cuenta recomendaciones de trabajos realizados con el aliso, se realizó un muestreo de recolección de nódulos, los cuales se tomaron de las raíces del aliso (*Alnus acuminata*). Para la recolección se excavó cerca del área radical, formando calicatas, a una profundidad de 5 y 10 cm, alrededor del área cubierta por la rizosfera, para luego proceder a la búsqueda manual de los nódulos, para su posterior conteo y pesaje en el laboratorio de la Universidad de Nariño.

**2.7.5 Composición florística de la pradera.** Se realizó identificación de plantas gramíneas, leguminosas y otras especies presentes en el sistema kikuyo y también en

el sistema kikuyo-aliso. Para lo anterior, se procedió a coleccionar e identificar con la ayuda de manuales de Taxonomía y del Herbario de la Universidad de Nariño.

Se realizó identificación y se determinó la densidad para plantas de conteo y plantas de cobertura encontradas en el sistema I y sistema II, tanto para gramíneas, leguminosas y otras especies presentes en las praderas, para esto se procedió a coleccionar e identificar con la ayuda de manuales de taxonomía y del herbario de la universidad de Nariño, para determinar conteo de plantas se utilizó la siguiente fórmula:  $\text{densidad} = \text{n}^\circ \text{ de plantas/m}^2$ .

Para determinar el porcentaje de plantas de cobertura se utilizó como escala de referencia la usada por Pérez(1990).

Nivel 1 ----- 0 – 20 % ----- insignificante

Nivel 2 ----- 21 – 40 % ----- escasa

Nivel 3 ----- 41 – 60 % ----- regular

Nivel 4 ----- 61 – 80 % ----- abundante

Nivel 5 ----- 81 – 100 % ----- muy abundante

Para identificar las especies se procedió a coleccionar y se trabajó con la ayuda de manuales de taxonomía (plantas útiles de Colombia, Pérez - Arbeláez. 1990). Y con el apoyo del herbario de la universidad de Nariño.

## **2.8. VARIABLES BROMATOLÓGICAS**

Las variables bromatológicas se analizaron de acuerdo con los procedimientos descritos por el manual de análisis químico de alimentos (laboratorios especializados de la Universidad de Nariño), de acuerdo a los procedimientos descritos por AOAC (Asociation Official Chemists) 1995, de la siguiente manera:

**2.8.1 Materia seca.** Por análisis de Weende (método 930.04).

**2.8.2 Proteína cruda.** Mediante el método de Kjeldahl ( $N \times 6.25$ ) (método 955.04); se basa en tres pasos fundamentales: digestión de la muestra con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de un catalizador y a elevada temperatura, para transformar el nitrógeno en sulfato de amonio.

La solución se alcaliniza y el amoniaco liberado se destila para su posterior titulación.

**2.8.3 Extracto etéreo.** Se realizó mediante análisis proximal o de Weende (método 962.09), el cual utiliza solventes, que generalmente son éter, cloroformo, benceno, entre otros, que, a su vez, arrastran consigo en el proceso otras sustancias diferentes a las grasas, por esto es un valor generalizado.

**2.8.4 Ceniza.** Por el análisis proximal (por calcinación a 550 °C) (método 930.05), únicamente sirve para conocer de forma aproximada el contenido mineral, más no es un indicativo claro del valor o calidad mineral de ella.

**2.8.5 Fibra cruda (FC).** Determinado por análisis proximal (digestión ácida - básica) (método 920.39), se basa en la ebullición alterna de la muestra con un ácido y un álcali débiles. El residuo que queda libre de componentes solubles se llama FC, descontando la ceniza.

**2.8.6 Fibra Detergente Ácido (FDA), Fibra Detergente Neutro (FDN), Hemicelulosa, Celulosa y Lignina.** Por Van Soest, el cual utiliza detergentes que se combinan con la proteína para solubilizarla, así como un agente quelante (EDTA) que remueve los metales pesados y los iones alcalinos contaminantes.

**2.8.7 Minerales.** Ca, P, Mg, K, S, Cu, Mn, Zn y Fe se estimaron por oxidación húmeda, Colorimetría, turbidimetría y EAA.

## 2.9. VARIABLES DE COMPORTAMIENTO ANIMAL

**2.9.1 Incremento de peso.** Los animales fueron pesados al inicio de la etapa experimental y después cada 30 días. El incremento de peso se obtuvo por diferencia entre el peso final y el peso inicial de cada animal, durante cada etapa.

I.P = peso final - peso inicial.

**2.9.2 Consumo de materia seca.** Para su estimación se tuvo en cuenta la producción y desperdicio de la pradera, mediante aforos iniciales y finales, aplicando las siguientes fórmulas:

Consumo FV/lote/periodo = Producción inicial/kg FV/ha – Producción final/kg/FV/ha.

$$\text{Consumo kg MS/novilla/periodo} = \frac{\text{Consumo kg FV/lote/periodo} * \text{MS Pasto}}{\text{Número de animales}}$$

$$\text{Consumo kg MS/novilla/día} = \frac{\text{Consumo kg/MS/novilla}}{\text{Días de ocupación}}$$

Para determinar el consumo neto en cada sistema, se utilizó la cantidad de material ofrecido y se le restó el desperdicio en fresco, este dato se multiplicó por el % de MS para obtener el consumo de materia seca.

## 2.10. PERFILES METABÓLICOS

**2.10.1 Nitrógeno ureico en la sangre (BUN).** Para obtener estos valores, fueron colectadas muestras sanguíneas mediante venipunción (vacutainer) en tubos para la obtención de suero, en laboratorio se utilizó la técnica de pruebas de química sanguínea en el equipo semiautomatizado Stat fax 3300 de la Universidad de Nariño, en el cual se trabajaron las pruebas utilizando kits ya estandarizados de la marca Spinreact, el cual basa su trabajo en reacciones cinéticas para el caso de BUN.

Se tomó una muestra por animal al inicio y al final de cada fase, para un total de 40 muestras para la población de novillas.

**2.10.2 Cuerpos cetónicos.** Se utilizó la prueba colorimétrica, utilizando tirillas reactivas a la presencia de cuerpos cetónicos, la muestra empleada fue orina, esta prueba es cualitativa, es decir, simplemente determina si existen o no cuerpos cetónicos, más no los cuantifica; la muestra de orina se tomó por el método de micción natural. En el último muestreo, debido a la dificultad de la toma de la muestra, fue necesario aplicar un diurético - furosemida a la dosis recomendada según el peso y se aplicó la inyección intramuscular y se esperó su efecto de 10 - 15 minutos. Para la toma de la muestra se utilizaron frascos estériles individuales por animal. Se tomó una muestra por animal al inicio y al final de cada fase, para un total de 40 muestras para la población de novillas.

**2.10.3 Proteínas totales, creatinina y albúmina.** Para determinar las proteínas totales, se utilizó sangre (suero sanguíneo) y la técnica empleada es la del Refractómetro, el cual determina en sangre las proteínas totales; el proceso consiste en colocar en la celda de lectura del refractómetro una gota de suero sanguíneo y se lee el resultado en la escala de las proteínas. El equipo se calibra cada 10 muestras, utilizando agua destilada.

Para creatinina y albúmina se colectó muestras sanguíneas mediante venipunción (vacutainer) en tubos para la obtención de suero, en laboratorio se utilizó las pruebas de química sanguínea en el equipo semiautomatizado Stat fax 3300, en el cual se trabajaron las pruebas utilizando kits ya estandarizados de la marca Spinreact. Este equipo basa su trabajo en reacciones de colorimetría para el caso de la albúmina y reacciones cinéticas para el caso de la creatinina.

## **2.11. PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA SILVOPASTORIL**

**2.11.1 Volumen de biomasa fresca y rentabilidad.** Se determinó el volumen y rentabilidad de biomasa fresca y biomasa seca del SSP comparado con el monocultivo; mediante aforos, laboratorio de materia seca y pesaje

De igual forma se estimó costo por kilo de forraje verde con el fin de ponderarlo a la producción obtenida en los dos sistemas.

**2.11.2 Volumen de carne y rentabilidad.** Se estableció en base a la ganancia diaria de peso de los animales en un año y asumiendo el costo de kilo en pie para obtener la rentabilidad.

**2.11.3 Capacidad de carga.** Se determinó la producción de forraje verde por Ha/año y se estimó el consumo de forraje verde por animal/año para el SSP y el monocultivo.

## **2.12. DISEÑO EXPERIMENTAL**

La prueba de comportamiento productivo se evaluó mediante el diseño Switch-Back (Reversible), el cual consistió en la aplicación en 2 periodos diferentes de 2 tratamientos conformados por: sistema kikuyo y sistema aliso-kikuyo. En cada tratamiento se trabajó con 5 novillas Holstein, para un total de 10 unidades experimentales.

Para evaluar los tratamientos se realizaron los respectivos análisis de varianza, en las variables incremento de peso, consumo de alimento y perfiles metabólicos.

### **2.12.1 Modelo matemático**

$X_{ijk} = \hat{\mu} + P_i + A_j + T_k + E_{ijk}$ , en donde:

$X_{ijk}$  = Variable de respuesta debida al periodo "i", animales "j" y a tratamientos "k".

$\hat{\mu}$  = Media general.

$P_i$  = Efectos de periodos.

$A_j$  = Efecto debido a los animales

$T_k$  = Efecto de tratamientos

$E_{ijk}$  = Error experimental

Los datos encontrados en cada uno de los tratamientos se procesaron en el paquete estadístico SAS. Para determinar el mejor tratamiento se utilizaron pruebas de comparación.

**2.12.2 Análisis estadístico.** Las pruebas de algunas variables agronómicas: producción de forraje verde, producción de materia seca y altura del pasto, variables bromatológicas (Materia seca, ceniza, extracto etéreo, Fibra cruda, FDN, FDA, lignina entre otras) se analizaron mediante la prueba de t.

### 3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1. VARIABLES BROMATOLÓGICAS

Se presenta los promedios en la Tabla 8, teniendo en cuenta los dos sistemas analizados.

**Tabla 8. Variables bromatológicas del pasto  
Laboratorio UDENAR (2009)**

<b>Variables bromatológicas</b>	<b>Sistema I Kikuyo</b>	<b>Sistema II Kikuyo-Aliso</b>
Biomasa seca	27,93 %	23,78 %
Ceniza	9,35 %	11,77 %
Extracto etéreo	1,52 %	1,79 %
Fibra cruda	31,69 %	32,46 %
Proteína cruda	10,20 %	11,41 %
FDN	70,69 %	69,40 %
FDA	40,05 %	41,62 %
Lignina	9,95 %	11,83 %
Celulosa	30,10 %	29,78 %
Hemicelulosa	30,64 %	27,78 %
Calcio	0,38 %	0,31 %
<b>Fósforo*</b>	<b>0,30 %</b>	<b>0,39 %</b>
Magnesio	0,24 %	0,27 %
Potasio	2,08 %	2,64 %
Azufre	0,14 %	0,18 %
Cobre	5 ppm	5,25 ppm
Manganeso	139,50 ppm	116,05 ppm
Zinc	28,25 ppm	34,65 ppm
Hierro	243,25 ppm	254,95 ppm

**3.1.1 Materia seca (MS).** Se encontraron promedios de 27,93 y 23,78% para plantas muestreadas en el sistema Kikuyo y sistema Kikuyo-Aliso respectivamente.

La prueba de “t” empleada para analizar los datos no mostró diferencias estadísticas significativas (Anexo A); sin embargo, se observa una diferencia en el porcentaje de materia seca entre el sistema I y II, debido a que la presencia del árbol de aliso en el sistema II participa como cortina de la radiación solar, por lo tanto, el comportamiento del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst), por ser una planta C4, no exhibe

ningún síntoma de saturación de luz, por lo cual puede hacer mejor uso de las intensidades de luz alta. Caso contrario, en la pradera de kikuyo, con ausencia de árboles, la pastura se lignifica más, por consiguiente, el porcentaje de materia seca aumenta. Respecto al beneficio de los árboles sobre el suelo, cabe resaltar que reducen la insolación del suelo, la caída directa del agua de lluvia, reducen el efecto del viento; por lo tanto, ayudan a disminuir la pérdida de agua en el suelo, la cual puede ser utilizada por la pastura para su crecimiento.

Rosero y Mora (2010), en estudios realizados en el Centro Experimental Obonuco (FEDEPAPA), mencionan un valor de 27,63 % de materia seca en pasto kikuyo en una pradera sin árboles, sin intervención agrícola, ni barreras vivas.

Por su parte, Bernal (1994) afirma que la “materia seca de las gramíneas, arbustos y arbustivas puede presentar gran variabilidad en virtud de las características genéticas y morfológicas, época del año, condiciones edafoclimáticas, edad y parte de la planta, entre otras.

**3.1.2 Ceniza.** No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Anexo B).

En la Tabla 8 encontramos un contenido promedio para el sistema I de 9.35%, en comparación con el sistema II que presentó un valor de 11.77%. Esto pudo estar asociado al efecto de retención de humedad, ya que los árboles evitan la pérdida de humedad del suelo, causada por la insolación y el efecto del viento que disminuyen el contenido de agua en las plantas y en el suelo de las praderas.

