

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS**

**ESCUELA DE ZOOTECNIA**

**Estimación del aprovechamiento en ganado caprino  
del *Pennisetum purpureum* cv. King Grass  
cosechado a tres diferentes edades de rebrote**

Tesis sometida a consideración para optar por el grado de licenciado en  
Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia

Pablo Andrés Chacón Hernández

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2008

TESIS PRESENTADA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO  
AGRONOMO EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN ZOOTECNIA.

Tesis aprobada por el siguiente tribunal examinador:

---

**M.Sc. Augusto Rojas B.**

Sub Director de escuela

---

**M.Sc. Carlos Boschini F.**

Director de tesis

---

**Lic. Fabián Vargas R.**

Miembro del tribunal

---

**Lic. Luis Villalobos V.**

Miembro del tribunal

---

**M.A.E. Ruth Vargas C.**

Miembro del tribunal

---

**Pablo Andrés Chacón H.**

Sustentante

## **Agradecimientos**

A mis padres Rocío y José Pablo; mi hermano José María, mi tía Martha y mi abuelo José Miguel por toda su ayuda y respaldo siempre.

A Lucía que me ayudó y apoyó durante mucho tiempo con la universidad.

A Fabián Vargas y don Carlos Boschini por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo y a todo el personal de la Estación Experimental Alfredo Volio Mata que colaboraron de forma directa y/o indirecta para que este proyecto se desarrollara satisfactoriamente.

A todos mis amigos y personas que conozco, que con su apoyo me ayudaron a terminar la universidad y la presente investigación.

# Índice General

	<b>Página.</b>
Índice de Cuadros .....	v
Índice de Figuras .....	vii
Resumen .....	1
Justificación .....	2
Objetivos .....	6
a. Objetivos Generales .....	6
b. Objetivos Específicos .....	6
Marco Teórico .....	7
1. Generalidades .....	7
2. Importancia de la especie caprina .....	8
3. Razas caprinas y su perfil zootécnico .....	12
3.1 Razas lecheras .....	13
3.1.1 Alpina .....	13
3.1.2 Lamancha .....	14
3.1.3 Granadina (Murciano-Granadina) .....	14
3.1.4 Saanen .....	15
3.1.5 Toggenburg .....	15
3.2 Razas de carne .....	16
3.2.1 Boer .....	16
3.3 Razas de doble propósito .....	17
3.3.1 Anglo Nubiana .....	17
3.4 Otras razas .....	17
3.4.1 Angora .....	17
3.4.2 Kashmir .....	18
3.4.3 Criolla .....	18
4. Aspectos biológicos de la nutrición caprina .....	19

4.1 Hábitos y conducta alimentarios .....	19
4.2 Fisiología digestiva en rumiantes .....	21
5. Aspectos básicos en la nutrición caprina .....	27
6. Forraje para alimentación animal .....	33
6.1 Principios de botánica de los pastos .....	33
6.2 Principios de fisiología vegetal .....	35
6.3 Utilización de pastos para alimentación de cabras lecheras	39
6.3.1 Digestibilidad y degradabilidad ruminal de forrajes .....	43
6.4 Características de los pastos tropicales .....	51
6.5 Opciones actuales para la alimentación caprina .....	54
6.5.1 Características del pasto King Grass .....	54
Materiales y Métodos .....	59
1. Ubicación .....	59
2. Modelo experimental .....	59
3. Manejo experimental .....	61
4. Análisis de laboratorio .....	63
4.1 DIVMS .....	63
4.1.1 Solución reductora .....	64
4.1.2 Solución macromineral .....	64
4.1.3 Solución micromineral .....	64
4.1.4 Medio de cultivo .....	65
4.1.5 Solución reductora .....	65
4.1.6 Licor ruminal .....	65
4.2 Degradabilidad ruminal .....	65
5. Análisis estadístico .....	67

Resultados y Discusión .....	68
1. Bromatología .....	68
2. Consumo y aprovechamiento .....	91
Conclusiones y Recomendaciones .....	115
Bibliografía .....	119

## Índice de Cuadros

Número		Página.
1	Valor nutritivo de diferentes forrajes tropicales presentes en Costa Rica .....	4
2	Valor nutricional y producción de biomasa del pasto <i>Pennisetum purpureum</i> cv. King Grass a edades entre 56 y 62 días bajo diferentes condiciones climatológicas	4
3	Ejemplos de especies de pasto que pueden utilizarse para producción de forraje para alimentación caprina	40
4	Contenido nutricional de varios pastos de Costa Rica bajo diferentes condiciones climáticas .....	52
5	Composición nutricional del concentrado comercial utilizado, Cartago 2008 .....	61
6	Requerimiento de materia seca y materia verde por animal y cantidad de pasto ofrecida a cada animal diariamente, Cartago 2008 .....	62
7	Composición nutricional del pasto <i>Pennisetum purpureum</i> cv. King Grass a tres diferentes edades de corte, Cartago 2008 .....	68
8	Composición nutricional del pasto <i>Pennisetum purpureum</i> cv. King Grass de acuerdo con su origen, Cartago 2008 .....	74
9	Composición nutricional del pasto <i>Pennisetum purpureum</i> cv. King Grass de acuerdo con el momento de cosecha, Cartago 2008 .....	78
10	Composición nutricional promedio para el pasto <i>Pennisetum purpureum</i> cv. King Grass, Cartago 2008	80

11	Digestibilidad in Vitro de la Materia Seca del pasto <i>Pennisetum purpureum</i> cv. King Grass de acuerdo con la edad de corte y la repetición .....	83
12	Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca del pasto <i>Pennisetum purpureum</i> cv. King Grass de acuerdo con el momento de cosecha, Cartago 2008 .....	83
13	Fracción soluble, degradable, tasa de degradación por hora, fracción potencialmente degradable y porcentaje de degradabilidad luego de 48 horas de incubación del pasto <i>Pennisetum purpureum</i> cv. King Grass a tres edades de corte, Cartago 2008 .....	86
14	Fracción soluble, degradable, tasa de degradación por hora, fracción potencialmente degradable y porcentaje de degradabilidad luego de 48 horas de incubación del pasto <i>Pennisetum purpureum</i> cv. King Grass a tres diferentes momentos de cosecha, Cartago 2008 .....	86
15	Promedio de material ofrecido y rechazado diariamente del pasto <i>Pennisetum purpureum</i> cv. King Grass (en base fresca) por los sujetos experimentales para las tres edades de corte, los tres momentos de cosecha y las tres razas analizadas, Cartago 2008 .....	93
16	Promedio de consumo diario por los animales según el tratamiento, Cartago 2008 .....	94
17	Promedio de consumo diario por los animales según el momento de cosecha, Cartago 2008 .....	96
18	Promedio de consumo diario por los animales según la raza, Cartago 2008 .....	97
19	Promedio de consumo diario por los animales según el cuadrado latino, Cartago 2008 .....	99
20	Composición química promedio del material ofrecido y el consumido por los animales, Cartago 2008 .....	105



## Índice de Figuras

Número		Página.
1	Producción anual de leche de cabra en Costa Rica durante el período 2000-2006 .....	3
2	Ejemplo de una bolsa para determinación de degradabilidad ruminal de forrajes .....	49
3	Distribución de parcelas, tamaños y orden de corte en el campo sembrado con el pasto <i>Pennisetum purpureum</i> var. King Grass en la Estación Experimental Alfredo Volio Mata, Cartago 2008 .....	60
4	Precipitación mensual promedio presentada en el Valle Central de Costa Rica durante el año 2007 .....	70
5	Degradación ruminal del pasto <i>Pennisetum purpureum</i> cv. King Grass a tres diferentes edades de corte, Cartago 2008 .....	87
6	Degradación ruminal del pasto <i>Pennisetum purpureum</i> cv. King Grass a tres diferentes momentos de cosecha, Cartago 2008 .....	88
7	Cantidad de Materia Seca consumida de acuerdo con la edad de corte en días del pasto <i>Pennisetum purpureum</i> cv. King Grass, Cartago 2008 .....	106
8	Cantidad de Materia Seca consumida de acuerdo con la relación hoja:tallo del pasto <i>Pennisetum purpureum</i> cv. King Grass, Cartago 2008 .....	107
9	Cantidad de PC, EE, FND, FAD y Cenizas consumida de acuerdo con la edad de corte en días del pasto <i>Pennisetum purpureum</i> cv. King Grass, Cartago 2008 .....	108
10	Cantidad de PC, EE, FND, FAD y Cenizas consumida de acuerdo con la relación hoja:tallo del pasto <i>Pennisetum purpureum</i> cv. King Grass, Cartago 2008 .....	110

11	Cantidad de Hemicelulosa, Lignina y Celulosa consumida de acuerdo con la edad de corte en días del pasto <i>Pennisetum purpureum</i> cv. King Grass, Cartago 2008 .....	112
12	Cantidad de Hemicelulosa, Lignina y Celulosa consumida de acuerdo con la relación hoja:tallo del pasto <i>Pennisetum purpureum</i> cv. King Grass, Cartago 2008 .....	113

## Resumen

**Estimación del aprovechamiento en ganado caprino del *Pennisetum purpureum* cv. King Grass cosechado a tres diferentes edades de rebrote.** El experimento se desarrolló en la Estación Experimental “Alfredo Volio Mata” de la Universidad de Costa Rica durante la estación lluviosa (Mayo a Diciembre) del año 2007 con el fin de realizar una estimación del aprovechamiento del pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*) por cabras de las razas Lamancha, Saanen y Toggenburg, a tres edades de corte (60, 75 y 90 días) correspondientes a 3 relaciones hoja:tallo diferentes (1,34; 1,33 y 1,31). Se analizó la composición nutricional del forraje a las tres edades de corte, durante las tres repeticiones realizadas y de acuerdo al origen dentro de la planta; además se analizó el consumo de forraje y total diario por los sujetos experimentales. Se determinó que nutricionalmente el material cosechado a 60 días de rebrote presenta las mejores características de las tres edades analizadas (13,03% de MS, 9,56% de PC, 1,41% de EE, 14,47% de Cenizas, 73,78% de FND, 46,53% de FND, 34,38% de Celulosa, 27,25% de Hemicelulosa, 13,59% de Lignina, 58,65% de DIVMS y 79,24% de degradabilidad ruminal luego de 48 horas); se determinó también que la época de cosecha y la proporción de hojas en el material cosechado afectan la composición nutricional del King Grass siendo esta mejor cuando la duración del día es mayor a la requerida por el cultivo para iniciar el proceso de floración y la cantidad de hojas en el forraje es mayor. Se determinó que el consumo diario por la especie caprina es en promedio 1810 g de forraje fresco/animal/día (0,53% del PV), también que el consumo total fue de 1120,93 g de MS/animal/día (2,56% del PV) y que el aprovechamiento del forraje ofrecido fue de un 65,31%. También se observó efectos con diferente grado de importancia de la edad de corte, la raza, la época de cosecha y el grupo sobre los parámetros de consumo anteriores; además de acuerdo a los datos analizados no se encontró ningún tipo de selectividad por parte de la especie caprina en el consumo de pasto.

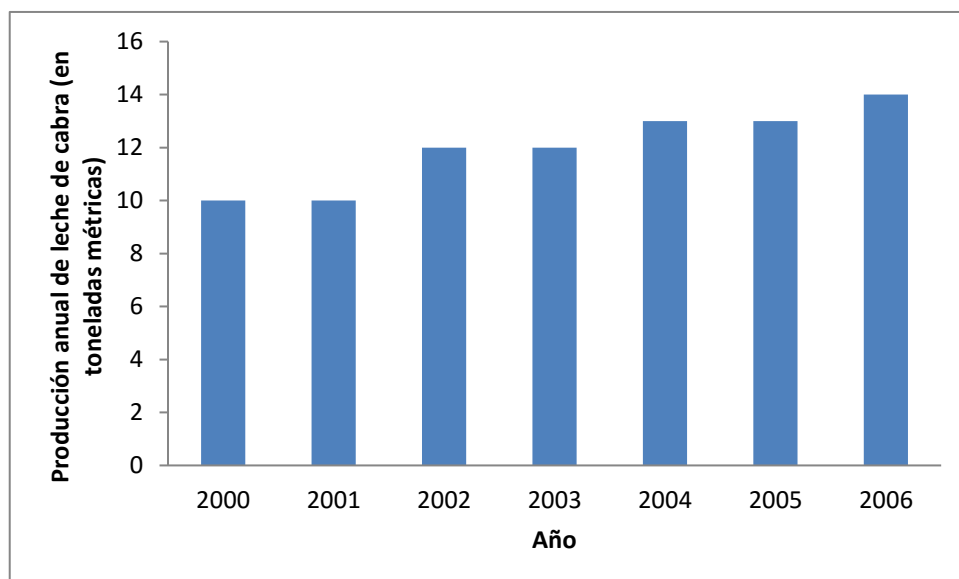
## Justificación

Costa Rica ha sido tradicionalmente un país dedicado a la producción agrícola y ganadera, pero en los últimos años el aumento en la población nacional ha generado un impacto importante en los sistemas de producción animal. Dicho incremento en el número de habitantes produce una marcada disminución en los sitios disponibles para las diferentes actividades productivas tradicionales; con el agravante de que áreas anteriormente utilizadas para el desarrollo agropecuario son ahora utilizadas para el desarrollo de proyectos urbanísticos debido a las características específicas de éstas zonas que son del agrado de la mayoría de las personas; lo anterior genera un problema, el cual radica en que los suelos donde se desarrollan dichos proyectos de vivienda presentan la particularidad de una gran vocación agrícola dadas sus condiciones edafológicas (Bertsch 1998). De ésta manera, las prácticas agrícolas y ganaderas son delegadas a espacios menos convenientes para éste tipo de actividades productivas.

La marcada disminución actual de territorio disponible para la producción obliga al sector a intensificar al máximo los diversos sistemas productivos existentes o a buscar nuevas opciones que sean capaces de generar un producto de una excelente calidad, y en una cantidad tal que el beneficio obtenido sea el suficiente como para que dicha opción se valore como una alternativa rentable para los productores nacionales.

Ante este problema, la producción caprina ha adquirido mayor relevancia en los últimos tiempos debido a que el manejo de éste tipo de sistemas permite aprovechar mejor el uso de mano de obra y minimiza la dependencia de insumos externos de alto valor en el mercado, como se aprecia en la Figura 1; además, requiere una cantidad de espacio menor que las explotaciones bovinas, lo que permite que pequeños productores y núcleos familiares transformen sus antiguas actividades de subsistencia en pequeñas empresas altamente eficientes y

competitivas en el mercado, tanto nacional como internacional, obteniendo un favorable beneficio económico.



**Figura 1.** Producción anual de leche de cabra en Costa Rica durante el período 2000-2006.

\*Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria de Costa Rica (SEPSA) 2000-2006.

Ésta intensificación en los sistemas de producción bovina y principalmente caprina pone en evidencia ciertos vacíos existentes en la información actualmente disponible, lo que imposibilita realizar un adecuado uso tanto del factor animal como del componente vegetal que forma parte de la dieta normal de dichos rumiantes.

En el caso específico de las explotaciones caprinas, es de vital importancia el adecuado uso y manejo del componente forrajero disponible, ya que éste es considerado la fuente de menor costo para suplir de nutrientes esenciales a los animales (Luginbuhl y Poore, 2005); esta situación se dificulta debido a que la mayoría de la información actual se encuentra enfocada hacia sistemas de explotación bovina.

Dado que la producción caprina en Costa Rica se realiza principalmente en sistemas de estabulación intensivos, los productores deben recurrir al uso de materiales que aporten volumen y calidad, por lo cual deben implementar pasturas manejadas bajo un régimen de corte y acarreo, con el fin de suplir las necesidades diarias del hato. Una de las variedades de pasto más utilizada en nuestro medio es el *Pennisetum purpureum* cv. King Grass, que se caracteriza por poseer una buena producción de biomasa la cual posee una calidad nutricional aceptable como se puede apreciar en el Cuadro 1 y el Cuadro 2.

**Cuadro 1.** Valor nutritivo de diferentes forrajes tropicales presentes en Costa Rica.

<b>Especie</b>	<b>% PC</b>	<b>% FDN</b>	<b>% FAD</b>	<b>ED (Mcal/kg)</b>
<i>Cynodon nlemfluensis</i>	14,8	71,0	39,8	2,45
<i>Setaria anceps</i>	13,6	67,4	37,4	2,56
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	12,4	66,7	37,9	2,43
<i>Pennisetum purpureum</i>	9,0	72,8	50,9	2,12
<i>Pennisetum clandestinum</i>	22,6	60,6	28,4	2,95

\* Modificado de Sánchez 2001.

**Cuadro 2.** Valor nutricional y producción de biomasa del pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass a edades entre 56 y 62 días bajo diferentes condiciones climatológicas.

<b>Lugar</b>	<b>Edad</b>	<b>% MS</b>	<b>% PC</b>	<b>% FC</b>	<b>Forraje Seco (ton/ha)</b>	<b>Fuente</b>
Cuba	75 días	19,41	6,48	30,57	3,6	Meléndez <i>et al.</i> 2000.
Ochomogo, Costa Rica	70 días	10,63	12,43	---	7,35	Araya y Boschini 2005.
Venezuela	50 días	24,00	7,60	27,80	---	Araque 1995.
Cartago, Costa Rica	---	31,20	3,77	55,00	---	Rojas <i>et al.</i> 1988.
Ochomogo, Costa Rica	56 días	8,42	29,10	---	29,10	Rojas y Jiménez 1986.