Al respecto, Van Soest (1994, 95) afirma que el contenido de ceniza en el pasto está grandemente influenciado por la humedad del suelo, siendo mayor la concentración en periodos lluviosos que en periodos secos; sin embargo, estas variaciones pueden estar determinadas por la composición vertical de la planta y la variabilidad de los niveles de minerales con respecto a la parte de la planta analizada.

Para el sistema I se puede deducir que hay diferencias entre los resultados reportados por Jojoa y Silva (2009), en investigaciones realizadas en tres localidades de los municipios de Ipiales y Aldana, departamento de Nariño, bajo condiciones naturales,

ubicadas de la siguiente manera: San Luís 12.48%, Los Marcos 13.53% (Ipiales), Santa Bárbara 10.78% (Aldana), con promedio de humedad relativa de 83.16% para las tres localidades. En cuanto al sistema II, su valor está dentro de los resultados obtenidos por estos autores.

De igual manera, Zambrano y León (2008) encontraron valores de Ceniza de 13,70% en una zona de Pasto, 12,58% en la zona de San Fernando y 11,05% en la zona de Genoy, valores mayores a los encontrados en el sistema I. El sistema II se encuentra dentro del valor hallado en la zona de Genoy.

Tapia y Rivera (2010) reportan valores para ceniza, en estudios realizados en tres localidades del municipio de Guachucal, departamento de Nariño, bajo condiciones de no intervención agrícola, así: Arvela 12.59%, Cualapud 11.00% y Santa Rosa 11.64%; estos valores son mayores a los encontrados en este estudio para el sistema I, pero con respecto al sistema II, se encuentra dentro del rango de los valores reportados para esta zona del departamento de Nariño.

**3.1.3 Extracto etéreo.** No se encontraron diferencias estadísticas significativas (Anexo C). El valor promedio para el sistema I fue de 1.52%, y 1.79% para el sistema II (Tabla 8). Esta diferencia pudo deberse a que las plantas más suculentas se encontraron en el sistema II, lo cual hace que el contenido de EE sea mayor, y en la medida en que la planta tenga menos follaje, el EE se verá reducido. Al respecto, Aguilaret al(2009) afirma que la concentración de lípidos disminuye al aumentar la edad de rebrote, dado que la fracción de lípidos se encuentra principalmente en los cloroplastos de las hojas de las gramíneas en una concentración de 3 - 10% de la materia seca y es dependiente de la especie; al aumentar la edad de la planta, la proporción de tallos/hojas aumenta y por lo tanto disminuye la concentración de lípidos.

En estudios realizados por Tapia y Rivera (2010), en tres localidades del municipio de Guachucal, departamento de Nariño, bajo condiciones de no intervención agrícola, reportan los siguientes valores de EE: Arvela 1.44%, Cualapud 2.29% y Santa Rosa 2.76%. El valor encontrado en Arvela es diferente al encontrado en este estudio para los sistemas I y II, en contraste con los valores de Cualapud y Santa Rosa, que son distintos a los encontrados en los sistemas I y II.

Jojoa y Silva (2009) obtuvieron los siguientes resultados para EE, en investigaciones realizadas en tres localidades de los municipios de Ipiales y Aldana, departamento de Nariño, en sistema de monocultivo, bajo condiciones naturales: San Luís 2.67%, Los Marcos 2.46% (Ipiales), Santa Bárbara 1.91% (Aldana); estos valores son mayores a los encontrados en este estudio debido a las diferentes condiciones de suelo.

Zambrano y León (2008) reportaron valores para EE en el municipio de Pasto, departamento de Nariño bajo condiciones de no intervención, en tres localidades en sistema monocultivo, así: Pasto(riberas del rio Pasto) 2.81%, San Fernando 2.48% y Genoy 2.29%. Estos valores son mayores a los valores obtenidos en este estudio.

El contenido de extracto etéreo encontrado en los dos sistemas se encuentra dentro de los valores esperados para pastos tropicales. Para el caso del pasto kikuyo, Miles *et al* (2000) reportan valores que oscilan entre 0.56 y 5.81% de la materia seca.

**3.1.4 Fibra cruda.** No se hallaron diferencias estadísticas significativas (Anexo D). El valor promedio para el sistema I fue de 31.69% y para el sistema II de 32.46% (Tabla 8). Los porcentajes de fibra cruda son relativamente altos, en razón a que la edad de cosecha no fue la óptima, es decir, el pasto ya había superado el periodo de prefloración, que es considerado como el óptimo para el corte y/o pastoreo, además las condiciones ambientales no fueron las mejores, ya que durante el periodo de estudio la precipitación fue de 387 mm y una temperatura de 13.25 °C (Tabla 7.), lo cual indicó una temporada seca durante el año.

En estudios realizados por Jojoa y Silva (2009), en localidades comprendidas entre los 2800-3049 msnm en los municipios de Aldana e Ipiales, departamento de Nariño en sistema monocultivo, mencionan que el porcentaje de fibra cruda osciló entre 27,07% y 35,50%, atribuidos a la edad del corte del pasto, puesto que sus hojas y tallos son moderadamente fibrosas. Jojoa y Silva, (2009), afirma que el contenido de fibra del pasto kikuyo es moderado, usualmente del 30%, debido a que las hojas no son en exceso fibrosas. Los valores reportados en este estudio se encuentran dentro del rango encontrado por estos autores.

Zambrano y León(2008) encontraron en investigación en las zonas de Pasto en sistema monocultivo en San Fernando y Genoy, 23,58%, 21,25% y 20,49% respectivamente, los cuales son mayores a los encontrados en la en la presente investigación, Tapia y Rivera (2010)reportan valores de 29,04%, 30,17% y 30,91% de fibra cruda en el Municipio de Guachucal, Nariño, Colombia.

**3.1.5 Proteína cruda.** No se observaron diferencias estadísticas significativas (Anexo E). No obstante, existió una ligera superioridad (1.21%) en el contenido de proteína en el sistema II, con promedio de 11.41%, que, ponderado a kg/ha, puede resultar muy significativo en el aporte de este nutriente. En cambio, el sistema I presentó un promedio de 10.20%.

El resultado observado en el sistema II puede obedecer al aporte que el árbol hace al sistema, por la presencia de nódulos de actinomicetos del genero Frankia, fijadores de nitrógeno atmosférico, encontrados en la raíces. Restrepo (1997) encontró que la cantidad de nitrógeno fijado anualmente por el Aliso, mediante simbiosis raíces-frankia, están entre 60 a 320 kg de N/ha/año, y en algunos casos ha llegado a los 780 kg de N/ha/año.

Jojoa y Silva (2009), en estudios realizados en Aldana e Ipiales, departamento de Nariño, para pasto kikuyo sin asociado con árboles, encontraron valores de proteína cruda de 14.83%, 22.44% y 18,73%, estos valores obedecieron a las edades tempranas en que fue cortado el pasto.

Franco (2008) reporta resultados de proteína cruda en pasto kikuyo, en el departamento de Boyacá, de 19.28% con densidades de 250 árboles/aliso/ha (baja densidad), 21.53% con densidades de 500 árboles/aliso/ha (media densidad), 15,44% con densidades de 750 árboles/aliso/ha (densidad alta), y 15.66% sin árboles.

Los resultados obtenidos en este estudio son menores a los valores reportados por los anteriores autores, ya que el pasto se encontraba muy maduro y sus condiciones de manejo y ambientales no fueron las mejores, ya que durante el periodo de estudio la precipitación fue de 387 mm y una temperatura de 13.25 °C, lo cual indicó una

temporada seca durante el año, además la fijación de nitrógeno probablemente no fue la más apropiada, ya que la densidad del sistema SSP fue de 100-200 árboles.

Jojoa y Silva,(2009), 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 a 12.5% de la MS, y en ocasiones alcanza hasta el 23-25% en forraje joven, aunque bajo condiciones desfavorables y en forrajes muy maduros, se han registrado contenidos de proteína cruda tan bajos como el 5-7%.

**3.1.6 FDN.** Para la variable FDN, no se encontraron diferencias estadísticas significativas(Anexo F).El valor promedio del sistema I fue de 70.69% y de 69.40% para el sistema II. (Tabla 8.)

Los valores encontrados en esta investigación demuestran que el pasto no se encontraba en las condiciones más apropiadas para el pastoreo, ya que su estado de madurez estaba muy avanzado, esto guarda correspondencia con los resultados encontrados en la fracción de fibra cruda anteriormente reportados.SegúnAcosta y Moncayo (2002),los componentes de la pared celular incluidos en la fracción FDN, constituye entre el 40 y el 80% de la MS, siendo mayor la proporción en pastos maduros con deficiencias de nutrientes en el suelo.

Tapia y Rivera (2010) reportaron valores para FDN de 64,84%, 62,47% y 62,75% en Arvela, Cualapud y Santa Rosa (Nariño) respectivamente, sin encontrar diferencias marcadas. Estos valores son menores a los reportados en este estudio, lo cual se debe a que posiblemente el pasto ya tenía un periodo de madurez avanzado, lo que se vio reflejado en su contenido de FDN.

Jojoa y Silva (2009) encontraron en sistema monocultivo valores para FDN de 68,51%, 57,25% y 62,61% en las localidades de Santa Bárbara, Los Marcos y San Luis, municipios de Aldana e Ipiales, valores que son diferentes a los encontrados en la presente investigación.

Correa *et al* (2008), señalan que el contenido de FDN en pasto kikuyo se encuentra en un rango que va desde 42.3 hasta 84% de la MS. Los promedios obtenidos, tanto para el sistema I como para el sistema II, se encuentran dentro de este rango.

Colombatto (2007) argumenta que de todas las fracciones fibrosas, la FDN es la que mejor se correlaciona con el consumo voluntario, siendo por esto la fracción más importante dentro de la fibra a considerar.

**3.1.7 FDA.** No se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Anexo G). El promedio para el sistema I fue de 40.05% y para el sistema II de 41.62%, como se presentó en la Tabla 8.

Los resultados encontrados posiblemente se deban al agotamiento de los nutrientes solubles del suelo, o la deficiente incorporación de los mismos al momento de la aplicación; además, el comportamiento irregular puede asociarse con los efectos estacionales del clima.

Estudios realizados por Tapia y Rivera (2010) en el municipio de Guachucal, departamento de Nariño, muestran los siguientes valores de FDA: 36,80%, 34,58% y 33,75% para Arvela, Cualapud y Santa Rosa respectivamente. Estos valores son diferentes a los resultados obtenidos en este estudio.

Jojoa y Silva (2009) obtuvieron resultados para FDA, en investigaciones realizadas en tres localidades de los municipios de Ipiales y Aldana, departamento de Nariño, bajo condiciones naturales, así: San Luís 30.70%, Los Marcos 27.72% (Ipiales) y Santa Bárbara 32.56% (Aldana).

Zambrano y León (2008) hallaron valores para FDA en sistema monocultivo de 31,05%, 33,36% y 32,33% en las localidades de Pasto, San Fernando y Genoy. Estos también son diferentes a los encontrados en esta investigación.

Los promedios de FDA obtenidos en los dos sistemas son diferentes a los reportados por Quiroga y Barreto (2002), en la Sabana de Bogotá, con un valor de 35.5%.

Hutjens (1990) sostiene que el contenido de FDA debe reducirse al máximo para optimizar el contenido energético de la ración, pero deben aportarse unos niveles mínimos para que de esta forma se mantenga el equilibrio ruminal.

**3.1.8 Lignina.** No se encontraron diferencias estadísticas significativas (Anexo H). Los promedios observados fueron de 9.95% para el sistema I y de 11.83% para el sistema II (Tabla 8).

Los resultados obtenidos son un claro indicador de que la edad del pasto no fue la más adecuada, y confirma que el contenido de lignina en el pasto kikuyo se incrementa con la edad de rebrote, y su estrecha relación con el contenido de FDA.

Jojoa y Silva (2009) reportaron resultados para lignina, en estudios realizados en tres localidades de los municipios de Ipiales y Aldana, departamento de Nariño, bajo condiciones naturales, de 4.04% en San Luís y 5.50% en Los Marcos (Ipiales), y de 6.47% en Santa Bárbara (Aldana). Estos valores son diferentes a los encontrados en este estudio.

Zambrano y León (2008) encontraron valores de lignina de 5,19%, 8,49% y 7,06% en tres localidades del municipio de Pasto (ribera del río Pasto, San Fernando y Genoy), los cuales son diferentes a los valores encontrados en la presente investigación.

Los valores obtenidos en el actual estudio, en los dos sistemas, difieren de los valores determinados por Apráez y Moncayo (2009), quienes reportaron valores entre 5.77 y 8.80% de lignina para el departamento de Nariño.

Bach y Casamiglia (2006) manifiestan que la concentración de lignina depende de la especie de forraje y del estado vegetativo, donde a mayor madurez más contenido de lignina.

**3.1.9 Celulosa.** No se observaron diferencias estadísticas significativas (Anexo I). Los promedios fueron 30.1% para el sistema I y 29.78% para el sistema II (Tabla 8).

Probablemente, la diferencia entre los dos sistemas se deba al estado de madurez de las dos praderas, ya que este estado vegetativo está relacionado con el aumento o disminución de este componente de los pastos.

Los resultados de este componente se consideran normales en este pasto, ya que, según Tapia y Rivera (2010), los rangos medios se encuentran entre el 20 y 40% del total de la materia seca.