Sin embargo, si se desea realizar una adecuada utilización de dicho pasto, se deben tomar en cuenta aspectos que permitan maximizar su aprovechamiento considerando su composición estructural. Entre estas características se encuentra la edad de rebrote la cual se encuentra íntimamente ligada a la relación hoja:tallo que presenta el material ofrecido a los animales (Brizuela *et al.* 2008). Estos aspectos antes mencionados, van a definir en gran parte el aprovechamiento que se puede lograr del material disponible durante cada corte, al mismo tiempo puede ayudar a definir la edad más adecuada para realizar dicha cosecha con base en las características físicas y químicas del material, y según el consumo y aprovechamiento hecho por los caprinos.

De esta manera como objetivo principal de esta investigación se pretende generar información adecuada que permita conocer el rendimiento real aprovechable de la especie de pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass, como fuente alimenticia para caprinos, al tiempo que se determina la relación hoja:tallo presente en el pasto que genere un máximo aprovechamiento del material cosechado, y una mejor utilización del contenido nutricional del forraje.

## Objetivos

### a. Generales:

1. Establecer parámetros técnicos que mejoren los esquemas de alimentación para el hato caprino, de manera que permitan manejar todos los aspectos involucrados y así lograr un adecuado balance nutricional que promueva una mayor eficiencia de producción.
2. Evaluar la eficacia del uso de King Grass en la alimentación de ganado caprino.

### b. Específicos:

1. Cuantificar la cantidad de pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*) que se puede utilizar para la alimentación de caprinos midiendo la cantidad de material aceptado y el rechazado.
2. Evaluar 3 edades de corte correspondientes a 3 relaciones de hoja:tallo diferentes y así determinar el momento de corta más adecuado para suministrar a las cabras.
3. Conocer la composición nutricional del pasto King Grass en las 3 edades de corte.
4. Evaluar 3 épocas de cosecha y así determinar el momento de corta adecuado para suministrar a las cabras.
5. Conocer la composición nutricional del King Grass en las 3 épocas de cosecha.
6. Conocer el comportamiento en el consumo de nutrientes por la especie caprina en las tres edades de corte y las tres relaciones hoja:tallo analizadas.



## Marco Teórico

### 1. Generalidades.

Entre el 45% y el 78% de los productores agrícolas de América Central poseen fincas con extensiones que abarcan entre 3,5 y 10 ha, las cuales ocupan entre el 0,4% y el 10,0% de la tierra cultivada (Benavides 1998). Además de esta situación, las restricciones de tierra y capital, y la ubicación de una gran proporción de las pequeñas fincas en zonas no aptas para las actividades agropecuarias, limitan o imposibilitan el desarrollo de explotaciones bovinas. En tales condiciones, la energía presente en los alimentos disponibles en la mayoría de estas fincas apenas es suficiente para satisfacer los requerimientos de mantenimiento de los vacunos (Raun 1983, citado por Benavides 1998).

A las consideraciones anteriores debe añadirse la falta de acceso que tienen los productores a tecnologías adecuadas para la producción; el crecimiento demográfico y otros aspectos relacionados con la situación económica y social de América Central. En este sentido, el perfeccionamiento de alternativas tecnológicas adecuadas a las condiciones ecológicas y socioeconómicas de la región, juega un papel decisivo en la generación de bienes de consumo de manera más sostenida y más acorde con el uso racional de los recursos naturales (Benavides 1998).

La importancia de las especies forrajeras en la producción de alimentos y otros productos de origen animal exigidos por la creciente presión demográfica han señalado la necesidad de generar explotaciones pecuarias económicamente rentables a partir de la utilización eficiente de las extensiones de tierra disponible en el mundo y en particular de las regiones tropicales y subtropicales. Esto permite sugerir la necesidad de un mayor conocimiento de la biología y manejo de las especies forrajeras del trópico, con vistas a minimizar la utilización para la alimentación de los rumiantes de granos y cereales, u otros alimentos que el hombre pueda consumir (Elías 1983, citado por Delgadillo 2001).

## **2. Importancia de la especie caprina.**

La cabra es uno de los animales domésticos que ha servido al hombre por más tiempo, inclusive más que los bovinos y ovinos; se han utilizado para la producción de leche, carne y lana principalmente en zonas de clima caliente (USDA 1993, Haenlein 1992).

Las cabras están muy distribuidas desde regiones semidesérticas hasta bosques lluviosos húmedos, y en el año 1986 representaban el 20,2% de la población total de ganado rumiante en los trópicos y subtrópicos, siendo La India el país con mayor número de animales (71 millones de cabras) (Devendra y McLeroy 1986). Según Haenlein (1992), existen más de 460 millones de caprinos en el mundo produciendo más de 4,5 millones de toneladas de leche y 1,2 millones de toneladas de carne.

La producción de leche de cabra puede presentar beneficios económicos considerables tanto en países ricos como países pobres al brindar estabilidad económica y política (Haenlein 1978). En ciertos lugares como Francia, Grecia, Noruega e Italia, la producción de queso de cabra es de gran importancia (Haenlein 1992) por ejemplo, en los estados australianos de Victoria y Tasmania durante los años 2000 y 2001 se procesaron 1.493.000 de litros de leche de esta especie para producir queso (Stubbs y Abud 2002).

La inversión necesaria para la producción caprina es relativamente baja, por lo que el riesgo económico por pérdida de animales es mucho menor en comparación con los bovinos y los búfalos, además la recuperación del capital es rápida, debido a la madurez más temprana y al reducido intervalo generacional (Devendra y McLeroy 1986).

La especie caprina presenta ciertas ventajas con respecto a la de otras especies porque:

- Algunas personas no pueden consumir la leche de vaca debido a alergias, úlceras u otro tipo de afecciones pero sí pueden consumir la de cabra (Chacón 2005).
- Algunos individuos ya sea porque prefieren el sabor o por aspectos culturales prefieren los productos de cabra sobre los de vaca y pagan precios mas altos por ellos (Haenlein 1978).
- La leche presenta un alto potencial para la alimentación de cachorros huérfanos o terneros hasta las 10 – 12 semanas de edad (USDA 1993).
- Por cuestiones religiosas hay quienes no consumen carne de cerdo o de res pero sí pueden comer carne de caprino (Haenlein 1978).
- La leche de cabra es más alta en vitamina A, niacina, colina e inositol que la leche de vaca pero presenta un contenido menor de las vitaminas B6, B12 y C y de carotenoides (Chacón 2005, Haenlein 1992, Morand-Fehr y Sauvant 1980).

La amplia distribución de las cabras en los trópicos y subtrópicos refleja su alta capacidad de adaptación a diversos ambientes, sin embargo la especie prefiere el suelo arenoso brillante en los trópicos secos, más que el húmedo lluvioso; además, debido a sus hábitos alimenticios y a su preferencia por el ramoneo, son capaces de crecer en regiones que reciben menos de 750 mm de precipitación pluvial (Devendra y McLeroy 1986).

Esta especie necesita un espacio reducido para su producción y son fácilmente manejables, siendo posible lograr un uso eficiente de las tierras marginales y pequeñas parcelas de tierra (Devendra y McLeroy 1986). Los caprinos pueden sobrevivir alimentándose de arbustos, árboles o hierbas mientras que las ovejas y vacas no son capaces de hacerlo (Haenlein 1992).

Gracias a la posibilidad de desarrollar sistemas de producción intensivos en momentos en que los sitios para la producción se ven cada vez más reducidos su importancia se hace cada vez mayor. Según Haenlein (1978), 10 cabras lecheras con un peso combinado de 550 kg, para suplir sus necesidades de mantenimiento, reproducción y producción de mas o menos 8.000 a 10.000 kg de leche, consumen la misma cantidad de alimento que una sola vaca de 550 kg que podría no producir la misma cantidad de leche y no genera la misma cantidad de crías en el mismo periodo de tiempo (Haenlein 1978).

Aunque existe poca información al respecto, se conoce sobre la posibilidad de utilizar caprinos como método de control biológico contra ciertas especies de arbustos y malezas; un gran beneficio del uso de esta especie para dicho sistema, reside en que las cabras pueden transformar dichas plantas indeseables en leche o carne, los cuales son productos vendibles (Hart 2001, Haenlein 1992, Gihad *et al.* 1980). Además, son capaces de favorecer el desarrollo de los pastos en dichos terrenos (Hart 2001, Haenlein 1992); según Escobar *et al.* (s.f.), en un terreno pastoreado por cabras entre el año 1992 y el año 1995 la cantidad de *Rubís alleghaniensis* una maleza común en Norte América disminuyó en un 65% mientras que la cobertura de los pastos *Wavy Hairgrass (Deschampsia flexuosa)* y de *Upland Bentgrass (Agrostis perennans)* aumentó en un 500% cada uno.

En 1994 en la ciudad de Guthrie, Oklahoma, se utilizaron cabras para controlar el desarrollo de malezas en las reservas de agua potable de la ciudad y un año después se había logrado un control total del desarrollo de la especie Falsa Acacia (*Robinia pseudoacacia*) (Escobar *et al.* s.f.). También, la combinación de diferentes especies animales pastoreando una misma área permite realizar un aprovechamiento mayor del material vegetal; diversas investigaciones han demostrado que la productividad total obtenida de la cría de bovinos, cabras y ovejas es mayor si se mantienen en zonas comunes de pastoreo en comparación a cuando cada especie pastorea áreas diferentes (Huston 1978).

Además, se hallan razas de cabras enanas en África del Sur de creciente interés como animales de laboratorio y mascotas (Haenlein 1992), aunque dichos animales, a diferencia de otras especies, crecen en los trópicos secos y deben adaptarse, en especial, a medios húmedos (Devendra y McLeroy 1986).

Otros usos reportados para la especie caprina corresponden al aprovechamiento de las pieles para fabricación de cueros o consumo humano en ciertas zonas tropicales húmedas; también el pelo de los animales es utilizado para elaboración de textiles siendo el mohair y el kashmir fibras de alta especialidad y de alto precio en el mercado (Devendra y McLeroy 1986).

Las excretas también tienen su cuota de aprovechamiento pues son utilizadas como fertilizante; además en zonas asiáticas la especie en cuestión es empleada como animal de carga. También se involucran en aspectos de tipo religioso, por ejemplo los seguidores del Islam y otras religiones en África, Oeste de Asia y Subcontinente indio usan cabras y ovejas para rendir tributo a sus deidades a través de sacrificios (Devendra y McLeroy 1986).

### 3. Razas caprinas y su perfil zootécnico.

La cabra doméstica pertenece al orden Artiodáctilos, suborden Rumiante, familia Bóvidos, tribu Caprini y además del género *Capra* también se incluyen aquí los ovinos domésticos y salvajes (*Ovis spp.*). El género *Capra* entonces se divide en cinco especies (Vélez 1993):

- Ibex (*C. ibex*) con 5 subespecies: alpina, caucásica, siberiana, nubia y abisínica.
- Ibex español (*C. pyrenaica*).
- Cabra Bezoar (*C. aegagrus*).
- El Markhor (*C. falconeri*) con 7 subespecies distribuidas de Afganistán a la región del Sind en Pakistán.
- El Turs del Cáucaso oriental (*C. cylindricornis*).

Se pueden realizar diferentes clasificaciones de las diferentes razas de cabras basándose en diferentes criterios:

- Por biotipo constitucional: montesas, serranas y lecheras.
- Por la producción: lecheras, carniceras, de doble utilidad y de pelo.
- Por su origen: europeas y asiáticas.
- Por su distribución: españolas, europeas, africanas y asiáticas.

Siendo más común la clasificación de acuerdo con su producción (Maldonado 2003). Según este concepto las cabras de tipo lechero deben poseer un cuerpo largo, alto y fino; cuneiforme, de piel sedosa y suelta, pelo fino y una ubre bien desarrollada. Las razas de carne deben presentar un cuerpo compacto y corto; tubular, piel adherida al cuerpo y una ubre pequeña; mientras que las razas de doble propósito presentan características intermedias a las anteriores (Durán 2007).

La principal característica de las razas lecheras radica en la duración de la lactancia; las razas productoras de carne o fibras, pueden producir leche en cantidad y calidad adecuada pero sus lactancias duran menos de 300 días. Las razas lecheras tienden a ser más altas (> 80 cm de alto) y de una contextura menos sólida que la presentada por las razas de carne (Stubbs y Abud 2002).

En el caso de las razas cárnicas, funcionan como una opción para el aprovechamiento de tierras que han estado improductivas y favorecer el mejoramiento de las condiciones físicas y químicas del terreno, de tal manera que se conviertan en foco de ganancia para el ganadero (Durán 2007).

### **3.1 Razas lecheras.**

#### **3.1.1 Alpina.**

Originaria de los Alpes Suizos, no se ha establecido un color para la raza (puede variar desde blanco hasta gris, café, negro, rojo, etc.). Presentan pelo corto, y las orejas son de tamaño medio, preferiblemente erectas y de textura fina. Las hembras son excelentes productoras de leche con ubres de buena forma y pezones bien colocados (Oklahoma State University 1998). Presentan un índice de prolificidad medio (Agroinformación, 2004).

Presentan un cuerpo alargado y descarnado, cabeza triangular y fina en el hocico; cuernos de mediana longitud y en forma de lira en una frente ligeramente cóncava (Gea 2006). Presentan producciones anuales de 789 kg en lactancias de 231 días (Dickson *et al.* 1999, Agroinformación 2004).

La raza Alpina dio origen a la Alpina Británica y a la Alpina Francesa (Gea 2006), las cuales son altas, de pelo corto, fino y brillante; más adaptadas a climas templados y de mal desempeño en climas de alta humedad, producen buenas

cantidades de leche con un 4% de grasa en promedio (Oklahoma State University 1998).

### **3.1.2 Lamancha.**

Son originarias de Oregon, Estados Unidos, presentan excelente carácter lechero. Su cara es recta con pequeñas orejas que representan la característica distintiva principal de la raza. El pelo es corto, fino, brillante y de cualquier color (Oklahoma State University 1998).

### **3.1.3 Granadina (Murciano-Granadina).**

Considerada como dos razas diferentes hasta hace algunos años (Durán 2007) es proveniente del Sureste de España y ha sido seleccionada por su rusticidad, alto desempeño y por su excelente producción láctea (Oklahoma State University 1998).

Es de tamaño mediano, la piel y el pelo son de color negro uniforme, las orejas son medianas y erectas al igual que la cola, la cual es pequeña. La raza está adaptada a condiciones calientes y secas, y se considera el animal más productivo (hasta 500 kg de leche en una lactancia de 280 días) bajo condiciones más que desfavorables (Oklahoma State University 1998). Pueden presentar en promedio producciones diarias de 3-4 litros de leche diarios (Romero 1997) y porcentajes de grasa en leche mayores al 5% (Garcés *et al.* 2000).



### **3.1.4 Saanen.**

La raza Saanen es proveniente de Suiza, considerada altamente productora de leche (con 3-4% de grasa). Son sensibles al exceso de luz y se desarrollan mejor en climas de templados a fríos (Durán 2007, Oklahoma State University 1998, Romero 1997).

Su estatura va de mediana a grande y presentan gran vigorosidad; son de color blanco o crema claro, el pelo es corto y fino, las orejas deben estar erectas y alerta en todo momento (Oklahoma State University 1998). La cabeza es grande y bien proporcionada, con o sin cuernos, de perfil recto o subcóncavo; cuello delgado, largo y fino, ubres bien implantadas, desarrolladas y de forma globular sin división. Pezones de mediano grosor, uniformes, largos y apuntando ligeramente hacia adelante (Gea 2006). Presentan gran precocidad y prolificidad (Romero 1997) además de que pueden ser cruzadas con cabras criollas, incrementándose la producción en forma notable en comparación con éstas (Durán 2007).

La producción de leche varía pero se reportan promedios de 197,54 kg en lactancias de 210 días (Paz *et al.* 2007); según Romero (1997), pueden producir 4-6 litros de leche diarios.

### **3.1.5 Toggenburg.**

Las Toggenburg son originarias del Valle de Toggenburg en Suiza, y es considerada la raza más antigua que se conoce (Durán 2007). Son vigorosas, robustas y de apariencia alerta; el pelo es corto o mediano, suave, fino y su color varía desde café claro a oscuro (Oklahoma State University 1998). Presentan marcas blancas en los lados de la cara, en las orejas, en el área de la cola y la parte inferior de las patas (Stubbs y Abud 2002). Su frente es ancha y de perfil recto; con o sin cuernos; ubres bien implantadas, de forma globular, de tamaño mediano y sin división (Gea 2006).

La raza Toggenburg se desempeña mejor en condiciones frías (Oklahoma State University 1998, Romero 1997) o montañosas y se ha adaptado más que la Saanen a las condiciones latinoamericanas (Durán 2007); son reconocidas por su excelente desarrollo de la ubre y alta producción láctea con 3,7% de grasa en promedio (Oklahoma State University 1998); con cantidades de alrededor de 3-4 litros de leche diarios (Romero 1997).

### **3.2 Razas de carne.**

#### **3.2.1 Boer.**

La raza Boer es una mezcla de animales europeos, indias y Angora con animales originarios de África; son animales dedicados principalmente a la producción de carne (Oklahoma State University 1998).

Es una raza con orejas grandes y diversos patrones de color (Oklahoma State University 1998). Pelaje corto y grueso que cubre un cuerpo simétrico y corpulento. Su cabeza es grande con cuernos fuertes y dirigidos hacia atrás. La raza es bastante prolífica (Gea 2006).

Los animales Boer son capaces de obtener ganancias de hasta 200 g/día en sistemas intensivos (Durán 2007, Oklahoma State University 1998), y es posible obtener hasta 3 partos en 2 años dada su larga temporada de apareamiento (Oklahoma State University 1998) con tasas de ovulación que varían entre 1 y 4 (Durán 2007). Presentan un rendimiento de canal de 48% luego de haber mudado los dos primeros dientes (Gea 2006).

### **3.3 Razas de doble propósito.**

#### **3.3.1 Anglo Nubiana.**

La raza Anglo Nubiana se basa genéticamente en razas indias y del Norte de África cruzadas con cabras inglesas (Durán 2007), son usualmente consideradas como animales de doble propósito para condiciones de climas secos ya que tienden a presentar lactancias más cortas y menos productivas pero ganancias de peso aceptables (Stubbs y Abud 2002).

El estándar racial acepta animales de cualquier color o combinación de colores, el pelo es corto, fino y brillante; cabeza triangular, perfil convexo y orejas largas y caídas, la ubre debe ser bien conformada, implantada un poco hacia delante y con los pezones de buen tamaño (Gea 2006). Presentan producciones de 700 litros de leche por lactancia con un porcentaje de grasa de 4-4,5% (Romero 1997).

### **3.4 Otras razas.**

#### **3.4.1 Angora.**

Proviene de Asia Menor y se utiliza para la producción de mohair (2,40 kilogramos por esquilada) el cual puede ser obtenido dos veces al año (con fibras de 12 cm a 15 cm) (Oklahoma State University 1998) y el diámetro de la fibra es de 31,5  $\mu\text{m}$  a 37,1  $\mu\text{m}$  (Agroinformación.com 2004); aunque también puede producir leche y carne (Gea 2006).

Son animales de color blanco brillante, pelaje espeso, abundante, largo, fino, lustroso, sedoso y rizado. Su cuerpo presenta formas redondeadas, la cabeza es curvilínea, fina, de frente ancha, perfil recto y orejas anchas y son de baja prolificidad (Gea 2006), también son cruzadas algunas veces con cabras criollas para mejorar la

producción de pieles de las mismas, con magníficos resultados dadas las características genéticas de la raza angora (Durán 2007).

El mohair es similar a la lana pero difiere a ésta en que su superficie es más suave que la de la lana y es muy utilizado para la fabricación de ciertas prendas que deben ser fuertes y durables (Oklahoma State University 1998).

#### **3.4.2 Kashmir.**

Se trata en realidad de una agrupación de razas que se explotan para la producción de pelo llamado tiflit, pashum o kashmir y su producción se desarrolla en distintas zonas de Asia con variaciones de peso, medidas y producción dependiendo de la zona (USDA 1992, Agroinformación.com 2004).

#### **3.4.3 Criolla.**

La raza Criolla se considera un *mosaico genético* por ser la resultante de numerosos cruzamientos con el fin de generar animales adaptados a ambientes bastante rigurosos lo que ha llevado al desarrollo de animales de una gran rusticidad, pero puesto que no ha sido caracterizada fenotípicamente como raza, existen animales de distinto tamaño, conformación y pelaje (Gea 2006).

Presentan principalmente cabeza alargada, delgada, activa, de tamaño pequeño, orejas medianas, semierectas, perfil nasal rectilíneo o cóncavo. Cuernos delgados, cortos y en forma de lira, el pelo varía en color desde blanco hasta negro aunque prevalecen los tonos oscuros (Durán 2007).

Su producción oscila entre 400 y 600 g por día con lactancias de 200 días y porcentajes de grasa de 2 a 8,9% (Durán 2007).

#### **4. Aspectos biológicos de la nutrición caprina.**

Los mamíferos han explotado una gran variedad de fuentes de alimento; algunos requieren dietas altamente especializadas mientras que otros son oportunistas, ya que pueden sobrevivir con una alimentación muy diversa. En conjunto, los hábitos alimenticios y la estructura física de los animales están fundamentalmente relacionados. Las adaptaciones de un mamífero se encuentran reflejadas en los dientes quizá más que en cualquier otra característica física. Con algunas excepciones, todos los animales tienen dientes y sus modificaciones están altamente correlacionadas con lo que comen (Hickman *et al.* 2002). Los incisivos, los premolares y molares son las piezas que se presentan en la especie caprina; los primeros se encargan de la prensión del alimento y los otros de la masticación y trituración del mismo.

Otro tipo de especialización alimentaria presente en los animales lo constituye su sistema digestivo, la especie caprina presenta las características de un rumiante con un estómago dividido en 4 cámaras (rumen, retículo, omaso y abomaso). El tracto intestinal mide alrededor de 100 pies de largo (25 veces el largo del animal) y tiene un volumen de alrededor de 11 litros (Haenlein 1992).

##### **4.1 Hábitos y conducta alimentarios.**

Las cabras son animales muy curiosos y pueden caminar grandes distancias en busca de alimento, conducta que les ayuda a satisfacer sus necesidades nutricionales (Devendra y McLeroy 1986). Según Cory (1927, citado por Vélez 1993) mientras los vacunos recorren en promedio 5,3 km al día en busca de forraje y los ovinos recorren 6,1 km, la especie caprina recorre hasta 9,7 km/día. Además, esta especie es capaz de distinguir entre amargo, dulce, salado y ácido; y muestran mayor tolerancia para el amargo que los bovinos (Devendra y McLeroy 1986). Siendo entonces el material consumido por estos animales seleccionado en gran medida por los órganos gustativos y su capacidad específica para detectar el sabor (sensibilidad)

y tolerarlo (el nivel de tolerancia se define como la concentración máxima del sabor antes de suspender el consumo) (Vélez 1993).

Durante los primeros 8-10 días de vida los cabritos sólo poseen un estómago funcional, el abomaso, y el único alimento es la leche o un sustituto de la misma; pasada esta etapa empiezan con el consumo de alimento sólido y con ello el desarrollo del rumen, y a partir de los dos meses de edad puede esperarse un aporte significativo del rumen a la digestión total (Vélez 1993).

Algunos de los comportamientos alimenticios de la especie caprina se ven afectados debido a la especialización a la dieta herbívora, por ejemplo una cabra adulta dedica poco tiempo a la masticación cuando se nutre, enviando el material consumido rápidamente al rumen donde se inicia un proceso de fermentación del alimento; cuando el animal está en reposo, parte de ese material regresa a la boca por regurgitación y el bolo vuelve a ser masticado, disminuyendo aún más el tamaño del material (Belanger 1982), generándose en las cabras más periodos de alimentación pero de menor duración que en ovinos (Vélez 1993).

A pesar de que las cabras aceptan diversos alimentos, son peculiares en sus hábitos ya que el material que es aceptable para una cabra a veces no lo es para otra (Devendra y McLeroy 1986), situación que puede estar determinada en parte por experiencias previas del animal al consumir dicha fuente (Vélez 1993). Por lo general tampoco suelen aceptar lo que haya sido rechazado por otros animales.

También se han descubierto diferencias estacionales; por ejemplo, en España se ha observado una preferencia por los matorrales en la estación seca y una predilección por pastos, leguminosas y malezas en la época de mayor humedad. Estos animales tienden a mordisquear los retoños y hojas de plantas en crecimiento al tiempo que rechazan los tallos (Devendra y McLeroy 1986).

Mientras que los vacunos ingieren indiscriminadamente grandes cantidades de forraje, las cabras debido a la alta movilidad del labio superior, son capaces de ramonear diversas plantas para satisfacer sus requerimientos (Vélez 1993, Devendra y McLeroy 1986, Furber 1985). Además, la digestión y absorción de energía y proteína es menor en el rumen y proporcionalmente mayor en el resto del tracto digestivo de cabras y ovejas en comparación con los rumiantes más grandes (Vélez 1993).

Otra de las adaptaciones necesarias corresponde a la ingesta de agua por parte de los rumiantes, los cuales deben estirar el cuello a la hora de ingerir líquidos con el fin de que ingrese directamente al omaso y no caiga dentro del rumen. Es tal la importancia del desarrollo de la cavidad ruminal que el animal debe consumir una dieta voluminosa que permita al rumen trabajar de forma correcta haciendo indispensable que paja o alguna pastura forme la base de la alimentación diaria (Belanger 1982).

#### **4.2 Fisiología digestiva en rumiantes.**

Ningún aspecto de la cría de cabras es más importante que la alimentación. Se puede comenzar con un pie de cría muy fino, alojarlo en instalaciones modernas e higiénicas; pero sin una alimentación adecuada, los animales no tendrán ningún valor (Belanger 1982).

Los pastos son usualmente la fuente más barata para alimentación de animales (Fernández y Sánchez-Seiquer 2003, McGowan y Nurse 2007), principalmente cuando se trata de animales herbívoros como las cabras y en algunos casos es lo único que estos pequeños rumiantes necesitan para satisfacer sus necesidades nutricionales diarias (Fernández y Sánchez-Seiquer 2003). Según Elías (1983, citado por Delgadillo 2001); la fibra, en especial la celulosa, es una de las sustancias orgánicas que más abunda en la naturaleza y ésta a su vez constituye una de las mayores fuentes de energía (Hickman *et al.* 2002). Según Ciappesoni

(2005), las fibras de celulosa pueden representar del 40% al 50% del peso total en seco de los tallos, hojas y raíces de las plantas. Además, según el mismo autor, estas fibras de celulosa se encuentran dentro de una matriz de hemicelulosa y polímeros fenólicos (complejos lignina-carbohidratos) unidos por enlaces covalentes.

Sin embargo, los vertebrados en el curso de la evolución no han sido capaces de desarrollar las enzimas que ataquen los enlaces  $\beta$  1-4 glicosídicos característicos de las fibras de celulosa. En los herbívoros esta ausencia no influye en la utilización de la fibra, especialmente por los rumiantes ya que presentan un estómago dividido en cuatro cámaras; donde en el primer compartimiento (rumen-retículo) se ha establecido una microflora celulolítica responsable de una fermentación pregástrica (Hickman *et al.* 2002).

Un gran número de protozoarios y bacterias viven en el rumen y en el retículo. De manera que cuando el alimento ingresa, los microbios inician la digestión y lo fermentan, no solamente degradan la proteína, almidón y grasas, sino también la celulosa. El material más grande y burdo es regurgitado periódicamente como bolo ruminal, vuelto a masticar y deglutido de nuevo. Eventualmente los productos de la acción microbiana (y algunos de los mismos microbios) pasan al estómago *verdadero* donde se llevan a cabo la digestión y absorción final (Belanger 1982).



El proceso de digestión fermentativa en los rumiantes, incluidas las cabras, ocurre, como se mencionó anteriormente, por acción de bacterias, protozoarios y hongos (levaduras); de este modo, estos procesos de degradación de los alimentos proveen al animal principalmente de cuatro factores de importancia (Ciappesoni 2005):

- Síntesis de proteína de alta calidad en la forma de los microorganismos ruminales que pasan a las secciones siguientes del tracto gastrointestinal.
- Síntesis de proteína a partir de fuentes de nitrógeno no proteico.
- Síntesis de vitaminas del complejo B.
- Degradación de la fibra de los alimentos para producir energía. Esta última característica es la ventaja más importante que presenta el poseer un ecosistema ruminal.

Para proteger estos procesos de degradación, el animal debe mantener ciertas condiciones específicas que le permitan desarrollar de manera estable dichos microorganismos. Así, el huésped debe llenar los siguientes requerimientos para que se lleve a cabo una fermentación adecuada (Cunningham 1999):

- Aportar el sustrato necesario para la fermentación.
- Mantener la temperatura en un nivel cercano a los 37 °C.
- Conservar la fuerza iónica (osmolalidad) del líquido ruminal dentro de un rango óptimo (cerca de 300 mosm).
- Mantener un potencial de oxidoreducción negativo (-250 hasta -450 mV).
- Retirar el desecho no digerible (material sólido).
- La tasa de eliminación de los microbios debe ser compatible con los tiempos de regeneración de la mayoría de los microbios favorables.
- Amortiguar o retirar los productos ácidos de la fermentación anaeróbica (ácidos grasos volátiles).

El primero de los requisitos mencionados se satisface únicamente por medio de la alimentación; mientras que otros como, por ejemplo la fuerza iónica o la temperatura, se controlan con los mecanismos homeostáticos que mantienen dichas condiciones fisiológicas dentro del cuerpo del huésped. El potencial de oxidoreducción sólo necesita mantener fuera a las moléculas de oxígeno que podrían entrar en el rumen al deglutir el alimento o tomar agua. Los restantes requisitos que propone el mantenimiento de una cámara de fermentación necesitan el desarrollo de funciones fisiológicas especiales que se relacionan con los preestómagos; estas funciones incluyen los patrones de motilidad que son característicos del retículorumen, la absorción directa de los ácidos grasos volátiles producidos y la generación de altos niveles de saliva con una alta concentración de iones básicos (Cunningham 1999, Rojas 1995).

De esta manera, uno de los procesos de degradación de mayor importancia para el ganado caprino corresponde a la degradación de la celulosa porque, como ya fue mencionado, únicamente los animales rumiantes son capaces de liberar la energía contenida en dicho polisacárido estructural. Entonces, dado que los procesos de fermentación son realizados dentro de un medio anaeróbico, los azúcares de la celulosa y demás fuentes son metabolizados para producir ácidos grasos volátiles en las formas de ácido acético ( $\text{CH}_3\text{-COOH}$ ), ácido propiónico ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$ ) y ácido butírico ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ ); además de pequeñas cantidades de otros productos como ácido láctico, dióxido de carbono y metano (Ciappesoni 2005).

Por lo tanto, el proceso mediante el cual la energía presente en la fibra de los alimentos es liberada por los rumiantes comprende los siguientes procesos (Leek 2004):

1. Primero, la celulosa, hemicelulosa y pectinas son atacadas por enzimas microbianas (celulasas, hemicelulasas, etc.) presentes en el líquido ruminal; este proceso genera como resultado final la formación de monosacáridos.
2. Luego, los monosacáridos producidos son transformados a la molécula fructosa 1,6-difosfato, gracias a una vía que incluye a la glucosa para almidones y celulosa; por una ruta que se da gracias a la fructosa en el caso de los fructosanos, y por vía de la xilosa cuando se trata de las moléculas de hemicelulosa y la pectina.
3. Posteriormente, inicia una segunda etapa que envuelve la ruta de *Embden-Meyerhof* en la cual se realiza una oxidación anaeróbica de la fructosa 1,6-difosfato a piruvato vía fosfoenolpiruvato.
4. Finalmente se da una tercera etapa, la cual comprende las reacciones que generan los metabolitos finales de la fermentación:
  - El fosfoenolpiruvato es el inicio del camino que lleva a la producción de acetato, butirato y formiato que luego es convertido a metano.
  - El piruvato origina el butirato por la vía de  $\beta$ -OH-butilato; y el propionato por la vía del oxalacetato y el succinato.
  - Por la vía del lactato y el acrilato se produce también del 10% al 30% del propionato producido en dichos procesos de fermentación.

De esta manera, la formación de metano y propionato constituye un medio importante de reoxidar las coenzimas reducidas durante la fermentación, para que estas estén de nuevo disponibles para las reacciones oxidativas (de deshidrogenación) (Leek 2004).

En el proceso antes descrito, la celulosa y otros polímeros constituyentes de la fibra se transforman en fuentes energéticas aprovechables por el animal en forma de ácidos grasos volátiles (AGV), principalmente acético, propiónico y butírico y en menor cantidad ácido valérico y ácidos grasos volátiles ramificados o isoácidos (ácido isobutírico e isovalérico) (Leek 2004); dichas moléculas de naturaleza ácida constituyen hasta el 90% de la energía del rumiante. Del total del ácido producido, la mayor cantidad corresponde al acetato, seguido por la generación de ácido propiónico, dejando de último al ácido butírico lo mismo que los otros productos generados de menor importancia (Ciappesoni 2005).

Una vez que los AGV son producidos, se absorben en los tres preestómagos del animal, los cuales poseen un epitelio escamoso estratificado que puede variar la tasa de absorción de acuerdo con el pH interno del rumen (la absorción aumenta al disminuir el pH), y el largo de la cadena carbonada del ácido graso (entre más larga la cadena, más rápidamente es absorbido) (Leek 2004), así que los AGV se absorben de la siguiente forma: butirato antes que el propionato y antes que el acetato.

Alrededor de la mitad de los AGV producidos son absorbidos por medio de difusión pasiva en su estado no disociado, y el resto es absorbido como aniones por difusión facilitada produciendo un intercambio con moléculas de bicarbonato que ayudan también a controlar el pH del rumen (Leek 2004).

Luego de que los ácidos grasos volátiles son absorbidos, la mayor parte del ácido butírico es metabolizado dentro de la célula y transformado en  $\beta$ -hidroxibutirato por medio de una reacción de oxidación. Este cuerpo cetónico es liberado a la sangre y puede ser utilizado por la mayor parte de los tejidos del organismo para producir ATP, de hecho en la glándula mamaria provee las primeras cuatro unidades carbonadas para la formación de los ácidos grasos de cadena corta y media (Cunningham 1999).

Parte del acetato producido en los preestómagos es transformado a CO<sub>2</sub> por el epitelio ruminal, el resto es absorbido y entra a la circulación estando disponible para la mayoría de los tejidos que lo usan, formando acetil CoA que es utilizado en el ciclo del ácido cítrico para liberar su energía; además, en la glándula mamaria es utilizado para la síntesis de ácidos grasos de cadena corta y media (Leek 2004).

El ácido propiónico también es en parte metabolizado por la célula de la pared ruminal (más o menos 30%) para formar ácido láctico, el cual es liberado a la sangre junto con el ácido propiónico restante. En el hígado, el propionato es transformado en oxalacetato el cual se usa en el Ciclo de Krebs, o junto con el ácido láctico es convertido a glucosa; por lo tanto, sólo el propionato es capaz de sintetizar glucosa (Leek 2004).

Es gracias a los procesos antes descritos que los rumiantes pueden utilizar los alimentos fibrosos más eficientemente que los monogástricos, produciendo alimentos de alto valor biológico para el hombre.

## **5. Aspectos básicos en la nutrición caprina.**

La producción caprina consiste de cinco elementos básicos (Haenlein 1978):

- Bioquímica nutricional.
- Fisiología reproductiva.
- Genética.
- Comportamiento.
- Rentabilidad económica.