Tapia y Rivera (2010) reportan valores para celulosa en tres localidades del municipio de Guachucal, departamento de Nariño así: 26,53% en Arvela, 24,91% para Cualapud y 23,60% en Santa Rosa.

En investigaciones realizadas por Mera y Ruales (2007) en el corregimiento de Daza, municipio de Pasto, departamento de Nariño, encontraron valores de celulosa a diferentes días de corte, así: 25.42% a los 40 días, 24.38% a los 50 días y 26.76% a los 60 días. Estos valores difieren a los encontrados en la presente investigación, en virtud de la edad y grado de maduración vegetativa de la muestra con la que trabajaron los autores citados.

**3.1.10 Hemicelulosa.** No se encontraron diferencias estadísticas significativas (Anexo J). Los promedios de hemicelulosa para el sistema I fue de 30.64% y para el sistema II de 27.78% (Tabla 8).

Debido a que los anteriores componentes no fueron diferentes y por el hecho de que la hemicelulosa se obtiene por diferencia con las otras fracciones, resulta lógico esperar que en este nutriente tampoco se hallaran diferencias.

Acosta y Moncayo(2002), afirma que los valores para hemicelulosa generalmente se encuentran entre el 15 y 21% para el pasto kikuyo, Acosta y Moncayo(2002), afirma que estos porcentajes varían significativamente de acuerdo a la época de corte, estación del año, fertilización y fertilidad de los suelos, llegando a presentar valores superiores al 30%. El sistema II presenta un valor de 27.78%, el cual puede ser causado por el

efecto benéfico de los árboles, ya que influyen en una mayor mineralización y disponibilidad de los nutrientes, por lo cual disminuyen los valores de hemicelulosa.

Tapia y Rivera (2010) reportaron resultados para hemicelulosa, en estudios realizados en tres localidades de los municipios de Guachucal, departamento de Nariño, bajo condiciones naturales, los siguientes resultados: 28,04%, 27,90% y 29,00% para Arvela, Cualapud y Santa Rosa respectivamente. Estos valores son diferentes para el sistema I y casi similares al sistema II de este estudio.

El contenido de hemicelulosa en muestras de pasto kikuyo recolectadas para los dos sistemas estuvieron en un promedio en 27.78% y 30.64%. Estos valores son diferentes a los estimados por Correa *et al*(2008), para el departamento de Nariño, quienes reportaron valores que oscilan entre 30.9 y 35.7% de la MS. Correa *et al* (2008) afirman que el contenido de hemicelulosa del pasto kikuyo varía en función de la edad de rebrote, oscilando entre 29.6 y 39.2% de la MS. Estos autores estimaron, además, que un porcentaje significativo de la hemicelulosa en el pasto kikuyo está constituido por xilosa y arabinosa.

**3.1.11 Calcio.** No se encontraron diferencias estadísticas significativas (Anexo K). Los promedios de Calcio fueron 0.38% para el sistema I y de 0.31% para el sistema II.(Tabla 8.)

Es posible que el contenido de calcio (0,31%) en el sistema II se deba a que, conforme las plantas aumentan la edad, también aumenta el contenido de lignina y disminuye el calcio.

Jojoa y Silva (2009) reportaron resultados para el contenido de calcio, en estudios realizados en tres localidades de los municipios de Ipiales y Aldana, departamento de Nariño, bajo condiciones naturales, de 0.37% en San Luís y 0.44% en Los Marcos (Ipiales), y 0.36% en Santa Bárbara (Aldana). Estos valores son distintos y se debe a que los estudios citados tomaron muestras de pastos que estaban en buenas condiciones y óptimo estado de madurez.

Según Mila (1996), los niveles de calcio en los forrajes se clasifican así: alto > 0.77%, medio: 0.24% – 0.77% y bajo: <0.24%. En el presente estudio, tanto para el sistema I como para el sistema II, los niveles de calcio se encuentran en un nivel medio, según los rangos mencionados por dicho autor.

Con relación al contenido promedio de calcio del pasto kikuyo, estos resultados fueron distintos al compararlos con los determinados por Correa *et al* (2008), que reportan un valor de 0.32%. Los requerimientos de Ca para las novillas, con un peso promedio de 300 kg, son de 24 gr/día.

**3.1.12 \*Fósforo.** Se encontraron diferencias estadísticas significativas (Anexo L).

El mejor fue el sistema II (SSP), con un promedio de 0.39%, en comparación con el sistema I, con 0,30% (Tabla 8).

Se puede atribuir el mayor valor de fósforo del sistema II, a la acción de los microorganismos presentes en los nódulos fijadores de nitrógeno (Actinomicetos), los cuales actúan sobre la materia orgánica e inciden en la conversión de fósforo orgánico a formas inorgánicas (proceso de mineralización) utilizable por las plantas. Además, algunas plantas responden a la falta de fósforo en el suelo con la formación de raíces protoides o raíces en racimo, lo que les permite captar más eficientemente el poco fósforo disponible en el suelo (Muños, 2003)

Estudios realizados por Jojoa y Silva (2009), en tres localidades de los municipios de Ipiales y Aldana, departamento de Nariño, bajo condiciones naturales, reportaron valores para fósforo así: San Luís 0.35% y Los Marcos 0.34% (Ipiales), Santa Bárbara 0.36% (Aldana).

Giraldo y Bolívar, (2003), afirma que también es importante el bombeo de nutrientes que hacen los árboles de capas profundas del suelo a la superficie, haciéndolos disponibles para la pastura. Giraldo y Bolívar (2003), manifiestan que en algunos casos pueden incrementar la disponibilidad de P, Ca, K y Mg. Ésta puede ser la principal opción por la cual el sistema II fue mejor, cuando se comparó las medias de los dos sistemas.

**3.1.13 Magnesio.** No se observaron diferencias estadísticas significativas (Anexo M). La Tabla 8 muestra los promedios encontrados para los dos sistemas.

Según el análisis de suelos, la cantidad encontrada de magnesio para estos terrenos es aceptable (promedio de 3,90 mol/kg),(Suarez, datos sin publicar); sin embargo, el magnesio absorbido en la forma de ion  $Mg^{++}$  por efecto de la intensidad de la mineralización, o sea, la conversión de Mg a formas utilizables por las plantas, es más eficiente gracias a la acción de los microorganismos presentes en el suelo y atribuible en el caso del presente estudio a los actinomicetos existentes en las raíces del aliso, por lo cual el pasto kikuyo del sistema II presentó un valor diferente de magnesio en comparación con el pasto kikuyo del sistema I. Deficiencias de este elemento se manifiestan primero en las hojas más bajas y luego, en estado más avanzado, el tejido de las hojas se vuelve uniformemente amarillo pálido, luego marrón y necrótico (Salamanca, 1990).

Tapia y Rivera (2010) reportaron resultados para el contenido de magnesio, en estudios realizados en tres localidades de los municipios de Guachucal, departamento de Nariño, bajo condiciones naturales, de 0.33%, 0.27% y 0.30 % para Arvela, Cualapud y Santa Rosa respectivamente.

Correa (2006) reportó valores para magnesio en pasto kikuyo, a dos edades de cosecha, de 0.25% a los 32 días y 0.26% a los 58 días.

**3.1.14 Potasio.** No se encontraron diferencias estadísticas significativas (Anexo N).

En la Tabla 8 se observa que el promedio para el sistema I fue de 2.08% y para el sistema II de 2.64%.

La diferencia en el contenido de potasio probablemente se debió a que el proceso de mineralización, donde la movilización del  $K^+$  en el sistema II fue más rápida, lo cual permitió que las plantas logren una adecuada absorción de este elemento. Otra razón probable es la acción de microorganismos presentes en todo el sistema II, por presencia en los nódulos de las raíces del árbol, lo que no sucede en el sistema I, que por

ausencia de microorganismos (actinomicetos) no hay proceso de mineralización o su proceso es inferior, mostrando un menor % de K en el pasto kikuyo.

Correa (2006) reporta valores de potasio para pasto kikuyo en dos edades de cosecha, en estudios realizados en Medellín (Antioquia), de 4.12% a los 32 días y de 3.96% a los 58 días. Estos valores difieren de los encontrados en este estudio.

**3.1.15 Azufre.** No se encontraron diferencias estadísticas significativas (Anexo Ñ).

La Tabla 8 muestra los promedios obtenidos para cada sistema: 0.145% para el sistema I y 0.1825% para el sistema II.

En el sistema II se encontró un promedio mayor (0.18%) en comparación con el sistema I (0.14%), posiblemente causado por la acción de microorganismos presentes en el sistema II que participan en diversas reacciones en el suelo; tal es el caso de la oxidación-reducción del azufre, por medio de esta reacción los elementos pasan a estados asimilables que son absorbidos por las raíces, casi exclusivamente en forma de ion sulfato.

Tapia y Rivera (2010) reportaron resultados para el contenido de azufre en estudios realizados en tres localidades del municipio de Guachucal, departamento de Nariño, bajo condiciones naturales, de 0.25%, 0.24% y 0.23% para Arvela, Cualapud y Santa Rosa respectivamente.

Con respecto al efecto de micronutrientes en el pasto kikuyo, Machado y Dávila (1997), informan que esta gramínea es muy sensible a la falta absoluta de azufre, magnesio, cobre o manganeso, y en menor grado a la falta de boro, molibdeno, calcio o zinc.

**3.1.16 Cobre.** No se encontraron diferencias estadísticas significativas (Anexo O).

En la Tabla 8 se observa que, para el sistema I, el promedio fue de 5.00 ppm y, para el sistema II, de 5.25 ppm.

Una diferencia en la cantidad de Cu, en el sistema II con relación al sistema I, es posible a un mayor proceso de descomposición y procesos de transformación de la

materia orgánica. Aspectos como la aireación, infiltración, cantidad de micro y macrofauna en el suelo, fueron determinantes, además el estiércol depositado por parte de los animales que pastorean los sistemas contribuye a aumentar la fuente de Cu en el sistema II. Según la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, (1998), el contenido de Cu en el estiércol bovino es aproximadamente de 46 ppm, indicando de esta manera que, probablemente, los microorganismos presentes en el sistema II descomponen mejor la materia orgánica y, por ende, la planta lo absorbe y asimila de forma más eficiente que en el sistema I, que carece de microorganismos fijadores de nitrógeno.

**3.1.17 Manganeso.** No se encontraron diferencias estadísticas significativas (Anexo P).

La Tabla 8 muestra que el promedio para el sistema I fue de 139.50 ppm y para el sistema II de 116.05 ppm.

El sistema I presenta un contenido diferente de manganeso (139.50 ppm), en comparación con el sistema II (116.05 ppm), probablemente porque la pradera del sistema I se encontró a libre exposición de los rayos solares, lo cual pudo haber incrementado la temperatura del suelo, ocasionando una mayor absorción de manganeso, contrariamente al sistema II, en el cual el suelo se encontró protegido en cierta medida por acción de los árboles de aliso (*Alnus acuminata* K.).

García y González (2001) aseguran que el pH condiciona la disponibilidad de la gran mayoría de los nutrimentos esenciales para las plantas y, también, la de otros que pueden llegar a ser tóxicos para ellas, como es el caso de los metales pesados; así, a medida que el pH aumenta, la disponibilidad de hierro y manganeso disminuye. Del mismo modo, Primavesi, citada por León y Zambrano (2008), sostiene que la importancia del pH radica en que tiene un efecto directo sobre la concentración de elementos nutritivos a disposición del vegetal y la microvida, y con la tolerancia de las plantas al manganeso y aluminio contenidos en la solución del suelo.

**3.1.18 Zinc.** No se hallaron diferencias estadísticas significativas (Anexo Q).

En la Tabla 8 se puede observar que el promedio para el sistema I fue de 28.25 ppm y para el sistema II de 34.65 ppm.

La diferencia de la cantidad de Zinc en el sistema II, con relación al sistema I, es probablemente explicada porque la mineralización de este elemento haya sido más rápida en el sistema II, por cuanto hay más caída de residuos vegetales, hojarasca del aliso y, por acción microbial, el proceso de descomposición de la materia orgánica fue más eficiente que en el sistema I, el cual muestra menor valor. Además el estiércol depositado por parte de los animales que pastorean los sistemas contribuyó a aumentar la fuente de Zn en el sistema II. Según la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (1998), el contenido de Zn en el estiércol bovino está aproximadamente en 66 ppm, indicando de esta manera que, probablemente, los microorganismos presentes en el sistema II descomponen mejor la materia orgánica y por ende la planta lo absorbe y asimila más eficientemente.

Churcha (1993) afirma que el contenido de Zn varía ampliamente entre las distintas especies vegetales, aunque relativamente pocas son deficientes, excepto en zonas donde el suelo es muy pobre en este mineral, en la grama común y el trébol de 16 a 21 ppm. El contenido de Zn en los forrajes puede descender con aplicaciones de cal y cuando envejecen las plantas.

No obstante, las raíces del aliso profundizan en horizontes más lejanos a la superficie y por ello extraen minerales que las gramíneas no pueden obtener con su sistema radical, además con la hojarasca que aportan a la superficie, se logra aumentar la disponibilidad de los nutrientes en el suelo para las gramíneas presentes.

**3.1.19 Hierro.** No se encontraron diferencias estadísticas significativas (Anexo R).

El promedio para el sistema I fue de 243.25 ppm y para el sistema II de 254.95 ppm (Tabla 8).