Dado que en un sistema de explotación caprino los principales intereses son alto nivel productivo y rentabilidad económica, resulta de suma importancia tomar en cuenta el aspecto nutricional bajo el que se encuentran los animales (Steevens y Ricketts 1993). Así, se tiene que todas las cabras, sin importar raza, sexo, edad y

estado fisiológico, requieren los mismos nutrientes: proteína, energía, minerales, vitaminas y agua (Pinkerton y Pinkerton 2005), siendo la energía el nutriente más limitante y la proteína el más caro de satisfacer (Schoenian 2003). A pesar de que todas las cabras necesitan los mismos nutrientes, varía la cantidad y la proporción en que un animal requiere cada uno de éstos.

El alimento para el ganado puede definirse como cualquier sustancia que alimente el cuerpo del animal para su mantenimiento, reproducción y producción; de esta forma los alimentos pueden dividirse en 2 categorías principales (Devendra y McLeroy 1986):

- Forrajes: incluyen las pasturas, heno, paja, ensilados, raíces, matorrales, árboles y otros subproductos. Son alimentos bajos en proteína y grasa, y tienden a ser altos en fibra.
- Concentrados: a esta categoría pertenecen los granos de cereales, numerosas semillas, pastas de aceites y harinas, así como los subproductos agroindustriales. Suelen ser costosos, altamente digeribles y de bajo contenido de fibra.

La cantidad de alimento que consume un animal está determinada, entre otros, por los siguientes factores (Vélez 1993):

- El requerimiento de nutrientes de sus diferentes órganos, debido a que por medio de una mayor o menor ingestión de alimento el animal trata de mantener constante el nivel de nutrientes que circulan en la sangre.
- La capacidad del aparato digestivo, siendo el peso vivo del animal un buen indicador del volumen del mismo.
- La alta digestibilidad del alimento favorece la velocidad de paso del material consumido por el tracto digestivo del animal aumentando la capacidad de ingesta.
- La palatabilidad y presentación del alimento.

Los requerimientos nutricionales de cabras manejados principalmente para la producción de leche presentan dos diferencias de notable importancia respecto a los animales para producción de carne. Primero, las cabras lecheras deben tener niveles de producción relativamente altos y persistentes durante 9-10 meses, el ganado caprino de carne sólo debe producir leche por 4-7 meses y la persistencia luego de los cuatro meses no es verdaderamente importante siempre y cuando la cantidad inicial producida sea bastante alta. Segundo, las cabras lecheras suelen ser alimentadas con suplementos concentrados además de materiales fibrosos, mientras que las de carne son alimentadas básicamente a base de materiales forrajeros (Pinkerton y Pinkerton 2005).

A pesar de que la mayoría de las personas piensa que las cabras pueden ser alimentadas con materiales de baja calidad, esta especie requiere una dieta con una mayor concentración nutricional que muchos otros animales rumiantes (Fernández y Sánchez-Seiquer 2003, Peterson 2002, Huston 1978).

Adicionalmente, es virtualmente imposible alcanzar buena producción lechera en un hato si no se ofrece a los animales agua de calidad (Guss 1977).

Esta demanda radica en varias características del animal, como la forma de su boca, la movilidad de su labio superior y el tamaño del rumen respecto al tamaño corporal además de sus preferencias alimenticias, que las facultan para consumir selectivamente las partes más nutritivas de materiales que por otras especies serían pobremente aprovechados (Fernández y Sánchez-Seiquer 2003, Peterson 2002, Huston 1978).

Investigaciones han determinado que las cabras invierten más de la mitad del tiempo que tardan alimentándose comiendo hojas y brotes de árboles y arbustos y que además presentan cierta predilección por las inflorescencias de las pasturas (Huston 1978). La influencia de la naturaleza de los pastos (especie, variedad, fase de crecimiento y método de almacenamiento) en el nivel productivo de cabras

lecheras, depende en última instancia del consumo de forraje y de la energía presente en el mismo (Morand-Fehr y Sauvant 1980). Entonces, como es lógico pensar, una alimentación basada en alimentos de una alta calidad conllevaría a obtener mejores parámetros productivos.

Según Taylor (1977, citado por Huston 1978) existen diferencias entre las razas de cabras y el tipo de materiales que prefieren consumir; siendo generalmente el contenido de fibra cruda del alimento el principal causante de las variaciones en el consumo de alimento y producción láctea; no obstante el número de cortes y la etapa de crecimiento también lo afectan pero en menor grado (Morand-Fehr y Sauvant 1980). En investigaciones dirigidas por Silanikove (1986), el consumo de forraje de alta calidad por cabras de raza Beduina fue menor que el realizado por cabras Saanen ya que las primeras tienden a presentar menores requerimientos de energía y acumulan menos sólidos; además las cabras Beduinas presentan digestibilidades aparentes de la materia seca mayores que las de raza Saanen.

Además, en el caso del ganado caprino dedicado a la producción láctea existen ciertos factores que pueden determinar su nivel de producción y éstos son: el mérito genético de cada animal, la calidad de sus ubres, el estado sanitario de cada cabra y la alimentación. Éste último, no sólo se debe permitir una alta producción láctea, sino que también ayude a mantener saludable al rebaño lo que al final se traduce en una mejoría de los parámetros reproductivos que a su vez influyen directamente sobre la eficiencia de un sistema de producción caprino (Haenlein 2002).

Se sabe que la suplementación de cabras con alimentos balanceados en la última fase de la gestación puede generar aumentos significativos en la producción láctea (hasta un 26% más durante las primeras 8 semanas de lactación) debido a una mayor cantidad de reservas corporales; de la misma manera la alimentación con concentrados junto con forrajes al inicio de la lactancia y en la mitad de ésta permite mejorar también la producción de leche (Morand-Fehr y Sauvant 1980).



Otros factores que afectan los requerimientos nutricionales los constituyen la edad (relacionada con el crecimiento del animal), estado fisiológico, la actividad diaria que realiza la cabra y el medio en que vive, ya que éste puede afectar su consumo. Como regla general, se puede suponer que una cabra va a consumir, diariamente, alrededor de 2% a 4% de su peso corporal en materia seca, de manera que dicha cantidad de material debe llevar la cantidad de nutrientes específica que requiere cada animal (Schoenian 2003). También, se ha demostrado que cuando cabras lecheras son suplementadas con concentrados para mejorar el balance nutricional, los porcentajes de materia seca consumidos aumentan al igual que el consumo diario de energía lo que lleva a una mejoría en la producción lechera, en el balance energético del animal y a un mejor desarrollo de reservas corporales (Morand-Fehr y Sauvant 1980).

En alimentación de cabras, es de suma importancia tomar en consideración la posibilidad del desarrollo de enterotoxemia; y aunque el uso de vacunas contra *Clostridium perfringens* previene contra la enfermedad de manera efectiva, los problemas principales de enterotoxemia que se presentan en la actualidad se deben a problemas de acidosis ruminal generada por una alimentación inadecuada (Haenlein 2002). La acidosis puede presentarse cuando se ofrece a animales hambrientos una gran cantidad de materiales altamente fermentables (más de un 60% de la dieta en concentrados), debido a deficiencias de calcio en la dieta o porque el forraje que se brinda a las cabras es muy poco o presenta un tamaño de fibra muy pequeño (menor a una pulgada de largo), ya que este último estimula la regurgitación del material en el rumen, además de incrementar la salivación que permite amortiguar el pH ruminal (Haenlein 2002).

Una de las ventajas de una alimentación con un nivel adecuado de fibra es que permite un desarrollo adecuado de los microorganismos del rumen, lo que asegura la adecuada producción de vitaminas del complejo B que pueden satisfacer las necesidades diarias del animal (Haenlein 2002).

Por lo tanto, los requerimientos de una cabra pueden ser satisfechos a cabalidad cuando se implementan diversos materiales; indiferentemente del origen de cada uno (Schoenian 2003).

En Costa Rica, entre las estrategias disponibles para la alimentación de la especie caprina se encuentran los forrajes, los subproductos agrícolas o industriales y los alimentos concentrados, lo que beneficia la implementación de sistemas de producción intensivos que permiten un manejo más eficiente de la granja (Fernández y Sánchez-Seiquer 2003).

Así, la dieta del ganado caprino debe ser analizada bajo determinados parámetros (Steevens y Ricketts 1993):

- Brindar suficiente energía para el crecimiento al alimentar animales jóvenes.
- Alcanzar niveles de energía que permitan mantener un peso corporal relativamente constante al alimentar animales adultos.
- Proveer suficiente cantidad de energía, proteína, minerales y vitaminas con un programa de alimentación balanceado que permita un animal saludable.
- Ofrecer alimento extra al ganado caprino durante la lactancia y/o la gestación, para satisfacer las necesidades de producción y de desarrollo del feto respectivamente.

Si se toma en cuenta lo anterior, es posible obtener adecuadas tasas de crecimiento, buena salud de los animales y alta producción láctea en los sistemas productivos.

## **6. Forraje para alimentación animal.**

### **6.1 Principios de botánica de los pastos.**

Los pastos pertenecen al grupo de las poáceas, antiguamente conocidas como gramíneas (Peña 1991, Crowder y Chheda 1982). Esta es una familia de hierbas anuales o perennes, distribuidas por todo el mundo (Peña 1991).

Dicho tipo de planta presenta tallos formados por secciones (nudos y entrenudos) los cuales reciben el nombre de caña (Peña 1991) o culmo (Crowder y Chheda 1982). En el área del nudo aparece de forma interna un tabique transversal sólido o tenue; y en la parte externa del nudo se une la vaina de la hoja (Peña 1991). Además, en la zona de los nudos existe tejido meristemático, el cual permite la elongación de los tallos (Crowder y Chheda 1982).

El tallo de las gramíneas puede ser macizo como en el caso de la caña de azúcar o el King Grass, y es propio por lo general de plantas que no toleran alta humedad permanente en el suelo, también puede ser hueco como en el arroz que es una planta habituada a vivir en medios de alta humedad (Peña 1991). Los culmos pueden presentar vellosidades llamándose pubescentes, o carecer de ellas, a los cuales suelen denominarse glabros (Crowder y Chheda 1982).

En esta familia de plantas, el tallo muestra una tendencia a formar rizomas que pueden extenderse a considerable distancia, sirviendo para la propagación vegetativa de la especie. En las yemas presentes en el tallo primario subterráneo en las plantas de crecimiento erecto (King Grass), brotan nuevos tallos (tallos secundarios), y de estos otros (tallos terciarios) para formar una macolla (Peña 1991). La altura que puede alcanzar el tallo varía dependiendo de la especie, las condiciones de suelo y la época del año (Peña 1991).

El tipo de raíz presente en los pastos como el King Grass suele ser del tipo secundario, las cuales se desarrollan de los nudos basales de los tallos. Este tipo de raíces son fibrosas y se entrelazan para formar una capa densa justo debajo de la base del tallo (Crowder y Chheda 1982).

Las hojas de las poáceas son largas y estrechas, formadas en general por una vaina en la base y un limbo lanceolado. El borde del limbo es entero, regular o irregular, y es en el limbo donde se encuentra un nervio central pronunciado y paralelas a éste corren las inervaciones secundarias formando una hoja paralelinervia. La unión del limbo con el pecíolo o vaina se denomina cuello, presentando en esa unión una lígula blanca y enhiesta, que a veces es sustituida por una estrecha banda de pelos. Rematando la vaina aparecen a ambos lados, las aurículas, que son estructuras membranosas de protección o abrazadera (Peña 1991).

La vaina puede cubrir todo un entrenudo, parte de éste o más de uno y abrazar totalmente el tallo o parte del mismo. La parte inferior y central de la vaina protege la yema, por lo que las hojas están dispuestas alternamente, igual que las yemas. Además algunas veces la lámina o limbo presenta pelos (Peña 1991).

En el King Grass las hojas son alternas, dispuestas en dos hileras sobre el tallo, con las venas paralelas, la vaina presenta vellosidades erectas que tienen su base engrosada, y la parte superior de la hoja (la lámina) es alargada, angosta, aplanada y con pelos sedosos. Entre la vaina y la lámina, por la cara interna, se presenta una lígula de color café que termina en largos vellos (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad Mexicana, 2008).

Las flores de las poáceas son perfectas, hermafroditas, unisexuales y monoicas. La espiguilla primaria es una estructura que consta de varias flores, provistas de dos brácteas o glumas; así, un grupo de espiguillas se une para formar

una inflorescencia de varias ramificaciones cuyo nombre es espiga compuesta, racimo, panoja o panícula (Peña 1991).

Los pastos son monocotiledóneas, o sea, el embrión en la semilla posee un único cotiledón (Crowder y Chheda 1982). En la especie *Pennisetum purpureum* la inflorescencia tiene forma de espiga densa, de hasta 25 cm, amarilla o a veces púrpura, compuesta de numerosas espiguillas. Las espiguillas son solitarias o en grupos de 2 a 3 rodeadas de cerdas que se unen en la base y las flores son muy pequeñas y cubiertas de varias brácteas (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad Mexicana, 2008).

## **6.2 Principios de fisiología vegetal.**

El manejo de las praderas se puede definir como un conjunto de prácticas aplicadas al sistema suelo-planta-animal, que se orientan a controlar el crecimiento vegetal y el acceso de los animales a los pastos, a fin de conseguir una máxima productividad de las pasturas (Mares 1983).

Los pastos tropicales de naturaleza perenne tienen el potencial de crecimiento y producción de material durante todo el año. El desarrollo del mismo está condicionado por la luz, la concentración de dióxido de carbono, disponibilidad de nutrientes, agua, y principalmente la temperatura (Crowder y Chheda 1982).

El manejo de los pastos está configurado por un conjunto de factores gobernados todos ellos en mayor o menor grado por el ganadero, quien debe tomar en consideración aspectos no manejables que determinan el crecimiento y utilización del forraje. Uno de estos factores es la fisiología vegetal, y como ejemplo podemos citar la producción de materia seca de una pradera expresada en términos de la cantidad de pasto que llega a ser cosechado, lo cual está determinado por una serie de procesos fisiológicos que contribuyen a la formación de material vegetal (Mares 1983).

Los procesos que afectan el desarrollo de biomasa son la respiración, la fotorespiración y la senescencia; mientras que los procesos que afectan positivamente el desarrollo de material son el crecimiento no fotosintético a partir de las reservas del vegetal y el crecimiento fotosintético (Mares 1983). El crecimiento del pastizal es un aspecto fundamental desde el punto de vista zootécnico, éste se produce a partir de una serie de cambios cualitativos y cuantitativos dentro de la planta. El crecimiento de un órgano vegetal es un crecimiento irreversible de tamaño, de peso sólido o seco y de cantidad de citoplasma, los cuales son cambios cuantitativos; en cambio, el desarrollo en los vegetales constituye una diferenciación de masa y está constituido por cambios de forma, así como el grado de complejidad y diferenciación que alcanza el organismo (Peña 1991). Así, la fase de crecimiento en que se encuentra una planta genera variaciones en la misma, conforme avanza la maduración de dicha planta, se produce un aumento de la materia seca, lo cual se refleja en un incremento en el contenido de componentes de la pared celular y al mismo tiempo una reducción de los contenidos celulares (Crowder y Chheda 1982).

En las gramíneas, todo el tejido nuevo de la hoja y la yema foliar surge del punto de crecimiento apical situado dentro de la envoltura de vainas foliares que circundan la base del brote (Whyte *et al.* 1959).

Es posible determinar la cinética de crecimiento de una planta, midiendo índices como el rendimiento de materia seca, proteína cruda, altura, entre otros; pero en general, podemos encontrar una disminución en la velocidad del crecimiento a medida que las reservas de las raíces se agotan, luego se observa en las nuevas hojas por efecto de la fotosíntesis un rápido incremento de peso (*llamarada de crecimiento*), que por último alcanza un nivel de crecimiento más lento y que se hace prácticamente nulo al momento de la senectud de la planta y que en ocasiones coincide con el momento de la floración y fructificación (Peña 1991).

Es posible entonces, conociendo la dinámica de crecimiento de una planta, determinar una curva de producción óptima para cada variedad disponible. Según Voisin (1974), al rebrotar una planta ésta empieza a describir una curva sigmoidea y aunque este comportamiento es teórico, se cumple en todos los casos con pequeñas variaciones según las regiones y las condiciones climáticas anuales, lo cual hace posible determinar una curva de productividad óptima (CPO) para el ciclo de uso de una especie de pastura.

Para que una variedad de pasto obtenga su CPO es necesario que cumpla con los siguientes requisitos (Peña 1991, Mares 1983):

- Adecuado rendimiento (que no necesariamente será el mayor).
- Excelente valor nutritivo o adecuado valor biológico.
- Que no afecte la salud de la planta a corto o largo plazo.
- Alto nivel de consumo.
- Alto producto animal por unidad de superficie.

De esta manera, se puede llegar a determinar el tiempo de reposo adecuado para cada variedad de pastura durante el cual se obtiene el mayor beneficio en el tiempo.

La eficiencia fotosintética en las plantas depende de la intensidad lumínica: cuando es baja, la eficiencia de las hojas individuales es mayor; pero cuando es mayor, la cantidad neta de productos de la fotosíntesis obtenidos aumenta debido a que los pastos tropicales presentan una vía de utilización del carbono diferente (los pastos tropicales se conocen como C<sub>4</sub>, no como C<sub>3</sub>); además, los pastos de climas templados fotorespiran en presencia de luz produciendo mucho CO<sub>2</sub> en cambio, caso contrario a los pastos tropicales.

Otro factor que mejora la tasa neta fotosintética es la reducción de CO<sub>2</sub> que hacen los pastos tropicales a su alrededor de forma más eficiente que los pastos templados, lo cual significa una mayor captación y uso del carbono. Por último, los pastos tropicales poseen células especiales que rodean los haces vasculares y que están relacionadas con la formación de almidones y almacenamiento de carbohidratos que aumentan su eficiencia (Crowder y Chheda 1982).

Otro factor que determina el crecimiento de las plantas es su capacidad de respuesta a la duración relativa del día y la noche, lo que determina su comportamiento.

En cuanto a cinética de crecimiento y desarrollo, se clasifica al pasto King Grass como una planta de fotoperiodo corto porque florece únicamente cuando el periodo de luz solar es inferior a un determinado valor crítico (generalmente menor a 15 horas); de esta manera, si la duración del día no excede el umbral de tiempo necesario, ocurre un proceso fisiológico-reproductor donde se libera la sustancia inductora de la floración, lo cual genera la aparición primero de los primordios florales, luego las flores y por último el fruto y/o la semilla (Peña 1991).

Es posible hallar en la literatura una diferenciación de los pastizales como consecuencia directa de sus hábitos de crecimiento y de su estructura. El crecimiento inicial de las plántulas es similar en todas las gramíneas, pero la forma de crecimiento de las plantas maduras varía mucho entre las especies y se ve afectada principalmente por el alargamiento de los entrenudos y la dirección del crecimiento de los tallos alargados. Así desde el punto de vista teórico podemos cuestionar las estructuras idóneas de explotación de una especie de acuerdo con su perfil de crecimiento (Peña 1991).



### 6.3 Utilización de pastos para alimentación de cabras lecheras.

El primer factor que limita la producción animal a base de pastos corresponde a la naturaleza, calidad y particularmente a la productividad del ganado para el cual se cultivan los pastos y forrajes.

En ciertas zonas tropicales y subtropicales el ganado presente no justifica ninguna inversión para el mejoramiento de su nutrición, pero es obvio que en lugares donde se trabaja con mejoramiento genético del ganado, como en Costa Rica, la provisión de pastos mejorados es indispensable para obtener los máximos rendimientos productivos (Whyte *et al.* 1959).

El valor nutritivo de las especies forrajeras es el resultado de una serie de aspectos que incluyen la composición química y digestibilidad de la planta, lo mismo que factores producidos por la interacción entre el animal y los pastos (consumo voluntario y eficiencia en la utilización del pasto). En términos generales, el valor nutritivo de las gramíneas tropicales es menor que el de las gramíneas de clima templado (Mares 1983). Según Minson y McLeod (1970, citados por Mares 1983), esa diferencia en digestibilidad se debe principalmente a factores climáticos, de la misma manera Van Soest *et al* (1978, citados por Mares 1983), señalan que la temperatura más alta del trópico incrementa la lignificación de la pared celular de las plantas, lo cual conlleva a una disminución de su digestibilidad.

Es posible cultivar diversos pastos para alimentar a la especie caprina, la elección de un forraje en un ambiente particular se determinará por el tipo de suelo, precipitación pluvial y la disponibilidad de plantas y semillas (Devendra y McLeroy 1986). En el Cuadro 3 se muestra una lista de algunas especies de pasto que pueden usarse en diferentes ambientes, pero en general las cabras prefieren pastos menos toscos como Guinea (*Panicum maximum*) o el Pangola (*Digitaria decumbens*), que los de tipo más áspero como el pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*) (Devendra y McLeroy 1986).

**Cuadro 3.** Ejemplos de especies de pasto que pueden utilizarse para producción de forraje para alimentación caprina.

<b>Medio Ambiente</b>	<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>
<b>Trópicos húmedos</b>	Estrella africana	<i>Cynodon nlemfluensis</i>
	Bermuda	<i>Cynodon dactylon</i>
	Setaria	<i>Setaria spendida</i>
	Elefante o Napier	<i>Pennisetum purpureum</i>
	Guinea	<i>Panicum máximum</i>
	Pangola	<i>Digitaria decumbens</i>
	Pará	<i>Brachiaria mutica</i>
	Señal	<i>Brachiaria brizantha</i>
<b>Trópicos secos</b>	Buffel	<i>Cenchrus ciliaris</i>
	Colón	<i>Chloris gayana</i>
	Makarikari	<i>Panicum coloratum</i>
<b>Trópicos montañosos</b>	Bahía	<i>Paspalum notatum</i>
	Dalis	<i>Paspalum dilatatum</i>
	Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>
	Setaria nandi	<i>Setaria sphacelata</i>

\* Modificado de Devendra y McLeroy 1986.

Las fuentes alimenticias en zonas desérticas y tropicales son dependientes de las lluvias, las cuales se encuentran restringidas a sólo unos meses del año, consecuentemente las pasturas son pobres y de baja calidad lo cual produce una reducción en el consumo por parte de los animales (Silanikove 1986).

Además, según Crowder y Chheda (1982), la presencia de un componente nutricional en la planta no necesariamente significa que se encuentra completamente disponible para el animal. Así, para determinar la calidad de un forraje deben tomarse en cuenta ciertos factores:

- La composición nutricional del forraje.
- Los factores que afectan las posibles variaciones nutricionales.
- La capacidad de los animales para utilizar los componentes del alimento.
- Los factores afectando la variabilidad en dicha utilización.

Otro problema de gran importancia nutricional lo constituye la humedad del forraje que en algunos casos puede ser muy alta, lo que ocasiona dificultad para que animales con muy altos requerimientos consuman la cantidad de material que les permita satisfacer sus necesidades a cabalidad (Schoenian 2003, Fernández y Sánchez-Seiquer 2003). Por esta razón, la administración de concentrados puede resultar esencial para una adecuada nutrición del ganado.

También la edad fenológica o estado vegetativo de los pastos constituye un factor de gran importancia que gobierna la composición química y la digestibilidad de especies forrajeras (Mares 1983). A medida que los pastos envejecen, su calidad disminuye; obedeciendo fundamentalmente al aumento de elementos estructurales con la disminución de carbohidratos solubles, proteínas, minerales y digestibilidad (Elías 1983, Herrera 1983, y Ortega 1983; citados por Pineda 2004). Estos efectos se deben a cambios ontogénicos, fisiológicos y morfológicos, que acompañan el crecimiento y maduración de la planta (Mares 1983).

Las variaciones en la composición química y la calidad nutricional de las pasturas también pueden ser generadas debido a la diversidad genética de las plantas; por ejemplo, cuando diferentes especies y genotipos crecen en un ambiente común, las estimaciones de su composición química y valor nutritivo revelan diferencias significativas (Crowder y Chheda 1982).

Ciertos procesos ontogénicos del desarrollo, tales como la floración, afectan de manera significativa la composición química y la digestibilidad de los forrajes. También conforme la planta crece y madura, aumenta la cantidad de materia seca, al mismo tiempo que se incrementa el contenido de fibra cruda, fibra total o fibra neutro detergente; y consecuentemente también aumenta el contenido de lignina y celulosa (Mares 1983).

Al aumentar los carbohidratos estructurales del pasto a través de los procesos mencionados en los párrafos anteriores, se produce una disminución del contenido de proteína y de la digestibilidad de la planta, razón por la cual muchos pastos tropicales son considerados de mala calidad (Mares 1983).

El valor nutritivo de un forraje se refiere a su composición química, degradabilidad y naturaleza de los productos digestivos. Sin embargo, la cantidad de material consumido por el animal es muy importante ya que afecta el consumo total de nutrientes y la respuesta animal (Crowder y Chheda 1982).

Son considerados forrajes de baja calidad aquellos que desde el punto de vista químico presentan una digestibilidad menor al 55%, son deficientes en proteína verdadera (menor a 80 g PC/1000 g MS), además son bajos en azúcares y almidones solubles (inferiores a 100 g/1000 g) (Leng, 1990 citado por Pineda 2004).

La utilización de este tipo de forrajes por los rumiantes se ve limitada por varios factores propios de la interacción alimento:animal, entre los cuales se enumeran:

1. Disponibilidad de nutrientes en el alimento para un eficiente crecimiento microbial y una alta tasa de digestión en rumen.
2. La cantidad de componentes solubles en el forraje.
3. El estado fisiológico que puede aumentar o disminuir el aprovechamiento de los materiales fibrosos.
4. Historial clínico del animal debido a que ciertas patologías afectan el ecosistema ruminal.
5. Temperatura ambiente que determina los requerimientos para mantenimiento.
6. Las características físicas y químicas del forraje.

La cantidad y la calidad del pasto producido en una pradera también puede variar debido a una importante herramienta de manejo: la fertilización, que permite modificar la velocidad de rebrote de los pastos y la cantidad de forraje disponible luego de un lapso de crecimiento determinado (Mares 1983).

Existen varios factores como la aceptabilidad (determinada por almacenamiento, edad, contaminación con moho del forraje, edad de corte, manejo de las pasturas, entre otros) (Guss 1977), la presencia de sustancias indeseables, la tasa de pasaje y la disponibilidad de material que pueden influenciar el consumo de un forraje por los animales (Crowder y Chheda 1982).

### **6.3.1 Digestibilidad y degradabilidad ruminal de forrajes.**

El valor nutritivo de los alimentos se determina no sólo por su composición química sino también por la biodisponibilidad de sus nutrientes y la dinámica de los procesos digestivos en el tracto gastrointestinal (Arce *et al.* 2003). De esta manera, el coeficiente de digestibilidad de los alimentos afecta directamente el estado de nutrición de los animales (Aguilar *et al.* 1982).

Los carbohidratos son la principal fuente de energía para la síntesis de proteína microbial en los rumiantes (Firkins *et al.* 1998); por esto es de suma importancia el análisis del aprovechamiento que el animal hace de los materiales consumidos. Entonces, la digestión ruminal y la síntesis microbial tienen un impacto considerable en la alimentación y la nutrición de los rumiantes (Firkins *et al.* 1998, Nocek 1988). Los parámetros de la cinética de fermentación describen la digestión del alimento lo cual limita la disponibilidad de nutrimentos y determina la proporción de nutrientes absorbidos y utilizados por el animal (Arce *et al.* 2003).

El método in vivo ha sido tradicionalmente empleado para determinar la digestibilidad aparente de las raciones tanto en animales monogástricos como en rumiantes, este involucra la recolección total de las heces producidas. Este método

es confiable; sin embargo, requiere un gran número de animales, instalaciones apropiadas y una inversión de tiempo muy elevada para llevarse a cabo (Aguilar *et al.* 1982).

Un procedimiento alternativo para determinar la digestibilidad debe en principio generar un ahorro significativo de tiempo y dinero en relación con los estudios *in vivo* (Nocek 1988). Dicha digestibilidad de los nutrientes orgánicos del alimento puede ser determinada en el laboratorio por métodos biológicos donde los principales reactivos utilizados corresponden a enzimas adicionadas de manera directa o por microorganismos cultivados a partir de líquido ruminal (Contreras *et al.* 2008).

La fermentación de materia orgánica compleja de los forrajes no sucede de forma lineal sino que describe la forma de una curva, siendo la digestión de los materiales más rápida al principio disminuyendo de velocidad conforme pasa el tiempo y los sustratos accesibles a la fermentación van siendo eliminados. Las cabras tienen la habilidad de utilizar estas partes de más fácil fermentación y envían las partes menos fermentables a las siguientes secciones de su tracto gastrointestinal, para entonces poder consumir una nueva cantidad de alimento fresco lo cual les da su gran habilidad para satisfacer sus necesidades nutricionales a base de materiales de baja calidad nutricional (Huston 1978).

Generalmente, la mayoría de las técnicas *in vivo* para la cuantificación del flujo de materiales al duodeno o al abomaso, brindan digestibilidades y cinéticas sólo para una parte de la dieta total. Además, la cinética de degradación de los diferentes materiales está determinada por su tiempo de permanencia en el rumen lo cual varía considerablemente de acuerdo al sistema de alimentación (Firkins *et al.* 1998).

Los sistemas que evalúan la digestibilidad *in vitro*, son los más antiguos y aún los más comunes, estas metodologías consisten en una fermentación del alimento durante 48 horas por microorganismos ruminales de manera que la cantidad de

muestra que desaparece se considera ha sido digerida (Deinum *et al.* 1969, citado por Contreras *et al.* 2008).

La fermentación in vitro de los forrajes según el método de Tilley y Terry mediante un inóculo de microorganismos ruminales representa el mejor cálculo hecho en laboratorio sobre la digestibilidad in vivo (Arce *et al.* 2003). Sin embargo, a veces se presentan ciertos problemas con dicha metodología; por ejemplo, se pueden presentar variaciones en la actividad del fluido ruminal, variaciones incontrolables dentro y entre laboratorios y disponibilidad de animales fistulados ruminalmente (Arce *et al.* 2003, Saldaña y Dumont 1997).

Adicionalmente, existe cierta discrepancia entre laboratorios sobre si la digestibilidad in vitro debe determinarse por incubación de las muestras 30 ó 48 horas en licor ruminal; dado el mayor tiempo de incubación de las muestras mantenidas durante 48 horas, los valores de digestibilidad son mayores y aunque existen coeficientes para correlacionar los diferentes materiales con cada tiempo de incubación, estos deben ser tomados como guía o referencia. Se considera que un tiempo de incubación de 30 horas permite estimar más acertadamente el nivel de digestibilidad de la Fibra Neutro Detergente (FND) para un bovino en mantenimiento que 48 horas de incubación, pero sólo 30 horas de incubación tiende a disminuir la repetibilidad de los resultados, de manera que una duración de dos días de incubación puede considerarse mejor dada su mayor confiabilidad y a que la degradabilidad de un forraje tiene poca influencia sobre el Total de Nutrientes Digestibles del mismo (Hoffman *et al.* 2007).

A pesar de los posibles problemas presentados, se continúa haciendo análisis de digestibilidad de la FND por varias razones (Hoffman *et al.* 2007):

- Los animales productores de leche comen más materia seca y producen más leche cuando son alimentados con forrajes que tienen más alta digestibilidad.
- Recientes investigaciones indican que el contenido de Lignina y Fibra Detergente Ácido no considera todas las variaciones en la digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro y del forraje en su totalidad.
- Permite mejorar las estimaciones en requerimientos y balances energéticos de los animales.

Existen ciertas variaciones a las técnicas *in vitro* que utilizan enzimas para determinar la degradación de la proteína o los carbohidratos presentes en los alimentos, dichos procedimientos ofrecen ciertas ventajas, como por ejemplo: menores costos, menor inversión de tiempo, la contaminación de los residuos analizados se reduce significativamente y no requieren de animales fistulados para su realización, pero se dificultan debido a la especificidad de las enzimas, lo cual puede generar resultados no muy acertados (Nocek 1988).

Se han realizado investigaciones para establecer la correlación *in vitro* e *in vivo* utilizando diferentes digestores. Según estudios realizados por Arce *et al.* (2003) utilizando celulasas del hongo *Penicillium funiculosum*, buffer acetato, ácido clorhídrico y pepsina los resultados obtenidos revelaron grados de digestibilidad estadísticamente diferentes en comparación con el método *in vitro* de Tilley y Terry ( $p < 0,001$ ), lo cual puede atribuirse a que en el caso del licor ruminal la acción digestiva es realizada por diferentes microorganismos que pueden variar en proporción de acuerdo con el material presente mientras en el otro caso, la degradación es realizada únicamente por las celulasas del hongo.



Según Mertens (1993, citado por Firkins *et al.* 1998), los modelos para describir la digestibilidad de materiales necesitan separar los nutrientes en potencialmente digestibles (PD) y en fracciones indigestibles para satisfacer las suposiciones de las reglas de la cinética de primer orden de manera que el coeficiente de digestibilidad ruminal de un nutriente es función de la fracción PD y ésta es afectada por la tasa de digestión ( $k_d$ ) y la de pasaje ( $k_p$ ) como se observa en la siguiente fórmula:

$$\text{Digestibilidad} = (\text{PD}) [k_d / (k_d + k_p)]$$

La suspensión de materiales alimenticios dentro del rumen permite un contacto íntimo del alimento analizado con el ambiente ruminal dentro de un régimen alimenticio específico (Nocek 1988).

En todo caso, los valores de digestibilidad publicados no pueden ser considerados como valores absolutos sin tomar en cuenta ciertos factores de importancia que pueden afectar las estimaciones realizadas. Entre dichos factores se encuentran, por ejemplo, disminuciones en la fermentación por limitaciones físicas o enzimáticas al principio, también el tiempo de rezago es de importancia en este sentido. Otro factor de importancia lo constituye el hecho de que la estimación no lineal es mejor, ésta puede incrementar el tiempo de rezago y la degradabilidad de los materiales (Firkins *et al.* 1998).

En las estimaciones de digestibilidad ruminal debe tenerse en cuenta además, tres limitantes de gran importancia (Ørskov *et al.* 1980):

- Dado que la muestra se encuentra encerrada dentro de la bolsa, no se expone a ninguna degradación debido a la masticación o rumia.
- Bajo condiciones normales, el alimento puede escapar del rumen una vez que ha alcanzado un determinado tamaño de partícula, en dicha metodología el alimento permanece en el rumen hasta ser retirado.
- Debe recordarse que en el sentido estricto de la palabra lo que se mide en realidad es la cantidad de alimento que alcanza un tamaño de partícula lo suficientemente pequeño como para atravesar los poros de la bolsa y no necesariamente esto corresponde a una degradación completa hasta compuestos químicos absorbibles por el animal.