La diferencia en la cantidad de Hierro en el sistema II, con relación al sistema I, es posible a diversos factores: este microelemento puede venir del agua o del suelo, siendo en el suelo factor importante por aporte de material vegetal (hoja, ramas, hojarasca), como se presenta en el sistema II, que muchas hojas, ramas y frutos de aliso caen al suelo y sufren descomposición.

Según la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (1998), el contenido de Fe en el estiércol bovino es aproximadamente de 8825 ppm. Además, microorganismos presentes en el sistema radical de aliso y kikuyo inciden en una rápida mineralización y, por ende, la planta tendrá mayor opción de asimilar este elemento. Caso contrario en la pradera de kikuyo, donde no hay caída de hojarasca y, por consiguiente, menor descomposición de materia vegetal, además carece de la presencia de microorganismos (actinomicetos fijadores de nitrógeno) que puedan descomponer el estiércol, por lo tanto el hierro no puede volverse asimilable por la planta.

En estudios realizados por Sánchez (2009), en la zona montañosa central de Costa Rica, reporta valores para hierro de 339,4 ppm para época seca y 414,23 ppm para época lluviosa. Esto valores son diferentes a los encontrados en este estudio, ya que el autor anteriormente mencionado utilizó abonos químicos para la fertilización de la pradera. Church (1993) afirma que el nivel de Hierro en pastos y forrajes puede ser afectado por la contaminación con tierra y polvo.

### 3.2. Variables Agronómicas

**3.2.1 Producción de forraje verde.** No se observaron diferencias estadísticas significativas (Anexo S); no obstante, las diferencias resultaron sustanciales, ya que, comparando los promedios de producción, se encontró que para el sistema I es de 13,91 ton/ha/corte y para el sistema II de 19,64 ton/ha/corte (Tabla 9).

**Tabla 9. Producción de forraje verde (ton/ha)**

Forraje verde	Sistemas	
	Muestras	Sistema I Kikuyo
1	14,70	16,00
2	11,90	13,90
3	10,46	18,90
4	18,40	32,00
5	14,08	17,40
<b>Promedio</b>	<b>13,91</b>	<b>19,64</b>

La diferencia de 5.73 ton/ha entre el sistema II y el sistema I se debe probablemente a que con el establecimiento de un sistema silvopastoril se obtiene un ambiente más adecuado para su producción, por la interacción con árboles ayudan a la fijación de nitrógeno, aireación del suelo, retención de humedad, mineralización por acción de los microorganismos (Actinomicetos), aporte de materia orgánica, extracción de nutrientes por parte de las raíces desde horizontes profundos, entre otros. Todos estos factores interactúan para facilitar la absorción de nutrientes por parte de la planta, facilitando así un mejor desarrollo y, por ende, una mejor producción, tanto en calidad como en cantidad. Contrariamente, el sistema I, al estar establecido en monocultivo, no muestra su potencial de producción por carecer de los nutrientes necesarios.

Rosero y Mora (2010) reportan datos de producción de pasto kikuyo de 12.8 ton/FV/ha/corte. Este estudio se realizó en la finca de FEDEPAPA, Obonuco. Los valores se aproximan al sistema I, ya que los aforos se realizaron en monocultivos. En cuanto al sistema II, estos valores son distintos a los datos reportados por Rosero y Mora (2010), ya que éstos fueron tomados en un sistema silvopastoril, lo cual mejora las condiciones para su producción.

Ruiz (2007) reporta promedios de producción de 13.8 ton/FV/ha/corte y 32.8 ton/FV/ha/corte, sometidos a la aplicación de diferentes restauradores de suelo. Estos valores están en el rango de los datos encontrados en este estudio.

La influencia de los árboles sobre la producción de las pasturas, considerando solamente la intersección de la radiación solar, se espera resulte en una reducción de la misma, porque producen sombra, reduciendo así la cantidad directa de radiación, en comparación con potreros abiertos; sin embargo, los árboles pueden ejercer otros efectos positivos, encontrándose resultados muy variables, dependiendo de las especies de pastos y árboles que son utilizados. Giraldo y Bolívar (2003), afirma que la producción de pasto aumenta cuando éstos son asociados con leguminosas, las cuales tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico que le permite a las gramíneas forrajeras un mejor desarrollo.

**3.2.2 Producción de materia seca.** El promedio de producción de MS para el sistema I fue de 3.9 ton/MS/ha/corte y para el sistema II de 4.7 ton/MS/ha/corte (Tabla 10).

**Tabla 10. Producción de materia seca/ton/ha/corte**

MS	SISTEMAS	
	Sistema I Kikuyo	Sistema II Kikuyo-Aliso
ton/MS/ha/corte	3,9	4,7

La diferencia con respecto a la producción de MS entre el sistema I y II pudo verse afectada por la producción de forraje verde, ya que en el sistema II se obtuvo un mayor promedio de producción; no obstante, como era de esperarse, en el sistema I se obtuvo un porcentaje más elevado de MS debido a que las plantas C4 responden muy bien a la radiación directa y a que tienen una capacidad limitada para aclimatarse o tolerar sombra (Franco 2009).

Pero esta diferencia en producción no puede ser explicada únicamente con la radiación ni tampoco por la humedad relativa, que aunque es baja y permite el intercambio gaseoso, no es tan grande como para justificar dichas diferencias; por lo tanto, cabe suponer que los árboles tienen influencia en la producción de los demás tratamientos, especialmente porque *Alnus acuminata* se asocia con hongos del género *Frankia*, lo que permite fijar nitrógeno a nivel del suelo y, en este sentido, favorece la producción de materia seca (Giraldo y Bolívar, 2003).

La producción de MS del sistema II fue mayor (4.7 ton/MS/ha/corte), en comparación con el sistema I (3.9 ton/MS/ha/corte), debido a la fijación de nitrógeno por parte de los actinomicetos presentes en el sistema II, los cuales aumentan la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo, por consiguiente también aumenta la materia seca, en cambio en la pradera de kikuyo, sin asocio, no se presenta este efecto, haciéndose necesaria la fertilización química con alguna fuente de nitrógeno.

Con relación a la producción de los dos sistemas, se observa una buena producción de biomasa seca de kikuyo por hectárea, con un valor de 3,9 ton/MS/ha/corte para el

sistema I y de 4.7 ton/MS/ha/corte para el sistema II, comparado con el de Navarrete (1986), quien reporta una producción de 2,1 ton/MS/ha/corte, en época de invierno, debido principalmente a las características de suelo presentes en Bogotá.

Ruiz (2007), reporta producciones de biomasa seca de 4.7 ton/MS/ha/corte y 5.6 ton/MS/ha/corte con diferentes niveles de fertilización orgánica con bovinaza, estos valores son distintos a los encontrados en este estudio.

Tapia y Rivera (2010) reportaron una producción de 10.50, 9.70 y 8.96 ton/MS/ha/corte, en Cualapud, Arvela y Santa Rosa respectivamente, localidades del municipio de Guachucal, Nariño, Colombia. Estos valores son relativamente diferentes a los encontrados en este estudio, los autores afirman que los suelos de estas regiones de Nariño tienen una capacidad de intercambio catiónico alta, lo cual hizo que esta gramínea tenga una buena disponibilidad de nutrientes disueltos en el suelo, permitiendo así la fácil obtención por parte de la planta de todos los nutrientes que se necesiten para los procesos metabólicos y fisiológicos de manera adecuada, lo que se resumió en un buen nivel productivo del pasto.

Escobar y López (2001) sostienen que la producción de kikuyo depende en gran parte de la fertilidad y humedad del suelo, con prácticas de manejo adecuadas se pueden obtener más de 20/ton/ha/año. El ICA (1987) reportó una producción de biomasa de 5-10 ton/MS/ha/año en condiciones naturales y de 20-30/ton/ha/año con buen manejo de rotación y fertilización.

**3.2.3 Altura del pasto.** Se obtuvieron diferencias estadísticas significativas (Anexo T), siendo el sistema II el mejor, con un promedio de 36,19 cm, seguido del sistema I con 23,19 cm (Tabla 11).

**Tabla 11. Altura del pasto kikuyo (cm).**

Muestras	Sistema I	Sistema II
	Kikuyo	Kikuyo-Aliso
1	28,67	38,60
2	22,50	42,70
3	14,00	20,00
4	24,60	39,65
5	26,17	40,00
PROMEDIO	23,19	36,19

La mayor altura del pasto en el sistema II probablemente se deba a que por efecto de los árboles se produjo un sombreado sobre la superficie del suelo, estimulando la absorción de nitrógeno y, por ende, el crecimiento de la planta. Además, la población microbiana se encarga de los procesos de fijación de nitrógeno, incrementando así los niveles de nutrientes solubles para la planta.

El crecimiento vertical más alto (36,19 cm) del pasto en el sistema II es producto de la interacción de los árboles y la necesidad de pasto para crecer hacia arriba en búsqueda de la luz solar. Según el CIAT (1998), el incremento de la altura de la planta puede producir sombreado en la superficie del suelo, estimulando la absorción de nitrógeno y por ende el crecimiento, tamaño foliar y biomasa total.

En estudios realizados por Ruiz (2007), utilizando reconstituyentes de suelo, reporta promedios de altura para el testigo (T0) de 13.5 cm, porquinaza (T1) de 46 cm, gallinaza (T2) de 57.3 cm, bovinaza (T3) de 53.4cm y cuyinaza (T4) de 32.1cm. Los valores encontrados en este estudio se encuentran en el rango de los datos reportados por estos autores. Pero el sistema II es mejor y se puede comparar con el T4 (cuyinaza), lo que implica que el asociado con *A. acuminata* sí presenta beneficios en cuanto a altura del pasto.

Diannelis *et al* (1994) reportan promedios de altura por corte obtenido para pasto kikuyo de 20 cm para los tratamientos con macronutrientes, y en presencia de microelementos fue de 22 cm. La mayor altura (45 cm) correspondió al tratamiento con

micronutrientes; las menores se encontraron en los testigos (sin fertilización química), con valores de 10 cm.

Bernal (1994) afirma que el Kikuyo es una planta perenne y con hábitos de crecimiento rastrero, se propaga por medio de semillas, rizomas y/o estolones; sus tallos son suculentos, las hojas de un verde brillante y sin pubescencia, excepto en los márgenes, presenta raíces profundas que se forman en los nudos de los rizomas; algunos tallos crecen erectos o semirrectos, pudiendo alcanzar alturas de hasta 60 cm.

**3.2.4 Abundancia y peso de nódulos.** La Tabla 12 muestra abundancia y peso de los nódulos encontrados en la raíz del aliso.

**Tabla 12. Cantidad y peso de los nódulos en la raíz de Aliso (*Alnus acuminata*)**

Muestra	Número de nódulos/árbol	Peso: g/nódulos
Muestra 1	2006	9,4
Muestra 2	19044	86,65
Muestra 3	10531	53,70

La mayor cantidad y peso de nódulos encontrados correspondió a la muestra 2, correspondiente a una zona ubicada en la parte más húmeda del sistema SSP, considerada como la parte baja, en la cual hubo un desarrollo del pasto con mayor altura y producción. La muestra de menor cantidad de nódulos y peso correspondió a la muestra 1, zona del lote en donde el pasto presentó menos altura y producción. Todos los nódulos encontrados presentaron lóbulos pequeños que, en su conjunto, son del tamaño de una mora de castilla, con una coloración marrón.

Es probable que la humedad influyera en la mayor cantidad de nódulos encontrados (Anexo AA), igualmente estos nódulos actúan directamente con el tamaño del pasto por incorporación de nitrógeno fijado a causa del microorganismo actinomiceto.

El establecimiento y mantenimiento de grandes poblaciones de *Frankia* en los ecosistemas de suelos y la rizosfera son influenciados por el agua que se mueve en el suelo después de una lluvia, el cual transporta las esporas, debido a que ellas son

pequeñas y abundantes, contribuyendo a la propagación de *Frankia* en un ecosistema (Acosta Moncayo, 2002).

**3.2.5 Composición florística de la pradera.** En el sistema I se identificaron las siguientes especies de conteo:

**Tabla 13. Cantidad de especies de conteo en el sistema I/m<sup>2</sup>**

Especie	Nº Plantas/Muestreo						Total	Nº de plantas/m <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6		
Alcaparro <i>Capparis spinosa</i>	1	0	3	0	1	0	5	5/m <sup>2</sup>
Bolsa del pastor <i>Capsella bursa-pastoris</i>	3	1	0	4	1	2	11	11/m <sup>2</sup>
Empanaditas <i>Desmodium Tortuosum</i>	4	3	2	5	1	0	15	15/m <sup>2</sup>
Alverjilla <i>Vicia faba</i>	5	2	3	4	1	1	16	16/m <sup>2</sup>
Verbena <i>Verben hispida</i>	1	2	0	3	4	5	15	15/m <sup>2</sup>
Platanillo <i>Oxalis corniculata</i>	0	2	3	1	0	3	9	9/m <sup>2</sup>
Diente de León <i>Taraxacum officinalis</i>	3	3	1	4	1	2	14	14/m <sup>2</sup>
Comezón <i>Cissus sicyoides</i>	1	0	0	2	1	2	6	6/m <sup>2</sup>
Pensamiento silvestre <i>Viola odorata</i>	2	1	0	0	0	3	6	6/m <sup>2</sup>
Reventador <i>Onoseris sp.</i>	1	2	0	2	1	3	9	9/m <sup>2</sup>
Barrabasillo <i>Rumex acetocella</i>	4	2	1	0	1	2	10	10/m <sup>2</sup>

En el sistema I se identificaron las siguientes especies de cobertura:

**Tabla 14. Porcentaje de especies de cobertura en el sistema I/m<sup>2</sup>**

Especie	Nivel	%/muestreo	Categoría
Falsa poa <i>Holcus lanatus</i>	1º	6%	Insignificante
Orejuela <i>Archemisa orviculata</i>	1º	15%	Insignificante
Trébol blanco <i>Trifolium repens</i>	2º	25%	Escasa
Trébol amarillo <i>trifolium álbum</i>	1º	10%	Insignificante

En el sistema II se identificaron las siguientes especies de conteo:

**Tabla 15. Cantidad de especies de conteo en el sistema II/m<sup>2</sup>**

Especie	Nº Plantas/Muestreo						Total	Nº de plantas/m <sup>2</sup>
	1	2	3	4	5	6		
Empanaditas <i>Desmodium Tortuosum</i>	5	3	4	5	1	2	20	20/m <sup>2</sup>
Alverjilla <i>Vicia faba</i>	4	5	8	4	10	1	32	32/m <sup>2</sup>
Verben <i>Verbena Hispida</i>	0	2	1	3	0	3	9	9/m <sup>2</sup>
Platanillo <i>Oxalis corniculata</i>	1	0	3	2	1	0	7	7/m <sup>2</sup>
Diente de León <i>Taraxacum officinalis</i>	2	2	3	4	1	2	14	14/m <sup>2</sup>
Barrabasillo <i>Rumex acetocella</i>	1	1	3	2	1	3	11	11/m <sup>2</sup>
Ibilan <i>Monnina aestuans</i>	1	2	0	4	3	1	11	11/m <sup>2</sup>
Pecosita lilium sp.	3	1	2	0	0	1	7	7/m <sup>2</sup>
Lengua de vaca <i>Rumex crispus</i>	3	0	3	2	1	0	9	9/m <sup>2</sup>
Fumaria <i>Spergula arvensis</i>	0	2	1	4	0	1	8	8/m <sup>2</sup>
Achicoria Cichorium sp.	2	4	2	3	0	0	11	11/m <sup>2</sup>
Yerba mora <i>Solanum nigrum</i>	4	3	2	4	2	3	18	18/m <sup>2</sup>

En el sistema II se identificaron las siguientes especies de cobertura.

**Tabla 16. Porcentaje de especies de cobertura en el sistema II/m<sup>2</sup>**

Especie	Nivel	%/muestreo	Categoría
---------	-------	------------	-----------

Falsa poa <i>Holcus lanatus</i>	1º	15%	Insignificante
Orejuela <i>Archemisa orviculata</i>	1º	10%	Insignificante
Trébol blanco <i>Trifolium repens</i>	2º	35%	Escasa
Trébol amarillo <i>trifolium álbum</i>	35º	25%	Escasa

Son importantes porque permiten estimar en forma general algunas características químicas del suelo.

### 3.3. VARIABLES PRODUCTIVAS

#### 3.3.1 Incremento de peso. No se encontraron diferencias estadísticas significativas (Anexo U).

Los promedios encontrados para el sistema I fueron de 733 g/día y para el sistema II de 893 g/día (Tabla 17).

**Tabla 17. Incremento de peso/animal/día (g).**

PERIODO	Sistema I	Sistema II
	Kikuyo	Kikuyo-Aliso
	g	g
I	800	1186
II	666	600
<b>PROMEDIO g/día</b>	<b>733</b>	<b>893</b>

Sin embargo, el mayor promedio de incremento de peso en las novillas se presentó en el sistema II, donde el pasto kikuyo tuvo una mayor producción de materia seca: 4.7 ton/MS/ha/corte en comparación con el sistema I que produjo 3.9 ton/MS/ha/corte, proteína cruda: 397.80 kg/ha para el sistema I, y en el sistema II 536.27 kg/ha, fósforo: 11.70 kg/ha para el sistema I, y en el sistema II 18.30 kg/ha y hierro: 9.47 kg/ha para el sistema I, y en el sistema II 11.93 kg/ha, componentes básicos en el crecimiento de un animal. De forma contraria, el pasto en monocultivo tuvo menores contenidos de materia seca, proteína, fosforo y hierro, entre otros. Es probable, además, que el SSP brindó un mejor confort (bienestar animal) y los animales pastorearan en un ambiente más agradable.

González y Quintero (2005) afirman que las novillas, al momento de su primer parto, deben tener aproximadamente el 80-85% de su peso corporal adulto, es decir, para una vaca de 500 kg, debería tener aproximadamente 400-425 kg. Por ejemplo, según las recomendaciones de los países templados, la edad al primer parto en novillas lecheras debe ser alrededor de 24 meses, lo que da un total de 730 días (24 x 30) para levantar la novilla; si debe tener 425 kg, se debe mantener una ganancia de peso promedio aproximada de 600 gramos/día. Esta afirmación corrobora lo obtenido en la presente investigación, donde se obtuvo promedio de 893 gramos/día para el sistema kikuyo-aliso.

Según Campabadal (2004), el período de los diez meses de edad al primer servicio en las novillas depende de la edad y peso de la novilla al primer servicio. Se ha establecido como un sistema adecuado para condiciones tropicales que la edad y el peso para animales de razas grandes sea entre 14 a 16 meses, con un peso mayor de 350 kg, mientras que para razas pequeñas entre los 13 a 15 meses, y con un peso superior a 275 kg.

Además, el consumo de forraje para las novillas de los 13 a los 24 meses debe ser entre un 1.8 a 1.9% de su peso, en materia seca de forraje, y que el forraje represente un 80 a 85% del total de la materia seca de la ración (Campabadal, 2004).

**3.3.2 Consumo de materia seca.** No presentó diferencias estadísticas significativas (Anexo V). La Tabla 18 muestra que el promedio de consumo de MS, por animal, para el sistema I fue de 7,75 kg/MS/animal/día, y para el sistema II de 10,98 kg/MS/animal/día.

**Tabla 18. Consumo de materia seca animal/día (kg/a/d).**

	<b>Sistema I Kikuyo</b>	<b>Sistema II Kikuyo-Aliso</b>
consumo total día/kg	38,76	54,89

consumo animal día/kg	7,75	10,98
-----------------------	------	-------

El sistema II presentó un promedio mayor de consumo de MS. El consumo pudo disminuir por diversos factores, tales como contenidos de FDA, proteína cruda del forraje, producción de forraje verde, mayor tamaño de hojas, entre otros. Esto conlleva a que el sistema II, por la oferta de MS que presentó esta pradera, el promedio de consumo por parte de los animales sea mayor, comparado con el consumo de materia seca en el sistema I.

Rosero y Mora (2010), en estudios realizados en la Granja Experimental de FEDEPAPA, ubicada en el corregimiento de Obonuco, reportan valores de consumo de materia seca de 10,61 kg/MS/animal/día para el T2 cuya suplementación consistió de 5 kg de papa richie y 200 g de melaza y 12,79 kg/MS/animal/día para el T7 cuya suplementación fue con 4 kg de papa richie, 6kg de follaje de acacia y 200 g de melaza.

### 3.4. PERFILES METABÓLICOS:

**3.4.1 BUN.** No se encontraron diferencia estadística significativa (Anexo W). Los promedios encontrados para el sistema I fueron de 12,23 mg/dl y para el sistema II de 9,95 mg/dl (Tabla 19).

**Tabla 19. Contenido BUN (mg/ dl).**

BUN	Sistema I	Sistema II
	Kikuyo	Kikuyo-Aliso
PERIODO	mg/ dl.	mg/ dl.
I	14,20	13,31
II	10,26	6,60
<b>PROMEDIO</b>	<b>12,23</b>	<b>9,95</b>

La diferencia entre el sistema I y II (2.28 mg/dl) se debió probablemente a que en la pradera del sistema I se manejó anteriormente a este estudio un plan de fertilización con alguna fuente de nitrógeno, cosa contraria con el sistema II, el cual carecía de planes de fertilización química.

Los niveles de nitrógeno uréico en sangre (BUN) pueden utilizarse como herramienta para estimar el estado de la nutrición energético-proteínica del ganado. Para el sistema I y el II, los datos se encuentran dentro de los valores normales para novillas que, según Hammond (1998), están entre 7 mg/dL y 19 mg/dL.

En novillas, las concentraciones de nitrógeno uréico por debajo de 7 mg/dL indican deficiencias de proteína (nitrógeno) en la dieta con relación al consumo de energía digestible. Las concentraciones de nitrógeno uréico mayores de 19 mg/dL se han asociado con una reducción de las tasas de concepción y preñez.

Di Michele *et al* (2002) reportan valores para BUN de 10,0 y 19,3 mg/ dL, para vacas Holstein en Venezuela. Los valores reportados en este estudio se encuentran en el rango reportado por los autores mencionados.

López *et al* (2009), en estudios realizados en el municipio de Guachucal (Nariño), reportaron valores de nitrógeno ureico de 8 mg/dL a 18 mg/dL. Los valores reportados están en el rango de los encontrados en este estudio.

Valores de referencia reportados por López *et al*(2009), muestran un valor de  $16.14 \pm 6.12$  mg/dL.

Según Moncada (1994), la mayoría de los forrajes de nuestras praderas son pobres en proteína, calcio y fósforo, deficiencias que se relacionan con alteraciones reproductivas. Las raciones pobres en proteína, con bajos niveles de nitrógeno no proteico y de proteína degradable en el rumen, presentan una reducción de la digestibilidad, disminuyendo el flujo de proteína microbiana, lo que trae como consecuencia un retardo en el crecimiento de las novillas y un reinicio tardío de la actividad ovárica postparto.

López *et a*, (2009), argumenta que niveles elevados de urea, superiores a 16 mg/dl, indican una sobrealimentación con proteína o una mala relación entre la energía de los carbohidratos (bajos niveles de energía) y la proteína; niveles inferiores a 12 mg/dl indican una subalimentación de proteína total o una inadecuada relación proteína energía, tanto a nivel ruminal como tisular. López *et al*(2009), afirman que la

concentración sanguínea de urea está relacionada con el consumo de proteína en la ración, en especial proteína degradable y el contenido de nitrógeno no proteico. La disminución en la urea estaría relacionada con un bajo consumo de proteína en la ración

**3.4.2 Cuerpos Cetónicos.** La prueba realizada para el sistema I y Ildio como resultado negativa, esto probablemente se deba a que esta patología se presente más en vacas después del parto, cuando éstas no logran obtener la energía suficiente del alimento que consumen y la reserva de grasa es utilizada para cubrir la falta de energía.

**Tabla 20. Contenido de cuerpos cetónicos.**

CUERPOS CETÓNICOS	Sistema I	Sistema II
	Kikuyo	Kikuyo-Aliso
<b>PERIODO</b>		
I	-	-
II	-	-

Probablemente, la prueba resultó negativa porque las novillas se encontraban en una condición corporal óptima (>3), lo cual les permitió obtener la energía necesaria del alimento consumido, impidiendo así la movilización de las reservas de grasa para dicho fin. Además, la presencia de cuerpos cetónicos se da cuando existen patologías de tipo metabólico y nutricional.

Aranis (2003), señala que el aumento en la síntesis de cuerpos cetónicos se produce en el rumiante por un variado número de causas, siendo el ayuno prolongado la causa más común; al existir una falta de ingesta alimenticia, se produce movilización grasa, con el consecuente aumento en los valores sanguíneos de los cuerpos cetónicos y, por lo tanto, del b-HBA, lo que explicaría su aumento durante períodos prolongados de ayuno.

**3.4.3 Albumina.** No presentó diferencias estadísticas significativas (Anexo X).

Para el sistema I, el promedio fue de 3.03 g/dl, y para el sistema II de 3.11 g/dl (Tabla 21).

**Tabla 21. Contenido de albumina (g/dl)**

ALBUMINA	Sistema I	Sistema II
----------	-----------	------------

	Kikuyo	Kikuyo-Aliso
PERIODO	g/dl	g/dl
I	2,66	3,66
II	3,40	2,56
<b>PROMEDIO</b>	<b>3,03</b>	<b>3,11</b>

Probablemente, el porcentaje de proteína encontrado en el pasto, tanto para el sistema I (10.20%) como en el sistema II (11.41%), incidió directamente sobre los contenidos de albúmina, ya que una deficiencia en los aportes de proteína conlleva a una baja en el contenido de albúmina.

Los promedios obtenidos para los sistemas I y II se encuentran dentro de los valores de referencia reportados por López *et al* (2009), quienes afirman que están entre 3 g/dl y 4.4 g/dl. Valores por debajo de 3 g/dl indican una deficiencia dietaria de proteína.

Campos *et al* (2004) reportan valores de albúmina de 2.06 g/dl para novillas. Este valor difiere del reportado en este estudio, esto puede originarse por la baja ingestión de proteína, como la más probable causa de la baja albuminemia. Normalmente la albúmina sérica disminuye después del parto y recupera sus niveles a medida que la lactación avanza. Otras causas de la disminución de la albúmina puede ser la falta de aminoácidos adecuados en la gastroenteritis, la rapidez del movimiento y posiblemente la mala digestión contribuyen a una pérdida mayor.