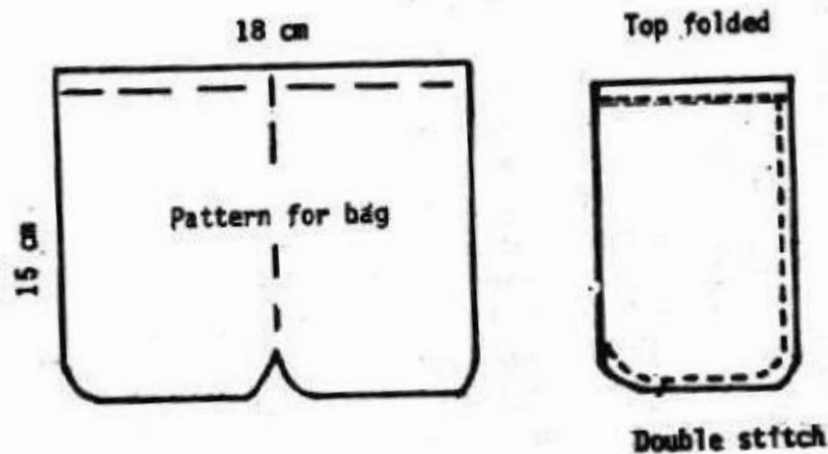
Han sido ampliamente investigados diversos aspectos relacionados con las características físicas de las bolsas utilizadas en las pruebas de degradabilidad ruminal. Desde las primeras investigaciones, se le ha dado gran importancia al tamaño del poro del material utilizado ya que es éste el que regula la salida de material digerido de la bolsa (Ørskov *et al.* 1980); una porosidad adecuada idealmente impide el influjo de contenidos del rumen no asociados con la muestra analizada y permite el influjo de las poblaciones microbiales que degradarán el alimento estudiado y al mismo tiempo limita la salida de las partículas de alimento restantes y que no van a ser degradadas (Nocek 1988).

Rodríguez (1968, citado por Ørskov *et al.* 1980) reportó que materiales con 1680, 2303 y 2550 poros/cm<sup>2</sup> generan valores de degradabilidad similares, mientras que Uden *et al.* (1974, citados por Ørskov *et al.* 1980) han reportado que materiales con poros de 20 µm y 35 µm producen pérdidas menores en las cantidades de materia seca que materiales con diámetros de poro de 53 µm, sobre este mismo tema, Van Miellen y Ellis (1977, citados por Ørskov *et al.* 1980) recomiendan un

diámetro máximo del poro de 10  $\mu\text{m}$  para evitar las pérdidas de muestra. Según Nocek (1988), lo más recomendable es una porosidad entre 40  $\mu\text{m}$  y 60  $\mu\text{m}$ .

Otra característica estudiada corresponde al tamaño de la bolsa, ya que debe tener un tamaño lo suficientemente grande que permita al líquido ruminal entrar a la bolsa y mezclarse con la muestra analizada pero por otro lado debe ser lo suficientemente pequeña para que pueda ser retirada con facilidad a través de la fístula del animal pasado el periodo de incubación (Ørskov *et al.* 1980).

Según Ørskov *et al.* (1980), el tamaño recomendado es de 140 x 90 mm; además las esquinas del fondo de la bolsa deben ser redondeadas para evitar que quede atrapada parte de la muestra en éstos lugares, un ejemplo de dichas bolsas se muestra en la Figura 2.



**Figura 2.** Ejemplo de una bolsa para determinación de degradabilidad ruminal de forrajes.

\*Modificado de Ørskov *et al.* (1980).

Diversas investigaciones han tratado de determinar el tamaño de partícula ideal a utilizar en las pruebas de degradabilidad ruminal, ya que las bolsas utilizadas en los ensayos no deben ser masticadas ni expuestas a la rumia, transformando a la

fermentación microbiana en el único medio por el cual el tamaño de partícula se ve reducido (Nocek 1988).

Según Firkins *et al.* (1998) el tamaño de molienda puede generar diferencias ya que un molido muy fino del material puede producir una sobreestimación de su digestibilidad, mientras que la ausencia de molienda genera una subestimación al suponer que no existe una disminución del tamaño de partícula debido a la masticación y al acto de rumiar. Lawrey (1969, citado por Ørskov *et al.* 1980) no encontró diferencias en las pérdidas de materia seca en forrajes molidos a través de mallas de 4, 3, 2 ó 1 mm de diámetro. De todas maneras, es difícil establecer el tamaño de partícula más adecuado ya que no se han realizado estudios con el objetivo de desarrollar correlaciones entre digestibilidades *in vivo* e *in situ* desde el punto de vista del tamaño de partícula (Nocek 1988).

Otra característica que debe ser tomada en cuenta corresponde al tamaño de la muestra a analizar; este corresponde a alguno que provea al final de largos periodos de incubación, una cantidad suficiente de residuo que permita continuar con los análisis de laboratorio a desarrollar sin que se llegue al punto de llenar demasiado la bolsa, ni que se retrase la unión de las bacterias al material produciendo subestimaciones en la degradabilidad (Nocek 1988).

Según diversos autores (Edwin y Elliston 1959, Rodríguez 1968; citados por Ørskov *et al.* 1980) la posición de las bolsas dentro del rumen al inicio del tiempo de incubación no produce ningún efecto sobre los resultados finales, mientras que otros (Balch y Jonson 1950, citados por Ørskov *et al.* 1980, Nocek 1988) recomiendan la colocación de las bolsas en el saco ventral del rumen para disminuir las posibles variaciones en los resultados. Además, como guía se recomienda tiempos de incubación de 12 a 36 horas para analizar concentrados, 24 a 60 horas para forrajes de buena calidad y de 48 a 72 horas para materiales forrajeros de baja calidad (Ørskov *et al.* 1980).

La dieta del animal puede afectar considerablemente los resultados de la degradabilidad ruminal obtenidos dado que es ésta el principal factor determinante de la cantidad y tipo de los microorganismos ruminales (Nocek 1988); por ejemplo animales alimentados con dietas altas en concentrados presentan reducciones en la actividad celulolítica ruminal (Ørskov *et al.* 1980). Lindberg (1981, citado por Nocek 1988) encontró que la digestibilidad de los forrajes disminuye conforme aumenta la cantidad de concentrado suministrada debido al cambio de los microorganismos hacia poblaciones del tipo amilolítico. De esta manera, la dieta del animal debe ser lo más parecida al material que desea ser analizado.

Las técnicas de digestión *in situ* han sido desarrolladas en diferentes especies animales que incluyen bovinos, ovinos, caprinos y equinos, pero lo más común es el desarrollo de este tipo de investigaciones en bovinos y ovinos. No se han encontrado diferencias en la desaparición de la materia seca de diversos forrajes entre especies diferentes, lo cual sugiere que las diferencias en la digestibilidad se relacionan principalmente con el tiempo de retención de los sólidos en el rumen; inclusive, puede considerarse de mayor importancia la variación potencial entre animales del mismo y de diferentes estados fisiológicos y la variación en el tiempo de la digestibilidad de los diferentes materiales. A pesar de que no se han encontrado diferencias debe tenerse cierta precaución al comparar grados de digestibilidad de animales diferentes (Nocek 1988)

#### **6.4 Características de los pastos tropicales.**

En Costa Rica las especies de pasturas disponibles generalmente tienen un bajo valor nutritivo, ya que los forrajes tropicales y pajas tienen como principal característica nutricional la presencia de un alto contenido de lignocelulosa, el cuál es un complejo compuesto por celulosa y lignina con una asociación física y química sumamente estrecha (Delgadillo 2001), además su contenido nutricional es variable a través del año y a través de las diferentes regiones (Leng 1990, citado por Pineda 2004) como se muestra en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Contenido nutricional de varios pastos de Costa Rica bajo diferentes condiciones climáticas.

Especie	Energía Digestible (Mcal/kg)		% FND		% PC	
	Época semiseca	Época lluviosa	Época semiseca	Época lluviosa	Época semiseca	Época lluviosa
<i>Cynodon nlemfluensis</i>	2,44	2,46	70,3	71,7	13,1	16,4
<i>Setaria anceps</i>	2,65	2,46	65,4	69,3	15,3	11,8
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	2,48	2,38	65,3	68,1	13,5	11,2
<i>Pennisetum purpureum</i>	2,15	2,09	73,6	71,9	8,4	9,6
<i>Pennisetum clandestinum</i>	2,89	2,98	62,9	58,3	22,0	23,2

\*Modificado de Sánchez 2001.

De esta manera se distinguen tres fracciones en nuestros forrajes (Elías 1983, Aguilera 1988, Wilson 1994; citados por Delgadillo 2001):

1. Hidratos de carbono fácilmente fermentables por la población microbiana ruminal (glucosa, fructosa, sacarosa, almidón y algunos polisacáridos que se almacenan como fructosanos y rafinosa).
2. Fracción de celulosa y hemicelulosa potencialmente digestible, pero parcialmente aprovechada por la presencia de lignina.
3. Fracción de lignina y sílice, esencialmente indigestible por los microorganismos ruminales.

Los pastos disponibles en las regiones tropicales tienen un rápido crecimiento durante la época de lluvias, incremento que se ve reflejado en la producción de materia seca por el volumen de material producido en una determinada área y contrasta con la temporada seca donde su desarrollo es más lento. Durante este periodo, aunque hay menor humedad en los forrajes y por ende más concentración

de materia seca, el volumen de material es menor, además durante esta época se presenta un bajo contenido de proteína en las pasturas, que repercute negativamente sobre el nivel de digestión y consumo (Herrera 1983, citado por Pineda 2004).

Lo anterior se refiere a un concepto de estacionalidad de la cosecha de pastos, dado que en muchos lugares la escasez de lluvias durante la época seca obliga a cambios en el manejo de las pasturas (Mares 1983). Además, estos forrajes son también por lo general deficientes en elementos minerales como molibdeno, selenio, azufre y fósforo, debido al nivel de acidificación de los suelos, lo que se refleja en una baja digestibilidad (Peralta *et al.* 1987, citado por Pineda 2004). Este nivel nutricional insuficiente es una razón de la baja productividad de la ganadería tropical, sobre todo en áreas de suelos de baja fertilidad natural y con sequías estacionales (Clavero *et al.* 1998, citado por Meléndez *et al.* 2000).

Por otra parte, en las gramíneas tropicales la capacidad fotosintética es mayor que en las gramíneas templadas e incluso que en las leguminosas tropicales. Esto debido a tres factores (Herrera 1983, citado por Delgadillo 2001 y Pineda 2004):

1. La fotosíntesis se produce a través de la vía C<sub>4</sub> y no por la vía C<sub>3</sub> como en las de clima templado.
2. La falta de fotorespiración en presencia de luz en las C<sub>4</sub>.
3. La actividad fotosintética se incrementa con la intensidad lumínica en las gramíneas tropicales llegando a ser el doble de la actividad de las templadas.

Los forrajes tropicales son importantes fuentes de fijación de energía solar, la cual es transformada vía fotosíntesis en otro recurso energético, como los azúcares estructurales de la pared celular, que pueden ser liberados a través de la fermentación microbiana dentro del rumen y ser aprovechados en otros elementos de alto valor biológico (carne, leche, etc.); sin embargo, para optimizar su utilización es necesario un manejo estratégico de la complementación alimenticia en los rumiantes

que permite obtener niveles productivos de medianos a altos (Preston 1995, citado por Pineda 2004).

## **6.5 Opciones actuales para la alimentación caprina.**

Recientemente se han estudiado una serie de pastos con características favorables para trabajarlos bajo corte que se desarrollan adecuadamente en climas cálidos, tropicales y subtropicales, con una buena adaptación a regiones montañosas de clima frío (González y Eguiarte 1993, citados por Pineda 2004). En la literatura se les considera forrajes de corte porque se produce en las praderas, es cortado, acarreado y suministrado al ganado, generalmente fuera de las mismas (González y Eguiarte 1993, citados por Ortiz 2000). La ventaja respecto a otros forrajes consiste en su característica de ser perennes, ya que con una sola siembra se pueden explotar durante varios años.

El cultivo de estas especies permite a cualquier empresa pecuaria obtener forraje de buena calidad a un menor costo (Ortiz 2000).

Los principales cultivos perennes son las especies forrajeras del género *Pennisetum*, como los pastos Taiwán, King Grass, Elefante, etc., además de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), los cuales tienen una alta productividad de biomasa por unidad de superficie, esto permite disponer de forraje durante todo el año, ya sea en forma verde, ensilada o henificada (Preston y Leng 1989, González y Eguiarte 1993; citados por Pineda 2004).

### **6.5.1 Características del pasto King Grass.**

La variedad *Pennisetum purpureum* cv. King Grass, también conocido como pasto Panamá, es un pasto nativo de Zimbabwe, África del Sur (Hernández 1987), se puede localizar entre los 10 grados latitud norte y 20 grados latitud sur (Fallas 1987).



Existe cierta discrepancia entre los autores en relación a la clasificación taxonómica de King Grass. Por ejemplo: Pinzón y Gonzales (1978, citados por Fallas 1987), lo clasifican como la variedad PI-300-086, mientras que otros autores lo reportan como un híbrido interespecífico de *Pennisetum purpureum* y *Pennisetum americanum* (Fallas 1987), o como uno entre el mismo *Pennisetum purpureum* y *Pennisetum typhoides* (Ortiz 2000). Sin embargo, una gran mayoría de autores lo clasifican como *Pennisetum purpureum* variedad King Grass, debido a que su inflorescencia posee las características clásicas del mencionado género (Hernández 1987).

La variedad pertenece a la tribu Paniceae, familia Gramineae (Hernández 1987); la mayor parte de sus rasgos morfológicos son intermedios entre los parientes, es una gramínea perenne, alta, de porte erecto, con tallos gruesos hasta de 4-5 m de alto (Pineda 2004) y diámetros de 0,024 m (Hernández 1987).

Es de color verde mar y algunos poseen pigmentos antocianínicos. En las nudosidades se encuentran las yemas y los primordios radiculares, los internudos están enteramente cubiertos por las vainas de una longitud de 0,07 a 0,25 m. El tallo principal produce de 20 a 30 hojas lanceoladas con suaves pubescencias en las superficies y márgenes los cuales son menos cerrados que en el Napier. Las dimensiones de sus hojas son 0,85-1,07 m x 0,034 m, además, de un máximo de área de la hoja individual de 250 cm<sup>2</sup> (Hernández 1987).

Las plantas son de tallo grueso, hojas envolventes con pubescencia, de coloración verde. Presentan cierta resistencia al acame aunque frecuentemente son atacados por plagas como *Prosapia sp.* y *Spodoptera sp.*, los cuales no representan pérdidas económicas significativas del cultivo (Ortiz 2000).

Dicho pasto prospera mejor en zonas tropicales y subtropicales con temperaturas no mayores de 33 °C (Hernández 1987). Se encuentra en suelos húmedos de zonas con más de 1000 mm de precipitación anual, tolera sequías

breves pero no el anegamiento. Es una de las gramíneas forrajeras más cultivadas que rinde grandes cantidades de materia seca; por ejemplo, Araya y Boschini (2005) reportan producciones que van desde los 7350 kg/ha/corte a una edad de rebrote de 70 días hasta los 25087 kg/ha/corte a una edad de crecimiento de 140 días. Sin embargo, el problema es su bajo contenido de proteína, salvo cuando se corta muy tierno (Delgadillo 2001, Pineda 2004); Araya y Boschini (2005) reportan para esta característica valores de 12,43% y 5,37% para las mismas edades ya mencionadas. En Costa Rica, tiene una amplia distribución ya que se encuentra desde el nivel del mar hasta alturas superiores a los 1600 m.s.n.m. (Fallas 1987).

En el manejo de esta especie no deben realizarse cortes demasiado bajos, nunca por debajo de los 15 cm (Delgadillo 2001).

Es importante buscar un equilibrio entre el rendimiento y la calidad nutritiva, ya que a mayor tamaño del pasto se obtienen mejores rendimientos de producción de MS pero de menor calidad y viceversa. Por ello se recomienda cortar el pasto cuando alcanza una altura de 1,6 a 2,0 m, para obtener una buena producción así como calidad nutricional. Con un buen manejo se pueden obtener de 3 a 4 cortes por año (Delgadillo 2001, Pineda 2004). En terrenos con riego su producción es uniforme durante todo el año, pero su mayor producción se obtiene durante la época de lluvias. Este zacate puede tener un rendimiento de 99,6 ton MV/ha (24,4 ton MS/ha) en climas fríos (Gonzalez y Eguarte 1993, citados por Ortiz 2000).

El pasto puede adaptarse y tolerar diferentes condiciones edáficas, pero son preferibles aquellas donde el suelo es profundo y bien drenado, ya que acumulaciones de agua por períodos cortos causan muerte de las cepas o afectan el desarrollo de las mismas; si se presentaran dichas condiciones en un suelo, lo más recomendable sería la implementación de zanjas de drenaje que faciliten el desarrollo adecuado de la pastura (Hernández 1987). Se sabe que el pasto prefiere para su desarrollo suelos francos, fértiles, neutros o ligeramente ácidos con una adecuada humedad (Fallas 1987).

El sistema radicular del King Grass es profundo y puede alcanzar 4,5 m de profundidad y nunca menos de 4,0 m; pero cuando el pasto es sometido a corta, la mayoría de sus raíces se encuentran en los primeros 0,10 cm o sea, en la capa superior del suelo y su extensión en dicha sección del perfil del suelo, depende del espaciamiento entre surcos y la profundidad inicial de siembra (Hernández 1987). La especie es fuertemente macollada, con raíces fibrosas y superficiales (Ortiz 2000).

Las inflorescencias son panojas compactas, amarillo doradas o amarillas, de un tamaño de 0,20 m-0,30 m x 0,013 m; además emergen en la época seca. Las anteras están dobladas y contienen poco o nada de polen, pero los estigmas aparecen normales; y la semilla es un cariósipide similar en tamaño al del Napier (Hernández 1987). Pero, aunque el pasto produce semilla, su germinación es muy baja o nula, por lo que su establecimiento es con material vegetativo (Ortiz 2000).

Se ha comprobado que la fertilización nitrogenada produce un ligero incremento de sus rendimientos; además, en otros estudios se ha demostrado que dado que dicho pasto se utiliza bajo sistemas de corte y acarreo, requiere de una alta cantidad de nutrientes, principalmente nitrógeno, fósforo y potasio (Hernández 1987).