López *et al*, (2009), asegura que esta proteína se sintetiza en el hígado, la disminución en su concentración plasmática refleja condiciones de insuficiencia hepática y un pobre suministro de aminoácidos en la dieta; sus valores normales son de 3.0 a 4.2 g/dl.

La diferencia entre las proteínas totales y la albumina indican la concentración de globulinas. La causa más común de un aumento de globulinas es por inflamación crónica.

### 3.4.4 Creatinina. No se encontraron diferencias estadísticas significativas (Anexo Y).

El promedio para el sistema I fue de 1,11 mg/dl, y para el sistema II de 0,98 mg/dl (Tabla 22).

**Tabla 22. Contenido de creatinina (mg/dl)**

CREATININA	Sistema I	Sistema II
	Kikuyo	Kikuyo-aliso
PERIODO	mg/dl	mg/dl
I	1,28	0,95
II	0,93	1,01
PROMEDIO	1,11	0,98

Los promedios de creatinina en el sistema I (1.11mg/dl) y sistema II (0.98mg/dl) indican que los animales se encuentran en una condición corporal óptima (>3), ya que se considera valores de 0,8 mg/dl a 1.4 mg/dl como normales (Hammond,1998). Posiblemente, el bajo valor de creatinina esté asociado con la pérdida de la condición corporal, porque la movilización de tejido adiposo y muscular pudo ocasionar la caída de la creatinina por aumento de la tasa de excreción durante el período de pérdida de condición corporal (Campos *et al*, 2007).

La creatinina es un indicador de la función renal y del catabolismo muscular, y sus valores pueden aumentar con el ejercicio. Magnifico *et al* (1979), reportaron un valor de 1,32 mg/dl en animales de 196 días después del destete, mientras que Magnifico *et al* (1979), reportaron en animales adultos valores de 0,87 y 0,93 mg/dl respectivamente. Los valores reportados en este estudio se encuentran en el rango de los valores reportados por dichos autores.

En estudios realizados por López *et al* (2009), en dos fincas diferentes del municipio de Guachucal, se reportaron valores para creatinina de  $0.87 \pm 0.22$  mg/dl (finca A) y  $1.11 \pm 0.56$  mg/dl (finca B).

**3.4.5 Proteínas totales.** No se hallaron diferencias estadísticas significativas (Anexo Z). Los promedios para el sistema I fue de 6,18 mg/dl y para el sistema II de 6,55 mg/dl (Tabla 23).

**Tabla 23. Contenido de proteínas totales (mg/dl)**

PROTEÍNAS TOTALES	Sistema I	Sistema II
	Kikuyo	Kikuyo-Aliso
PERIODO	mg/dl	mg/dl
I	7,08	6,20
II	5,28	6,90
PROMEDIO	6,18	6,55

Los promedios para proteínas totales en el sistema I (6.18 mg/dl) y en el sistema II (6.55 mg/dl) pueden obedecer a los contenidos de proteína de las pasturas, ya que la pradera del sistema I (10.20%) tiene diferente calidad nutritiva que la pradera del sistema II (11.41%), la cual presentó un mejor contenido de nutrientes disponibles para los animales.

López *et al* (2009), argumentan que los valores para proteínas totales se encuentran entre 6.8 mg/dl a 8.0 mg/dl. Campos *et al* (2007) afirma que una disminución en los niveles de las proteínas totales se debe siempre a un nivel bajo de la albúmina, acompañado, ya sin incremento, del nivel de globulina, o por un incremento en el nivel de globulina, que es menor que el descenso en el nivel de albúmina. Por lo tanto, la relación A-G disminuye. Esto puede ocurrir por: pérdida de albúmina en orina por nefrosis, pérdidas de proteínas plasmáticas por hemorragias, falta de ingestión de cantidades adecuadas de proteínas en la dieta, incapacidad del hígado para producir albúmina por hepatitis o cirrosis hepática. Un bajo nivel de proteínas en la sangre origina una reducción en la presión osmótica coloidal del plasma que puede producir edema.

Di Michele *et al* (2002), en estudios realizados en Venezuela, en época de verano, reportan valores de 6,82 mg/dl para vacas Holstein. Este valor es distinto al reportado en este estudio.

### 3.5. Productividad del sistema silvopastoril

**3.5.1 Volumen de Biomasa y rentabilidad.** Con el propósito de obtener productividad del sistema I (kikuyo) frente al sistema II (SSP), se tomó como indicadores: producción de biomasa fresca (verde), porcentaje de biomasa seca, producción biomasa seca del pasto kikuyo, Ingreso económico por valor del kg de biomasa fresca, además de la ganancia de peso en las novillas Holstein.

**Tabla 24. Producción de biomasa verde, biomasa seca y su rentabilidad.**

Indicadores	Unidades	Sistema I Kikuyo	Sistema II Kikuyo-Aliso
Producción biomasa verde	kg /ha	13900	19640
Biomasa seca	% (porcentaje)	27,93	23,78
Producción materia seca	kg / ha	3900	4700
Costo kg /biomasa verde	\$ (pesos)	20	20
Rentabilidad kg/biomasa/verde/ha/corte	\$ (pesos)	278.000	392.800
<b>Diferencia</b>	<b>\$ (pesos)</b>	<b>----</b>	<b>114.800</b>

Observándose mayor volumen de biomasa fresca en el sistema II (SSP), con 5730 kg/ha/Corte), que en pesos se traduce en \$ 114.800 de ganancia comparada con el sistema I (kikuyo). Esto por corte, en el caso de realizar 7 cortes al año, se obtendría: \$ 802.200 a favor del sistema II.

**3.5.2 Capacidad de Carga.** En el presente experimento se encontraron los siguientes valores:

**Tabla 25. Capacidad de carga UGG.**

Indicadores	Unidades	Sistema I Kikuyo	Sistema II Kikuyo-Aliso
Producción biomasa verde	kg /ha	13900	19640
Consumo de Biomasa fresca	Kg/fv/año	10585	10585
(CC) =Kg/vf/ha/año(5cortes)/ Consumo kg/vf/año	U.G.G	5,99	8,3

Se observa que en el sistema II (SSP), se puede mantener mayor número de animales /área (aproximadamente 2 novillas más), esto por presentar mayor producción de forraje verde en el sistema II así como mayor altura del pasto.

**3.5.3 Volumen de carne y rentabilidad.** Con el fin de comparar la producción de carne de los animales en el sistema I (kikuyo) con el sistema II (SSP), se muestra los resultados de la siguiente manera:

**Tabla 26. Volumen de carne y rentabilidad en novillas.**

Variable	Sistema I Kikuyo	Sistema II Kikuyo-Aliso
Peso promedio de los animales	270 kg	270kg
Incremento de peso al día	733 g	893 g
Incremento de peso anual	267545 g 267,5 Kg	325945 g 325,9 Kg
Diferencia en Peso		58,4 kg
Valor kg Carne/ Pie \$ 2600 / kg	\$ 695500	\$ 847340
<b>Diferencia a favor</b>		<b>\$ 151840</b>

Nos muestra que los animales que pastorearon el sistema II (SSP), obtiene mayor volumen de carne: 58,4 kg / animal, que ponderado a varios animales resulta importante.

Además muestra que en los animales que pastorearon el sistema II (SSP), se obtiene mayor diferencia (\$ 151840), que los animales que pastorearon el sistema I, asumiendo un costo de \$ 2600/kg/ pie.

## **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. CONCLUSIONES**

El Pasto Kikuyo *Pennisetum clandestinum* en el SSP, a pesar de que la época experimental fue verano, permaneció en mejores condiciones por la presencia del aliso *Alnus acuminata*; comparativamente con la pradera en monocultivo.

Algunas características agronómicas como producción de forraje verde, producción de materia seca y altura del pasto en el SSP, fueron mejores que las presentadas en la pradera de monocultivo.

La cantidad de proteína, extracto etéreo y algunos minerales como el fósforo presente en el pasto kikuyo del SSP, fue comparativamente más alta que las obtenidas en el pasto kikuyo.

De igual manera el pasto en el SSP presentó mayor disponibilidad de fósforo que el pasto en monocultivo, esto contribuye a obtener un forraje de mejor calidad para alimentación de novillas.

De igual manera, las novillas que pastorearon el sistema II (SSP), mostraron mejores valores en cuanto a proteínas totales y albumina que los animales que pastorearon el sistema I (kikuyo), alcanzando mejores ganancias de peso en el tiempo que duro el experimento.

A pesar de la edad avanzada del pasto kikuyo se observó rápida recuperación de la pradera del SSP, después del pastoreo, por la presencia de aliso.

En cuanto a la productividad de biomasa fresca del pasto y volumen de carne en novillas que pastorearon el SSP, se obtuvo mayor ganancia monetaria comparada con el sistema monocultivo.

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

Evaluar alternativas de asocio de *Alnus acuminata* con gramíneas forrajeras, diferentes al *Pennisetum clandestinum* para la alimentación animal.

Ampliar estudios sobre Frankia y su asociación con otro tipo de especies vegetales de importancia silvoagrícola.

Realizar investigación nutricional del pasto kikuyo proveniente de un SSP con especies menores con el propósito de determinar un mejor balanceamiento de la dieta alimenticia.

Fomentar investigaciones para cuantificar la disminución de gases de efecto invernadero dentro del sistema silvopastoril con aliso en el departamento de Nariño.

## **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 zona de ladera. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias pecuarias. 2002. p. 95.

AGUILAR; MORENO; PABÓN; CARULLA. Efecto del consumo de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) o raigrás (*Lolium hybridum*) sobre la concentración de ácido linoléico

conjugado y el perfil de ácidos grasos de la grasa láctea. En: Livestock Research for Rural Development, Vol. 21, N<sup>o</sup>. 4. 2009. p.12.

ANALAC.Memorias Técnicas –Bogotá. 2007.

AÑAZCO, M. El Aliso. *Alnus acuminata*. Proyecto desarrollo forestal campesino en los Andes de Ecuador (DFC). Quito, Ecuador, 1999. p.166.

APRÁEZ, E y MONCAYO, O. Caracterización agronómica y bromatológica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) sometida a rehabilitación mediante labranza y fertilización orgánica y/o mineral. [Online] 2009. [Citado octubre 7/2010]. Disponible en internet: <http://www.virtualcentre.org/es/enl/keynote14.htm>.

ARANIS, A. Efecto de dos densidades de carga sobre indicadores sanguíneos de estrés, en novillos transportados por tres horas vía terrestre. Universidad austral de Chile facultad de ciencias veterinarias instituto de ciencias clínicas veterinarias. 2003. p. 65; 75.

BACH, A; CASAMIGLIA, S. La fibra en los rumiantes: Química o Física. XXI Curso de especialización FEDNA. Grupo de Investigación en Nutrición, Manejo y Bienestar Animal IRTA. Unidad de Rumiantes. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona (España). 2006. p.101.

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

BOUDA, J. GUTIERREZ, C. SALGADO, G. KAWABATA, C. Monitoreo, Diagnostico y prevención de trastornos metabólicos en vacas lecheras. Facultad de medicina Veterinaria. UNAM. 2007.

BUILES, A; GÓMEZ, M Y GIRALDO, L. Evaluación de la producción y calidad de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) asociado con árboles de Aliso *Alnus acuminata* H.B.K. en bmh-PM. TesisZootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 2004. p.105.

BUXADÉ, C. Zootecnia: Bases de Producción Animal. Tomo XI: producciones equinas y de ganado de lidia. Ed. Mundi Prensa, Madrid. 1997. p. 65.

CAMPOS R; CUBILLOS C; RODAS Á. Indicadores metabólicos en razas lecheras especializadas en condiciones tropicales en Colombia. En: Acta Agronómica. 2007. Vol. 56, Nº. 2, p. 8; 11.

CAMPOS, R; CARREÑO, E; GONZÁLEZ, F. Perfil metabólico de vacas nativas colombianas. En: Revista Orinoquia. 2004. Vol. 8, Nº. 2, p. 39.

CAMPABADAL, C. Los programas de alimentación para terneras y novillas de reemplazo destinadas a la producción de leche. 2004.

CÁRDENAS, E. Evaluación de una alternativa para disminuir el impacto ambiental que causan los Fertilizantes nitrogenados en las pasturas de clima frío en Colombia. Tesis de Maestría en Medio ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 2003.

CATIE, J. (*Alnus acuminata* ssp. *arguta*). Especie de árbol de uso múltiple en América Central. Colección de Guías Silviculturales 18. Serie Técnica. Informe Técnico 248. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1995. p.40.

CHURCH, D. El rumiante. Fisiología digestiva y nutrición. Traducido por Pedro Ducar Maluenda. Zaragoza, España. 1993. p. 386; 456; 418

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Establecimiento y renovación de pasturas. Veracruz, México: CIAT. 1998. p. 426.

CIPAV. (Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria). Cali, 2003.

COLOMBATTO, D. Análisis de alimentos: Aplicaciones prácticas. Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. 2007. P.2.

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

CORREA, H; CARULLA, J.; PABÓN, 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. Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 2008. P. 2; 22; 27.

CORREA, H. Cinética de la liberación ruminal de macrominerales en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cosechado a dos edades de rebrote. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 2006. p.3.

DIANNELIS, C; URBANO, Y; ARRIOJAS, I y DÁVILA, C. efecto de la fertilización en la asociación kikuyo-alfalfa (*Pennisetum clandestinum- Medicago sativa*). Producción de materia seca, altura y relación hoja/tallo. 1994. Zootecnia Tropical., vol. 12(2): p. 281-306.

DI MICHELE, R,; OTAIZA, E y VALERI, H. Valores hematológicos y de la química sanguínea en bovinos de los estados Carabobo y guarico III. Proteínas séricas, nitrógeno ureico y creatinina. En: Revista Agronomía Tropical. 2002. Vol. 28, Nº.3, p. 233-248.

ESCOBAR, E.; LOPES, A. Valoración nutritiva del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cultivado en un sistema de labranza mínima en el levante y engorde de cuyes (*Cavia porcellus*). Pasto, Colombia. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. 2001. p.57. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).[On line] 2009. [Citado Octubre 6/2010].Disponible en internet: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/ produ/papa.htm>.

Federación Nacional de Ganaderos de Colombia (Fedegán). Ministerio De Agricultura.

Colombia, 2009.

FRANCO, H. incidencia de la densidad arbórea de aliso (*Alnus acuminata*) sobre la cantidad y calidad Nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en un sistema silvipastoril. Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Facultad de Agronomía. E-mail: [mhfrancov@unal.edu.co](mailto:mhfrancov@unal.edu.co).

FRANCO, M; RODRIGUEZ, F; LESMES, J. Incidencia de la densidad arbórea de aliso (*Alnus acuminata*) sobre la cantidad y calidad nutricional del pasto kikuyo (*Penicetum clandestinum*) en un sistema silvopastoril. 2008. p. 2; 3.

GALVEZ, A. Seguridad alimentaria animal: ruta de investigación. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias. 2006. p.3.

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

GARCIA,D. Principales factores antinutricionales de las leguminosas forrajeras y sus formas de cuantificación. En: pastos y forrajes. 2 ed. Venezuela, 2004. p.101.

GIRALDO, L y BOLÍVAR D. Evaluación de un Sistema Silvopastoril de *Acacia decurrens* Asociada con Pasto kikuyo *Pennisetum clandestinum*, en Clima Frío de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Medellín, Colombia. 2003.p. 6; 7.

GONZÁLEZ, D, QUINTERO, A. Manejo de las novillas de reemplazo. Unidad de Investigación en Producción Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. [dgonzale@luz.edu.ve](mailto:dgonzale@luz.edu.ve).

HAMMOND, A. Uso de los niveles de nitrógeno uréico en sangre (BUN) y leche (MUN) como guía para la suplementación proteica y energética en bovinos. En: revista Corpoica, ciencia y tecnología agropecuaria. 1998. Vol. 2, N°. 2, p. 44; 48.

HERDT. Perfil metabólico obtenido de pool de sueros o de muestras individuales. Red de revistas Científicas de América Latina y el Caribe Universidad de Córdoba. España. 2000. p. 113-116.

HERNÁNDEZ, B. Manual de alimentación y nutrición del ganado. Madrid, España. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. 1995. p. 39.

HUTJENS, M. Occasional Publication. Minn.-Iowa-Illi.-Wis. Extension Service. 1990.

ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) .Pastos mejorados. Pasto, 1983.

IGUA y LOMBANA, T. Evaluación del crecimiento inicial de aliso (*Alnus acuminata* h.b.k.) bajo el efecto de *Frankia alni*, hongos formadores demicorriza arbuscular y fertilización química con nitrógeno en Condiciones de invernadero en el municipio de Pasto, departamento de Nariño. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. 2008. p. 95.

JOJOA, L; SILVA, J. Determinación de factores edafoclimáticos que afectan la productividad del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en condiciones naturales en la zona rural del municipio de Ipiales y el municipio de Aldana, departamento de Nariño. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Pasto. Colombia. 2009. p. 39.

LOPEZ, E; ORTIZ, J; SALAS, S. Estudio comparativo de perfiles metabólicos de vacas lecheras en tres etapas de producción, en dos fincas con diferentes sistemas de fertilización de praderas en el municipio de Guachucal departamento de Nariño. Universidad de Nariño. Especialización en salud y producción sostenible del hato lechero. Pasto. Colombia. 2009. p. 21; 26; 27; 29; 38; 41; 43.

MACHADO, D. y DÁVILA, C. Efectos de la fertilización con N, P, K, micronutrientes y gallinazo en el establecimiento de la asociación de alfalfa (*Medicago sativa*) y kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Mérida. Venezuela. 1997. p. 6.

MAGNÍFICO, P, OTAIZA E y CUMARE V. Concentración de hemoglobina nitrógeno ureico y creatinina en bovinos lecheros de la zona centro-occidental de Venezuela. En: Revista Agronomía Tropical. 1979. Vol.29, Nº. 3, p. 231-249; 7.

MERA, R. y RUALES, J. 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. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias pecuarias. 2007. p. 48.

MILA, A. suelos, pastos y forrajes. UNISUR. Facultad de ciencias agrarias. Santafe de Bogota, D.C., 1996. Editorial UNISUR.1993. Reimpresión. 1996. p. 26; 32; 96; 102.

MILES, N; THURTELL, L; RIEKERT. Quality of Kikuyu herbage from pastures in the Eastern Cape coastal belt of South Africa. South African Journal of Animal Science. 30 (Supplement 1). 2000 p. 85 – 86.

MONCADA, E. El clima, la nutrición y la reproducción de bovinos en regiones tropicales. En: Memorias del II Seminario Internacional «Manejo de la reproducción en condiciones tropicales». CIPEC. Cartagena de Indias, 1994 octubre 12-14.

MUÑOZ, E y PUPIALES, S. Evaluación del estado actual del nitrógeno en el arreglo silvopastoril aliso (*Alnus jorullensis* HB y K) kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chiov.) En el altiplano de Pasto. Universidad de Nariño. 2010. p. 4.

MUÑOZ, J. evaluación de la infectividad y efectividad en la fijación de nitrógeno en la simbiosis de *Frankia brunchorstii* con laurel de cera (*Myrica pubescens* H &B ex WILLDENOW). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias Agrícolas. Ingeniería Agroforestal. 2003. p. 45.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) The nutrient requirement of dairy cattle. Seventh edition; National Academy Press, Washington, D. C. 2001. P. 381.

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

NAVARRETE, G. Respuesta del pasto kikuyo a la aplicación de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno. Bogotá, Colombia: Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. 1986. p. 120.

NAVIA, J. RESTREPO, J, VILLADA, OJEDA, P. Agroforestería. Opción tecnológica para el manejo de suelos en zonas de ladera. FIDAR. Cali. 2003. p. 78-9.

Nova Genera et Species Plantarum. Vol: 2. Nº: 20. 1817. Disponible en internet: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/9-betul1m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/9-betul1m.pdf)

OETZEL, G, R, Herd –based biological testing for metabolic disorders. American associated of bovine practitioners annual, conference, Vancouver. 2001.

ORSKOV, O. nutrición proteica de los rumiantes. España: Acribia, 1982. p. 56.

PABON, M. Profesora Facultad Ciencias y Codirectora Grupo Investigación en Nutrición Animal Universidad Nacional – Colombia. Leche con propiedades nutracéuticas perspectivas para Colombia. Seminario Internacional de competitividad de leche y carne. Colanta. Medellín. Colombia. 2008.

PAYNE, L. D. Chemical constituents of Erythrina: historical perspective and future prospects. Paia, U.S.A. Nitrogen Fixing Trees Association. 2004. Pg 314-321.

PERALTA, O. Recuperación de pasturas degradadas.. Técnico de la Fundación Yvy Porã- Producción Sustentable. Argentina. 2002

PÉREZ E, ARBELÁEZ. Plantas útiles de Colombia. Medellín 1990

PEZO, D. e IBRAHIM, M. Sistemas silvopastoriles. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. Proyecto agroforestal (CATIE/GTZ). Turrialba, Costa Rica. 1999. p. 4

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

QUIROGA, D.; BARRETO, A. Respuesta en rendimientos y calidad de una pradera de kikuyo degradada a tratamientos de mecanización y aplicación de compost en la sabana de Bogotá. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 2002. 77p.

RESTREPO, G. Inefectividad y efectividad de los actinomicetos del genero *Frankia* asociados con *Alnus acuminata* ssp. *Acuminata* en Colombia. En: crónica forestal y del medio ambiente. Diciembre. Vol. 12. N°. 1. Universidad nacional de Colombia. 1997. p. 2.

ROSERO Y MORA. Evaluación del manejo de los residuos de papa richie (*Solanum tuberosum*) y acacia negra (*Acacia decurrens*) como alternativa de suplementación para novillas de levante holstein en el trópico de altura de Nariño. UNIVERSIDAD DE NARIÑO. 2010. p.55.

RUIZ, A. Respuesta del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) a la aplicación de diferentes restauradores del suelo. Trabajo de grado (Zootecnista.) Universidad de Nariño. Facultad de ciencias Pecuarias. 2007. p.55

RUSSO, R. Evaluating *Alnus acuminata* as component in agroforestry systems. In: Agroforestry Systems. Vol. 10 (3). 1990. p. 241 – 252.

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

SÁNCHEZ, J. El pasto kikuyo y su aporte a la nutrición de vacas lecheras. Escuela de Zootecnia de Costa Rica. 2009. p. 151; 152.

SANCHEZ, J. Ing. Agrónomo. Especialista en Nutrición animal de rumiantes. Documento técnico. En: Conferencia; Seminario Internacional de competitividad de leche y carne. Medellín. Colombia. 2008.

Sección de laboratorios de suelos de la Universidad de Nariño.2009

Secretaria de Agricultura Departamental de Nariño 2004.

SILVA, J. Manual técnico de Pastos y Forrajes. Instituto colombiano agropecuario. ICA. 2001- p 74- 77.

TAPIA Y RIVERA. Determinación de factores edafoclimáticos que intervienen en la producción y calidad nutritiva del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) en condiciones de no intervención en el municipio de Guachucal, departamento de Nariño. Trabajo de grado (Zootecnista.) Universidad de Nariño. Facultad de ciencias Pecuarias. 2010. p.39; 40; 45.

TORRES, G y MURCIA, J. Estudio morfológico, histológico y ultraestructural de la nodulación de *Frankia - Morella pubescens* H. & B.ex Willdenow, (Myricaceae) “*in situ*”. En: Facultad de Ciencias Agropecuarias. Vol. 6. No. 2. Universidad del Cauca. 2008. p.2.

URBANO, D; ARRIOJAS, L; y DAVILA, C. Efecto de la fertilización en la asociación kikuyo – alfalfa (*Pennisetum clandestinum* – *Medicago sativa*). [Online] 2010. [Citado Diciembre 20/10]. Disponible en internet: <http://www.ceniap.gov/pbd/Revistascientificas/ZootecniaTropical/zt1302/texto/fertilizacion.htm+valor+nutritivo%2Bkikuyo&hl=es&ct=clnk&cd=1&gl=co&lr=lang-es>.

VAN SAUN, R.J. MAKING sense of vitamin and mineral supplements. Pp. 57-68, In: Proceedings UMass Amherst Camelid Conference, University of Massachusetts-Amherst, Amherst, MA, January 28-29, 2006. p. 11.

VAN SOEST, P. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. New York, Cornell University Press. p. 476.

VILLANUEVA, C; IBRAHIM, M. Evaluación del impacto de los sistemas silvipastoriles sobre la recuperación de pasturas degradadas y su contribución en el secuestro de carbono en lecherías de altura en Costa Rica. AGROFORESTERIA EN LAS AMERICAS. 2002. Vol. 9 No 35 – 36.

ZAMBRANO, D y LEON, J. Determinación de factores edafoclimáticos que intervienen en la producción y calidad nutritiva del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) en condiciones de no intervención en el municipio de Pasto, departamento de Nariño. Trabajo de grado (Zootecnista.) Universidad de Nariño. Facultad de ciencias Pecuarias. 2.008. p. 95.