Se sabe que las especies del género *Pennisetum* son atacadas por insectos del orden Lepidóptera, Coleóptera y Homóptera, causando defoliación, acaparamiento y muerte por succión de savia. Además, se ha reportado una enfermedad en el King Grass conocida como añublo del King Grass, producida por el hongo *Pyricularia* (Fallas 1987).

Según investigaciones hechas por Araya y Boschini (2005) en diferentes cultivares de *Pennisetum purpureum* en la Estación Experimental Alfredo Volio M. en Ochomogo, Cartago, Costa Rica, se determinó que los pastos King Grass y Taiwán presentan una mayor producción de materia verde y materia seca, seguidos por los cultivares Camerún, Gigante y Mott. Además, concluyeron que la edad óptima de cosecha para las diferentes variedades de *Pennisetum purpureum*, dentro de los

cuales se encuentra el King Grass, fue a los 70 días debido a la producción de material y al estado fisiológico de la planta. También, debido al ciclo de crecimiento de la especie alrededor de los 112 y 114 días, los autores obtuvieron rendimientos de biomasa total mayores que a 70 días, pero la magnitud de la producción por unidad de área se reduce, por lo que no se justifica el tiempo que se debe esperar.

Además, en condiciones de secano en Cuba, investigaciones realizadas muestran que el pasto King Grass se destaca por presentar altos valores de digestibilidad (71,65%; 67,45% y 71,65% a los 45, 60 y 75 días de corte, respectivamente) y cenizas (15,87%; 14,50% y 13,81% respectivamente) así como su gran proporción de hojas, como lo demuestra su alta relación hoja-tallo (1,32; 1,2 y 0,9 respectivamente). El comportamiento de la proteína bruta es fluctuante y deficiente en forma general (8,02%; 4,66% y 6,48% respectivamente) (Meléndez *et al.* 2000). Al respecto, también se ha determinado que al aumentar la edad de corte la cantidad de proteína y cenizas disminuye, pero aumenta la cantidad presente en hojas con respecto a los tallos (Araya y Boschini 2005).

En otros estudios realizados se determinó que la especie de pasto conocida como King Grass tiene necesidades adecuadas de nitrógeno para su conveniente crecimiento y desarrollo, obteniéndose mayores rendimientos con el asocio de leguminosas llegando inclusive hasta 24-30 ton MS/ha/año. Las altas producciones son obtenidas si se realiza en asocio con distintas especies de leguminosas; con la especie *Centrosema pubescens* pareciera ser la mejor opción para las condiciones analizadas, esta especie también demostró que genera una relación hoja:tallo mayor (6,6) (Espinoza *et al.* 2001). Este comportamiento puesto en evidencia puede deberse en parte debido a que el nitrógeno aportado por las especies leguminosas en asocio se vuelve disponible de manera más paulatina que con el uso de fertilizantes nitrogenados de uso común, mejorando la eficiencia con que se utiliza el nitrógeno en el sistema, lo cual lleva a una mejora en la producción total de pasto y en la calidad nutricional del mismo.

## **Materiales y Métodos**

### **1. Ubicación.**

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental de Ganado Lechero *Alfredo Volio Mata*, de la Universidad de Costa Rica, ubicada en El Alto de Ochomogo, distrito de San Rafael del cantón de La Unión en la provincia de Cartago, Costa Rica; a 1542 m.s.n.m. y con una precipitación media anual de 2050 mm, distribuidos en la época lluviosa que va de Mayo a Noviembre; posee una humedad relativa media del 84% y una temperatura que va de los 13 °C a los 23 °C con un promedio anual de 19,3 °C. Las coordenadas geográficas correspondientes a dicho centro experimental son 9° 55' 10" latitud Norte y 83° 57' 20" longitud Oeste (Vargas 2004).

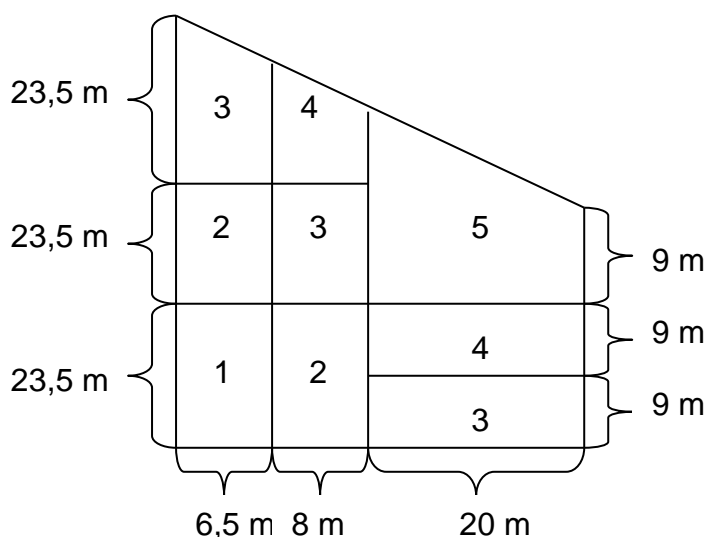
El suelo es de origen volcánico, clasificado como *Typic Distrandepts*, caracterizado por poseer buen drenaje y una fertilidad media (Vásquez 1982, citado por Araya y Boschini 2005). Dicho suelo esta formado por cenizas volcánicas recientes, con una textura franco arcillo arenosa, un pH de 5,8 y un contenido de materia orgánica de alrededor de 6,24%, presenta excelentes condiciones físicas y buenas características químicas, es de una vocación agrícola solo limitada por la topografía del lugar. El ecosistema de la región se clasifica como bosque húmedo montano bajo (Vásquez 1982, citado por Elizondo y Boschini 2002).

### **2. Modelo experimental.**

Para la evaluación del material experimental se utilizó un modelo estadístico correspondiente a un cuadrado latino con tres repeticiones, donde cada tratamiento corresponde a la edad de corte evaluada en el pasto (60, 75 y 90 días de crecimiento) y cada cuadrado corresponde a un grupo de tres animales (Lamancha,  $\frac{3}{4}$  Toggenburg y  $\frac{3}{4}$  Saanen) seleccionados con base en peso, edad y estado fisiológico asegurándose que estas características fueran similares. Los nueve

animales seleccionados se distribuyeron en tres grupos de forma que en cada uno quedara representado cada grupo racial.

El experimento se inició en el mes de Julio de 2007 con la uniformización del material experimental. Dichos cortes se realizaron para contar durante todo el periodo experimental con el pasto suficiente para la alimentación de los animales y que el mismo tuviera las edades a analizar, más o menos 7 días. El área total reservada para el proyecto fue de aproximadamente 1800 m<sup>2</sup> la cual se dividió en 9 parcelas todas de similar superficie como se muestra en la Figura 3.



**Figura 3.** Distribución de parcelas, tamaños y orden de corte en el campo sembrado con el pasto *Pennisetum purpureum* var. King Grass en la Estación Experimental Alfredo Volio Mata, Cartago 2008.

Las parcelas, según el orden mostrado en la Figura 3, fueron cortadas los días martes, cada 15 días, con el fin de contar con la cantidad de pasto necesaria para cada una de las tres repeticiones del ensayo. Inmediatamente realizado cada corte, se realizó una aplicación de un herbicida a base de Ión Paraquat (ASF 378) (Syngenta Agribusiness S.A. 2003) en una dosis de 2,5 L/ha (Márquez *et al.* 2007)

para eliminar las malezas desarrolladas y eliminar la posible competencia que pudiera alterar el crecimiento normal del pasto.

Un periodo de 30 días después de la uniformización se aplicó Nitrato de Amonio como fertilizante, aplicando el equivalente a 115,5 Kg/ha de nitrógeno para regresar al suelo una cantidad similar a la extraída por el corte de pasto (Araya y Boschini 2005).

### 3. Manejo experimental.

Los animales seleccionados para el proyecto se colocaron en corrales individuales para controlar el consumo por animal. La cantidad de materia seca ofrecida a cada cabra fue determinada de acuerdo con las tablas de requerimientos nutricionales del NRC para caprinos (NRC 1981). De ésta manera cada uno de los animales fue alimentado con una cantidad uniforme de un concentrado comercial (1000 g/animal/día) cuya composición nutricional se muestra en el Cuadro 5. La cantidad diaria de pasto ofrecida a cada animal se muestra en el Cuadro 6.

**Cuadro 5.** Composición nutricional del concentrado comercial utilizado, Cartago 2008.

<b>Nutriente</b>	<b>Valor</b>
Humedad (máx)	13,00 %
Proteína Cruda (mín)	16,00 %
Extracto Etéreo (mín)	5,00 %
Fibra Cruda (máx)	12,00 %
Energía Digestible (mín)	3150 kcal/kg
Calcio (mín)	0,75 %
Calcio (máx)	1,10 %
Fósforo (mín)	0,6 %
Sal Común (NaCl) (mín)	0,5 %
Sal Común (NaCl) (máx)	0,8 %

**Cuadro 6.** Requerimiento de materia seca y materia verde por animal y cantidad de pasto ofrecida a cada animal diariamente, Cartago 2008.

# Animal	Raza	Consumo Materia Seca Estimado (% peso vivo)	Cantidad de Pasto en Base Fresca (g/animal/día)	Cantidad de Pasto en Base Seca (g/animal/día)
0625	¾ Toggenburg	2,90	2430	360
0607	¾ Toggenburg	2,94	2260	340
0619	¾ Toggenburg	3,04	1820	270
0620	¾ Saanen	2,75	3090	460
0618	¾ Saanen	2,74	3120	460
0617	¾ Saanen	3,10	1620	240
0513	Lamancha	2,81	2840	420
0512	Lamancha	2,67	3390	500
0501	Lamancha	2,96	2160	320

El experimento tuvo una duración de 42 días divididos en tres periodos de catorce días cada uno; de estos catorce días, los primeros siete correspondieron a un tiempo de adaptación y los restantes siete días comprendieron el periodo de evaluación.

Durante este periodo se pesó diariamente la cantidad de forraje fresco ofrecido a cada uno de los animales, lo mismo que la cantidad de forraje remanente en los comederos. Para los análisis de laboratorio correspondientes al pasto, durante la semana de evaluación se recolectó muestras del material ofrecido a los animales. Se tomaron muestras correspondientes a la planta entera, de las hojas y los tallos por separado y del material rechazado por los animales.

Las muestras de forraje tomadas fueron picadas en una *Ensiladora 40 P* de la marca JF Máquinas Agrícolas®, Modelo *JF 40 P*, la cual tiene una potencia de 2400 a 2600 rpm y que pica el material a un tamaño de alrededor de 2,5 cm de largo.



#### **4. Análisis de laboratorio.**

Las muestras de pasto picado fueron posteriormente presecadas en un horno a una temperatura de 60 °C y luego se les realizó análisis de:

- Materia Seca a 105 °C (AOAC # 2001.12).
- Proteína Cruda según el método de Kjeldahl (AOAC # 978.04).
- Fibra Ácido Detergente (AOAC # 973.18).
- Fibra Neutro Detergente (AOAC # 2002.04).
- Extracto Etéreo (AOAC # 930.09).
- Cenizas (AOAC # 930.05) (AOAC 2004-2005).

También, las muestras recolectadas de planta entera se sometieron a ensayos de digestibilidad In Vitro de la materia seca (DIVMS) y de Degradabilidad Ruminal o Digestibilidad In Situ de la Materia Seca.

##### **4.1 DIVMS.**

La DIVMS corresponde a una fermentación anaeróbica con líquido ruminal de las muestras de pasto; para esto se pesaron 0,5 g de la muestra de pasto en bolsas para la determinación de fibra del tipo F 57 de la marca Ankom Technology®, posteriormente estas bolsas se incubaron en un incubador Daisy modelo D200 de la marca Ankom Technology® durante 48 horas a una temperatura de 39 °C en una mezcla de licor ruminal recolectado de un animal fistulado, una solución reductora (2 ml por muestra) y un medio de cultivo (40 ml por muestra) compuesto por una solución buffer, una solución macromineral, una solución micromineral, y solución reductora (Contreras *et al.* 2008).

Finalizadas las 48 horas de incubación, las muestras se lavaron y se sometieron a un proceso de determinación de Fibra Neutro Detergente (AOAC # 2002.04) (AOAC 2004-2005) para determinar el porcentaje de digestibilidad de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ DIVMS} = 100 - \% \text{ Fibra Neutro Detergente luego de la incubación}$$

(Contreras *et al.* 2008)

#### **4.1.1 Solución reductora.**

Para la preparación de la solución reductora, se disolvió en un litro de agua, 4 g de bicarbonato de amonio y 35 g de bicarbonato de sodio (Contreras *et al.* 2008).

#### **4.1.2 Solución macromineral.**

Se disolvió en un litro de agua destilada (Contreras *et al.* 2008):

- 5,7 g de fosfato de sodio anhidro
- 6,2 g de fosfato de potasio anhidro
- 0,58 g de sulfato de magnesio heptahidratado
- 2,22 g de cloruro de sodio

#### **4.1.3 Solución micromineral.**

Para la solución micromineral se tomó (Contreras *et al.* 2008):

- 13,2 g de  $\text{CaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
- 10,0 g de  $\text{MnCl}_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$
- 1,0 g de  $\text{CoCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$
- 8,0 g de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$

Luego los componentes se mezclaron y se aforaron a 100 ml con agua destilada.

#### **4.1.4 Medio de cultivo.**

Para la elaboración del medio de cultivo, se agregó 2 g de tripticasa a 400 ml de agua destilada y luego 0,1 ml de solución micromineral, posteriormente se mezcló 200 ml de solución buffer, 200 ml de solución macromineral y 1 ml de resazurina 0,1 % m/v (Contreras *et al.* 2008).

#### **4.1.5 Solución reductora.**

La solución reductora se preparó disolviendo en 45 ml de agua destilada 0,625 g de cisteína y 4 ml de KOH 1 N, por separado se disolvió también 0,625 g de sulfuro de sodio en 50 ml de agua destilada y finalmente, se mezcló ambas soluciones (Contreras *et al.* 2008).

#### **4.1.6 Licor ruminal.**

El licor ruminal se obtuvo de un animal fistulado ruminalmente alimentado únicamente a base de pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*) desde 7 días antes de la recolección de líquido ruminal. La extracción de fluido del rumen se realizó de la parte media o baja y se depositó en un termo el cual debió quedar lleno para evitar la presencia de aire que pudiera afectar a los microorganismos presentes (Contreras *et al.* 2008).

#### **4.2 Degradabilidad Ruminal.**

La prueba de degradabilidad ruminal fue realizada utilizando un animal fistulado ruminalmente, al cual se le colocaron bolsas de nylon con un poro de 40 µm dentro de las cuales se pesaron alrededor de 3 g de material secado a 60 °C. Dichas muestras fueron incubadas dentro del rumen del animal seleccionado a 6 tiempos

correspondientes a: 2, 6, 12, 24, 48 y 60 horas (Vargas 2004), además se corrió un blanco que midió la desaparición de material a cero horas de incubación por lavado de las mismas con agua corriente (Vergara-López y Araujo-Febres 2006).

Para asegurar un rápido contacto con los componentes ruminales, las muestras se remojaron en agua antes de su introducción al rumen de la vaca, con el fin de acelerar la acción de los microorganismos presentes en el rumen sobre las muestras de forraje (Vargas 2004).

Posterior a la incubación de todas las muestras, éstas fueron removidas al mismo tiempo, para así efectuarles inmediatamente un lavado con abundante agua fría hasta lograr claridad de la misma. A continuación, fueron secadas en un horno a una temperatura de 60 °C por alrededor de 12 horas y luego por 2 horas a una temperatura de 105 °C. Finalmente se determinó el porcentaje de degradabilidad ruminal del material al obtener la cantidad de material desaparecida en cada una de las muestras por diferencia con respecto a la masa inicial y final de las mismas (Vargas 2004).

Con el algoritmo de Marquadt se realizó el ajuste no lineal de la curva de degradabilidad, los datos fueron ajustados a la siguiente ecuación exponencial (Boschini y Elizondo 2005, Jiménez 1995, citado por Vargas 2004, Petit *et al.* 1994):

$$Y = a + b (1 - e^{-c \cdot t})$$

donde:

Y = degradación del material después de t horas, %

a = fracción soluble, %

b = fracción degradable, %

e = base de los logaritmos neperianos

c = tasa de degradación por hora (%/hora)

t = tiempo de incubación ruminal

## **5. Análisis estadístico.**

Los datos obtenidos de consumo y rechazo del forraje y en el laboratorio luego del análisis de las muestras del pasto, se analizaron con el proc GLM del paquete estadístico SAS (SAS 1985) por medio del análisis de varianza de dicho sistema. Las diferencias entre las medias fueron analizadas por medio de la prueba de Duncan.

## Resultados y Discusión

### 1. Bromatología.

En el Cuadro 7 se muestra la composición nutricional obtenida para el pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass para las tres edades de corte analizadas.

**Cuadro 7.** Composición nutricional del pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass a tres diferentes edades de corte, Cartago 2008.

Componente <sup>1</sup>	Tratamiento*		
	60 días	75 días	90 días
% MS	13,03 <sup>d</sup>	13,79 <sup>de</sup>	14,43 <sup>e</sup>
% PC	9,56 <sup>a</sup>	8,70 <sup>b</sup>	8,42 <sup>b</sup>
% EE	1,41	1,37	1,29
% Cenizas	14,47 <sup>d</sup>	13,86 <sup>de</sup>	13,61 <sup>e</sup>
% FND	73,78 <sup>a</sup>	75,48 <sup>b</sup>	76,91 <sup>c</sup>
% FAD	46,53 <sup>a</sup>	49,77 <sup>b</sup>	51,83 <sup>c</sup>
% Celulosa	34,38 <sup>a</sup>	36,47 <sup>b</sup>	38,28 <sup>b</sup>
% Hemicelulosa	27,25 <sup>d</sup>	26,23 <sup>de</sup>	24,71 <sup>e</sup>
% Lignina	13,59	13,30	12,15

a, b, c Valores en una misma fila con letras diferentes presentan diferencias significativas ( $p < 0,01$ ).

d, e, f Valores en una misma fila con letras diferentes presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

\* n = 6

Como se muestra en el Cuadro 7, la composición nutricional disminuye conforme aumenta la edad de crecimiento del pasto. Según Mares (1983) y Crowder y Chheda (1982) al aumentar la edad de un forraje se produce un aumento de la MS, lo cual se refleja en un incremento en el contenido de componentes de la pared

<sup>1</sup> MS Materia Seca, PC Proteína Cruda, EE Extracto Etéreo, FND Fibra Neutro Detergente y FAD Fibra Ácido Detergente.

celular y al mismo tiempo se genera una reducción de los contenidos celulares, lo cual explica los aumentos de FND y FAD y la disminución de la PC y el EE en las muestras analizadas.