# ANEXOS

**Anexo A:** Prueba t para dos muestras de MS de Pasto kikuyo, 2009

	<b><i>Sistema I kikuyo</i></b>	<b><i>Sistema II Kikuyo-Aliso</i></b>
Media	27,935	23,7875
Varianza	45,8732333	27,6970917
Observaciones	4	4

Diferencia hipotética de las medias	0
Grados de libertad	6
<b>Estadístico t</b>	<b>-0,9670859 n.s.</b>
P(T<=t) una cola	0,1854246
Valor crítico de t (una cola)	1,94318027
P(T<=t) dos colas	0,37084919
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>2,44691185 N.S</b>

**Anexo B:** Prueba t para dos muestras de CENIZA de Pasto kikuyo, 2009

	<b>Sistema I Kikuyo</b>	<b>Sistema II Kikuyo-Aliso</b>
Media	9,3575	11,7775
Varianza	10,1934917	0,24695833
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
<b>Estadístico t</b>	<b>-1,4979101 n.s.</b>	
P(T<=t) una cola	0,11554305	
Valor crítico de t (una cola)	2,35336343	
P(T<=t) dos colas	0,23108611	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>3,1824463</b>	

**Anexo C:** Prueba t para dos muestras de EE de Pasto kikuyo, 2009

	<b>Sistema I Kikuyo</b>	<b>Sistema II Kikuyo-Aliso</b>
Media	1,5225	1,795
Varianza	0,087825	0,21216667
Observaciones	4	4

Diferencia hipotética de las medias	0
Grados de libertad	5
<b>Estadístico t</b>	<b>-0,99504313n.s.</b>
P(T<=t) una cola	0,18270036
Valor crítico de t (una cola)	2,01504837
P(T<=t) dos colas	0,36540072
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>2,57058183</b>

**Anexo D:** Prueba t para dos muestras de FC del pasto kikuyo, 2009.

	<b>Sistema I Kikuyo</b>	<b>Sistema II Kikuyo-Aliso</b>
Media	31,69	32,4625
Varianza	2,279866667	6,590291667
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	5	
<b>Estadístico t</b>	<b>-0,5187556n.s.</b>	
P(T<=t) una cola	0,313032336	
Valor crítico de t (una cola)	2,015048372	
P(T<=t) dos colas	0,626064673	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>2,570581835</b>	

**Anexo E:** Prueba t para dos muestras de PC de Pasto kikuyo, 2009

	<b>Sistema I Kikuyo</b>	<b>Sistema II Kikuyo-Aliso</b>
Media	10,2025	11,415
Varianza	3,32329167	20,54176667
Observaciones	4	4

Diferencia hipotética de las medias	0
Grados de libertad	4
<b>Estadístico t</b>	<b>-0,49639854 n.s.</b>
P(T<=t) una cola	0,32282682
Valor crítico de t (una cola)	2,13184678
P(T<=t) dos colas	0,64565365
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>2,77644511</b>

**Anexo F:** Prueba t para dos muestras de FDN de Pasto kikuyo, 2009.

	<i>Sistema I Kikuyo</i>	<i>Sistema II Kikuyo-Aliso</i>
Media	70,6975	69,405
Varianza	5,48175833	6,2419
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
<b>Estadístico t</b>	<b>-0,75496874 n.s.</b>	
P(T<=t) una cola	0,23942195	
Valor crítico de t (una cola)	1,94318027	
P(T<=t) dos colas	0,47884389	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>2,44691185</b>	

**Anexo G:** Prueba t para dos muestras de FDA de Pasto kikuyo, 2009.

	<i>Sistema I Kikuyo</i>	<i>Sistema II Kikuyo-Aliso</i>
Media	40,05	41,62
Varianza	21,5544	3,96453333
Observaciones	4	4

Diferencia hipotética de las medias	0
Grados de libertad	4
<b>Estadístico t</b>	<b>-0,62158194 n.s.</b>
P(T<=t) una cola	0,28394464
Valor crítico de t (una cola)	2,13184678
P(T<=t) dos colas	0,56788927
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>2,77644511</b>

**Anexo H:** Prueba t para dos muestras de Lignina de Pasto kikuyo, 2009

	<i>Sistema I Kikuyo</i>	<i>Sistema II Kikuyo-Aliso</i>
Media	9,9525	11,83
Varianza	16,56829167	5,4246
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	5	
<b>Estadístico t</b>	<b>-0,800698056 n.s.</b>	
P(T<=t) una cola	0,229822461	
Valor crítico de t (una cola)	2,015048372	
P(T<=t) dos colas	0,459644921	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>2,570581835</b>	

**Anexo I:** Prueba t para dos muestras de Celulosa de Pasto kikuyo, 2009

	<i>Sistema I Kikuyo</i>	<i>Sistema II Kikuyo-Aliso</i>
Media	30,1	29,785
Varianza	2,5202	1,2513
Observaciones	4	4

Diferencia hipotética de las medias	0
Grados de libertad	5
<b>Estadístico t</b>	<b>0,32440198 n.s.</b>
P(T<=t) una cola	0,37938285
Valor crítico de t (una cola)	2,01504837
P(T<=t) dos colas	0,75876571
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>2,57058183</b>

**Anexo J:** Prueba t para dos muestras de Hemicelulosa de Pasto kikuyo, 2009

	<b>Sistema I Kikuyo</b>	<b>Sistema II Kikuyo-Aliso</b>
Media	30,645	27,785
Varianza	13,9857667	11,5695
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
<b>Estadístico t</b>	<b>1,13150329 n.s.</b>	
P(T<=t) una cola	0,15051537	
Valor crítico de t (una cola)	1,94318027	
P(T<=t) dos colas	0,30103074	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>2,44691185</b>	

**Anexo K:** Prueba t para dos muestras de Calcio de Pasto kikuyo, 2009

	<b>Sistema I Kikuyo</b>	<b>Sistema II Kikuyo-Aliso</b>
Media	0,385	0,3125
Varianza	0,01363333	0,00995833
Observaciones	4	4

Diferencia hipotética de las medias	0
Grados de libertad	6
<b>Estadístico t</b>	<b>0,94403629 n.s.</b>
P(T<=t) una cola	0,19079784
Valor crítico de t (una cola)	1,94318027
P(T<=t) dos colas	0,38159567
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>2,44691185</b>

**Anexo L:** Prueba t para dos muestras de Fósforo de Pasto kikuyo, 2009.

	<i>Sistema I Kikuyo</i>	<i>Sistema II Kikuyo-Aliso</i>
Media	0,305	0,3925
Varianza	0,00136667	0,00035833
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
<b>Estadístico t</b>	<b>-4,21350486 *</b>	
P(T<=t) una cola	0,006774	
Valor crítico de t (una cola)	2,13184678	
P(T<=t) dos colas	0,013548	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>2,77644511 *</b>	

**Anexo M:** Prueba t para dos muestras de Magnesio de Pasto kikuyo, 2009.

	<i>Sistema I Kikuyo</i>	<i>Sistema II Kikuyo-Aliso</i>
Media	0,2475	0,2725
Varianza	0,000425	0,004025

Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
<b>Estadístico t</b>	<b>-0,74953169 n.s.</b>	
P(T<=t) una cola	0,24760613	
Valor crítico de t (una cola)	2,13184678	
P(T<=t) dos colas	0,49521226	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>2,77644511</b>	

**Anexo N:** Prueba t para dos muestras de Potasio de Pasto kikuyo, 2009.

	<b>Sistema I Kikuyo</b>	<b>Sistema II Kikuyo-Aliso</b>
Media	2,08	2,6675
Varianza	0,2376	0,17955833
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
<b>Estadístico t</b>	<b>-1,81922914 n.s.</b>	
P(T<=t) una cola	0,05937353	
Valor crítico de t (una cola)	1,94318027	
P(T<=t) dos colas	0,11874707	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>2,44691185</b>	

**Anexo Ñ:** Prueba t para dos muestras de Azufre de Pasto kikuyo, 2009.

	<b>Sistema I Kikuyo</b>	<b>Sistema II Kikuyo-Aliso</b>
Media	0,145	0,1825
Varianza	0,0003	0,00429167
Observaciones	4	4

Diferencia hipotética de las medias	0
Grados de libertad	3
<b>Estadístico t</b>	<b>-1,10681768 n.s.</b>
P(T<=t) una cola	0,17457369
Valor crítico de t (una cola)	2,35336343
P(T<=t) dos colas	0,34914739
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>3,1824463</b>

**Anexo O:** Prueba t para dos muestras de Cobre de Pasto kikuyo, 2009.

	<i>Sistema I Kikuyo</i>	<i>Sistema II Kikuyo-Aliso</i>
Media	5	5,25
Varianza	0,66666667	6,25
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
<b>Estadístico t</b>	<b>-0,19011728 n.s.</b>	
P(T<=t) una cola	0,42923783	
Valor crítico de t (una cola)	2,13184678	
P(T<=t) dos colas	0,85847566	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>2,77644511</b>	

**Anexo P:** Prueba t para dos muestras de Manganeso de Pasto kikuyo, 2009.

	<i>Sistema I Kikuyo</i>	<i>Sistema II Kikuyo-Aliso</i>
Media	139,5	116,05
Varianza	1391	244,543333
Observaciones	4	4

Diferencia hipotética de las medias	0
Grados de libertad	4
<b>Estadístico t</b>	<b>1,15968974 n.s.</b>
P(T<=t) una cola	0,15534104
Valor crítico de t (una cola)	2,13184678
P(T<=t) dos colas	0,31068209
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>2,77644511</b>

**Anexo Q:** Prueba t para dos muestras de Zinc de Pasto kikuyo, 2009.

	<i><b>Sistema I Kikuyo</b></i>	<i><b>Sistema II Kikuyo-Aliso</b></i>
Media	28,25	34,65
Varianza	95,58333333	140,836667
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
<b>Estadístico t</b>	<b>-0,8324686 n.s.</b>	
P(T<=t) una cola	0,21850904	
Valor crítico de t (una cola)	1,94318027	
P(T<=t) dos colas	0,43701808	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>2,44691185</b>	

**Anexo R:** Prueba t para dos muestras de Hierro de Pasto kikuyo, 2009.

	<i><b>Sistema I Kikuyo</b></i>	<i><b>Sistema II Kikuyo-Aliso</b></i>
Media	243,25	254,95
Varianza	1244,25	3685,74333
Observaciones	4	4

Diferencia hipotética de las medias	0
Grados de libertad	5
<b>Estadístico t</b>	<b>-0,33326729 n.s.</b>
P(T<=t) una cola	0,37622676
Valor crítico de t (una cola)	2,01504837
P(T<=t) dos colas	0,75245352
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>2,57058183</b>

**Anexo S: Andeva para producción de forraje verde del pasto kikuyo, 2009.**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	200769.1500	28681.3071	3.32	0.0330
Error	12	103683.8000	8640.3167		
Corrected Total	19	304452.9500			

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
REP	3	170296.9500	56765.6500	6.57	0.0071
DISTAN	4	30472.2000	7618.0500	0.88	<b>n.s.</b> 0.5035

**Anexo T: Andeva para altura del pasto kikuyo, 2009.**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	21	1756.633333	83.649206	1.48	0.1422
Error	38	2142.30000	56.376316		
Corrected Total	59	3898.933333			

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
REP	2	23.0333333	11.5166667	0.20	0.8161
DISTANCIAS	3	143.3333333	47.7777778	0.85	0.4766
DISTAN	4	710.7666667	177.6916667	3.15 *	0.0248
FECHA DISTANCIAS	12				

t Tests (LSD) for ALTURA				
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.				
Alpha	0.05			
Error Degrees of Freedom	38			
Error Mean Square	56.37632			
Critical Value of t	2.02439			
Least Significant Difference	6.2054			
Means with the same letter are not significantly different.				
t Grouping	Mean	N	Distancias	
A	45.000	12	1	
A				
A	43.833	12	3	
A				
A	39.917	12	4	
B				
B		12	5	
B	36.917			
B		12	2	
B	36.667			

**Anexo U: Andeva para incremento de peso de los Animales, 2009.**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	1462.200000	132.927273	1.95	0.1771
Error	8	546.600000	68.325000		

Corrected Total	19	2008.800000			
-----------------	----	-------------	--	--	--

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Periodos	1	583.200000	583.200000	8.54	0.0192
Sistemas	1	231.200000	231.200000	3.38	0.1031
Animales	1	647.800000	71.9777778	1.05 n.s.	0.4761

**Anexo V:** Prueba t para consumo de MS. en Novillas, 2009.

	<i>Sistema I Kikuyo</i>	<i>Sistema II Kikuyo-Aliso</i>
Media	23,2585	32,9345
Varianza	480,841061	964,175784
Observaciones	2	2
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
<b>Estadístico t</b>	<b>-0,35997671 n.s.</b>	
P(T<=t) una cola	0,37666194	
Valor crítico de t (una cola)	2,91998558	
P(T<=t) dos colas	0,75332389	
<b>Valor crítico de t (dos colas)</b>	<b>4,30265273</b>	

**Anexo W:** Andeva para BUN en Novillas, 2009.

F.V.	G.L.	S. de C.	C.M.	F.C.	Pr > F
PERIODOS	1	141.7248800	141.7248800	14.81	0.0049
SISTEMAS	1	25.8553800	25.8553800	2.70 n.s.	0.1389
ANIMAL	9	151.1549000	16.7949889	1.75 n.s.	0.2201

**Anexo X:** Andeva para Albumina en Novillas, 2009

F.V.	G.L.	S. de C.	C.M.	F.C.	Pr > F
PERIODOS	1	4.23200000	4.23200000	13.56	0.0062
SISTEMAS	1	0.03200000	0.03200000	0.10 n.s.	0.7570

ANIMAL	9	1.80200000	0.20022222	0.64 n.s	0.7391
--------	---	------------	------------	----------	--------

**Anexo Y:** Andeva para Creatinina en Novillas. 2009.

F.V.	G.L.	S. de C.	C.M.	F.C.	Pr > F
PERIODOS	1	0.21424500	0.21424500	4.37	0.0699
SISTEMAS	1	0.07812500	0.07812500	1.59 n.s.	0.2422
ANIMAL	9	0.59054500	0.06561611	1.34 n.s.	0.3456

**Anexo Z:** Andeva para Proteínas totales en Novillas, 2009.

F.V.	G.L.	S. de C.	C.M.	F.C.	Pr > F
PERIODOS	1	7.81250000	7.81250000	6.95	0.0299
SISTEMAS	1	0.68450000	0.68450000	0.61 n.s.	0.4575
ANIMAL	9	5.78050000	0.64227778	0.57 n.s	0.7891

**Anexo AA.** Fotografías de los nódulos presentes en el sistema radical