Ramírez *et al.* (2008) mencionan que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los contenidos de MS, PC y FC<sup>2</sup> para el pasto *Pennisetum Cuba CT-169* cosechado a edades de 60, 75 y 90 días de rebrote, dicha afirmación coincide con lo mostrado en el Cuadro 7 para los contenidos de fibra en el *Pennisetum purpureum* analizado, a pesar de que los procedimientos utilizados para el análisis de dicha fracción fueron diferentes. Según lo reportado por estos autores, el comportamiento de la PC difiere en cierto grado con lo encontrado, ya que éste componente no varía significativamente ( $p > 0,05$ ) entre 75 y 90 días de cosecha; mientras que en el caso de la MS existen diferencias entre el pasto de 60 y 90 días pero no entre los 60 y 75 días o entre 75 y 90 días de crecimiento, posiblemente debido a que el intervalo de corte es pequeño.

Las variaciones en la composición nutricional del pasto coinciden con lo encontrado por Rodríguez *et al.* (1983), en el análisis de los cultivares Napier y Taiwán A-146, ambas variedades de la especie *Pennisetum purpureum* Schum. los cuales encontraron una disminución en la calidad del material al aumentar el intervalo de corte, tendencia similar a la observada en el Cuadro 7.

Los estudios de dos variedades del *Pennisetum purpureum* (Taiwán 144 y Taiwán 801-4) llevados a cabo en Cuba por Ibarra y León (2001) bajo condiciones de secano, también revelan una disminución de la calidad conforme aumenta el tiempo al que es cosechado el forraje luego de los 60 días, mientras que al pasar de 45 días a 60 en la edad de corte, el contenido de MS, PC y FC más bien aumenta mejorando la calidad y el rendimiento del pasto, debido posiblemente a que durante este espacio de 15 días el porcentaje de humedad del pasto disminuye sin que haya una baja sensible en el contenido nutricional del material, situación que no se observa en

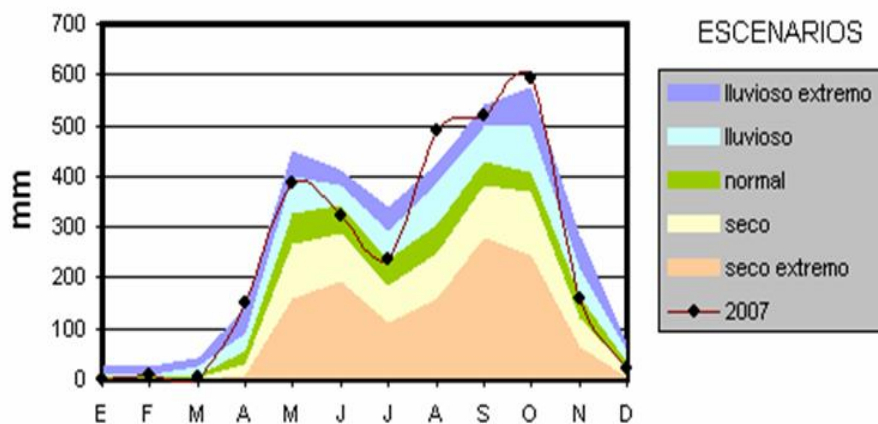
---

<sup>2</sup> FC Fibra Cruda

las muestras de King Grass analizadas lo cual permite suponer que luego de 60 días de crecimiento dicha especie ha alcanzado un grado de madurez tal que posterior a este periodo la calidad nutricional sí se ve disminuida.

En las investigaciones realizadas por Ramírez *et al.* (2008), en la variedad CT-169, los contenidos de MS y PC respectivamente son: 16,41% y 11,43% para 60 días de crecimiento; 20,44% y 9,68% para 75 días de crecimiento y 22,89% y 8,06% cuando el pasto es cosechado a 90 días; dichos resultados son mayores a los presentados por el pasto analizado a pesar de que las investigaciones realizadas en Cuba fueron hechas con un material sembrado en suelos de baja fertilidad.

Aunque los valores de MS son menores a los reportados por Ramírez *et al.* (2008), debe tomarse en cuenta la alta precipitación presente durante todo el periodo de crecimiento y cosecha del forraje analizado, situación que se detalla en la Figura 4, lo cual afecta directamente aumentando el porcentaje de humedad del material. En el caso del contenido de proteína, los valores determinados (Cuadro 7), a pesar de ser menores, la diferencia con los resultados presentados en el trabajo de Ramírez *et al.* (2008) no son tan diferentes lo que indica que a pesar de su mayor contenido de agua, el forraje analizado no es tan inferior desde este punto de vista, aunque si la cantidad de PC se observa como los kg producidos/ha, la variedad analizada es de menor calidad.



**Figura 4.** Precipitación mensual promedio presentada en el Valle Central de Costa Rica durante el año 2007.



\*Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMNCR) 2008.

Márquez *et al.* (2007) encontraron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) en la producción de materia seca de diferentes cultivares de *P. purpureum* analizados, que dicha variación depende también del genotipo del forraje analizado y de una interacción entre ambos factores (rendimiento y genotipo), razón que puede explicar parte de las diferencias encontradas entre el material analizado en el presente estudio y los datos reportados por investigaciones previas en otras variedades de la especie.

En investigaciones anteriores, se ha determinado que el contenido de PC varía de forma inversa a los cambios en el contenido de MS del pasto (Juárez y Bolaños 2007), por lo cual se esperaría una disminución desde los 60 días hasta los 90, tendencia que puede ser comprobada con base en los resultados generados a raíz de los procedimientos de laboratorio realizados al forraje. Pero, según Márquez *et al.* (2007), se produce una disminución de 0,18% de proteína por cada día adicional de crecimiento, lo cual resulta difícil de determinar en el forraje analizado debido al comportamiento no lineal mostrado al avanzar la edad de corte del mismo, ya que en lugar de suponer una disminución relativamente constante del porcentaje de proteína como la presentada por el autor mencionado, más bien ésta exhibe un comportamiento polinomial al estilo de una ecuación de segundo grado ( $0,001x^2 - 0,230x + 18,76$ ; con un  $r^2 = 1$ ).

La disminución en la proteína al aumentar la edad (Cuadro 7) se debe también a la disminución de la actividad metabólica de la planta a medida que avanza la edad, y con esto se reduce la síntesis de compuestos proteicos, haciendo que los porcentajes de PC bajen (Ramírez *et al.* 2008).

Otro factor que se ha podido determinar como agente causante de la variación en el contenido de proteína corresponde a las lluvias, debido a que se ha observado que en el momento de mayor precipitación el contenido de la misma en el pasto se

disminuye (Juárez y Bolaños 2007) y habiendo sido el año 2007 especialmente lluvioso (Figura 4), es esperable que dichos valores se vean reducidos.

Así, los factores comentados de alguna forma influyeron en el tenor de PC del forraje analizado, produciendo las concentraciones observadas. En el estudio realizado sobre el pasto Cuba CT-169 que corresponde a una variación del pasto *Pennisetum purpureum* desarrollada por el Instituto Cubano de Ciencia Animal, cultivado sobre un suelo de baja fertilidad se determinó, al igual que lo encontrado por otros autores, que el porcentaje de PC disminuye conforme aumenta la edad del material (Ramírez *et al.* 2008) igual a lo observado en este trabajo y expuesto en el Cuadro 7; según dichos autores, es mejor el porcentaje cuando el pasto se cultiva a una edad de treinta días de crecimiento. Los contenidos de MS y fibra también aumentan conforme aumenta el tiempo de crecimiento del forraje (Ramírez *et al.* 2008), observaciones que no pueden ser del todo corroboradas debido a la diferencia en las edades de cosecha analizadas en ambas investigaciones, dado que a partir de los 60 días la calidad del forraje no aumenta sino más bien se reduce.

A pesar del comportamiento señalado, los contenidos de MS obtenidos son menores a los presentados por Hau *et al.* (2004), los cuales reportan valores de 27,8% para el *Pennisetum purpureum* var. Taiwán; pero los contenidos de proteína determinados son mayores a los presentados por estos investigadores (5,66% PC); entonces, ya que los valores de materia seca (MS) presentados por dichos autores son mucho mayores al de todas las muestras analizadas, la PC determinada en esta investigación se encuentra en menor cuantía que en el forraje analizado por Hau *et al.*, siendo entonces la cantidad en unidades de masa de PC mayor en el Taiwán, dándole un mayor valor nutricional que el material analizado en esta investigación.

Los porcentajes de PC siguen siendo inclusive levemente mejores que los presentados para el *P. purpureum* CT-115 el cual dio origen a la variedad CT-169, para el que Ramírez *et al.* (2003, citados por Ramírez *et al.* 2008) reportan valores de 8,83% en la época lluviosa y 7,92% en la época seca. Según Franco *et al.* (2005), el CT-115 permite incrementar los rendimientos productivos en bovinos de 4,68

L/vaca/día a 6,00 L/vaca/día, al tiempo que se mejoran otros indicadores reproductivos lo cual permite la disminución de la dependencia de alimentos balanceados, por lo que siendo este pasto King Grass estudiado nutricionalmente similar al CT-115, podrían obtenerse efectos similares bajo situaciones de manejo adecuado.

Según Minson (1982, citado por Ibarra y León 2001), el porcentaje mínimo de PC corresponde a un 7% como parte de la MS para satisfacer los requerimientos de nitrógeno ruminales, por lo cual según lo mostrado en el Cuadro 7, el forraje analizado llena dichos requerimientos en situaciones donde los animales no reciben ningún tipo de suplemento adicional.

El aumento en el porcentaje de FND mostrado en el Cuadro 7 conforme aumenta la edad del forraje se debe al aumento en la proporción de tallos con respecto a la cantidad de hojas, y al poseer los tallos un mayor contenido de lignina se aumenta la cantidad de fibra en el pasto, además la senescencia de las hojas y la acumulación de material muerto al aumentar la edad de crecimiento también incrementan el contenido fibroso de las pasturas (Ramírez *et al.* 2008).

En el Cuadro 8, se presenta en forma detallada la composición nutricional del mismo pasto King Grass según su origen (planta entera, hoja, tallo y el material rechazado por los animales). En dicho cuadro se observa cómo la calidad nutricional de las hojas es mayor, la del tallo menor y la composición de la planta entera presenta valores intermedios con respecto a los valores obtenidos de las hojas y los tallos.

**Cuadro 8.** Composición nutricional del pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass de acuerdo con su origen, Cartago 2008.

Componente	Origen*			
	Planta entera	Hoja	Tallo	Material Rechazado
% MS	12,90 <sup>bc</sup>	16,52 <sup>a</sup>	12,03 <sup>c</sup>	13,53 <sup>b</sup>
% PC	9,90 <sup>a</sup>	12,61 <sup>b</sup>	5,72 <sup>c</sup>	7,35 <sup>d</sup>
% EE	1,56 <sup>b</sup>	1,99 <sup>a</sup>	0,85 <sup>c</sup>	1,04 <sup>c</sup>
% Cenizas	14,75 <sup>b</sup>	16,20 <sup>a</sup>	11,85 <sup>d</sup>	13,12 <sup>c</sup>
% FND	74,46 <sup>a</sup>	73,46 <sup>a</sup>	79,48 <sup>b</sup>	74,16 <sup>a</sup>
% FAD	48,78 <sup>b</sup>	45,81 <sup>c</sup>	53,72 <sup>a</sup>	49,20 <sup>b</sup>
% Celulosa	35,40 <sup>a</sup>	35,14 <sup>a</sup>	38,83 <sup>b</sup>	36,08 <sup>a</sup>
% Hemicelulosa	26,37	27,16	25,77	24,96
% Lignina	13,37 <sup>e</sup>	10,67 <sup>f</sup>	14,88 <sup>e</sup>	13,12 <sup>e</sup>

a, b, c, d Valores en una misma fila con letras diferentes presentan diferencias significativas ( $p < 0,01$ ).

e, f Valores en una misma fila con letras diferentes presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

\* n = 6

Rodríguez (1983) determinó para el *P. purpureum* valores de 23,21% de MS y 9,36% de PC y 14,86% de MS y 4,38% de PC para hojas y tallos respectivamente, los cuales, si se analizan no como porcentaje sino como cantidades, indican en general valores nutricionales similares entre estos materiales y los evaluados. Por otro lado, en investigaciones realizadas sobre el pasto CT-115 en Cuba se encontraron valores de PC de 14,25% en las hojas y 7,06% en los tallos (Valenciaga *et al.* 2001, citados por Ramírez *et al.* 2008), siendo estos valores levemente mayores a los encontrados en las muestras recolectadas (Cuadro 8).

En los datos presentados por Esnaola y Ríos (1990), la calidad nutricional del pasto King Grass rechazado por cabras lactantes fue menor al rechazo presentado en este estudio (9940 g de PC/1000 kg de forraje), dichos autores reportan valores

de 16,28% de MS y 5,40% de PC (8790 g PC/1000 kg de forraje); inclusive las digestibilidades de 51,93% reportadas en dicho material indican una calidad inferior que el probado (Cuadro 10); pero la comparación entre los resultados se dificulta dado que Esnaola y Ríos no indican de forma adecuada el lugar o las condiciones donde se llevó a cabo el experimento imposibilitando la comparación entre los requerimientos nutricionales de los sujetos experimentales de ambos proyectos.

Cabras alimentadas con Eucalipto (*Eucalyptus cladocalyx*) en Chile, mostraron una preferencia hacia los tallos del material, lo que es atribuible a la mayor palatabilidad de esta fracción de la planta (Meneses *et al.* 2004). Mientras que Elizondo (2004<sup>a</sup>) afirma que existe una preferencia de las cabras hacia las hojas de los forrajes que es donde se encuentra una mayor concentración de MS y PC, situación que no es posible demostrar según la información recopilada durante el periodo experimental.

De las muestras recolectadas de hojas y tallos, se determinó la relación hoja:tallo del pasto ofrecido a los animales, encontrando una relación promedio de 1,343 para el material de 60 días, 1,330 en el forraje de 75 días de rebrote y 1,310 para las muestras cosechadas a los 90 días. Además, el análisis de los datos mostró un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) del tratamiento (o edad de corte) sobre dicha relación, aunque el análisis por la prueba de Duncan de los datos no arrojó diferencias significativas entre los tratamientos ( $p > 0,05$ ); esta prueba tampoco encontró diferencias entre la primera y segunda repeticiones, aunque sí encontró diferencias entre éstas con respecto a la tercera, indicando posiblemente que la duración de horas luz afecte dicha relación similar a lo encontrado por Romero *et al.* (2002) en varios cultivares de Alfalfa Multifoliada. En el análisis de los promedios se observa una disminución de la relación hoja:tallo de la primera a la última repetición que va de 1,527; 1,442 y 1,075 respectivamente.

Ibarra y León (2001) afirman que al aumentar la edad de rebrote la relación hoja:tallo disminuye, ya que factores como la madurez de la planta, las altas

temperaturas, la humedad relativa y el manejo afectan dicha relación. Además, estos autores afirman que por lo anterior existe una amplia variación en las relaciones hoja:tallo de los pastos tropicales. Según Espinoza *et al.* (1992), la relación hoja:tallo disminuye también conforme aumenta la altura del material cosechado, razones que pueden justificar la disminución de esta relación conforme aumenta la edad de cosecha en los materiales analizados.

La fertilización también puede generar variantes en la relación hoja:tallo, Andrade *et al.* (2000) encontraron una disminución de la relación de 0,92 a 0,68 cuando la fertilización con potasio se disminuyó en un cultivo de Napier Grass; esto debido posiblemente a que dicho mineral participa activamente en el movimiento de azúcares a través de la planta vía floema (Bertsch 1998) lo cual puede afectar su desarrollo.

Los datos determinados de hoja:tallo son mejores a los reportados por Rodríguez (1983) de 0,370 a 0,528 en época seca y de 0,428 a 0,583 en temporada lluviosa como promedios para diferentes cultivares de *P. purpureum* en Venezuela, relaciones que pueden permitir un mayor aprovechamiento de los nutrientes del material al encontrarse en mayor proporción las hojas menos lignificadas y más digestibles.

Según Solleberger *et al* (1989, citados por Arias y Gamarra 1997), el pasto *Pennisetum purpureum* cv. Mott produce relaciones hoja:tallo de 4, a las 5 semanas de rebrote bajo pastoreo rotativo con periodos de descanso de 28 y 42 días, las cuales son representativamente más altas a las presentadas por el pasto analizado. Aquí deben tomarse en cuenta las diferencias en las formas de crecimiento entre el pasto evaluado (King Grass) y el cultivar Mott, el cual presenta un tipo de desarrollo donde la proporción de hojas siempre va a ser más alta que la de el *P. purpureum* estudiado.

Relaciones hoja:tallo que van desde 1,04 a 1,57 (1,33 en promedio) son reportadas para 11 cultivares de alfalfa (*Medicago sativa*) por Urbano y Dávila (2003), las cuales son consideradas como buenas por los autores y no difieren en gran medida a los resultados encontrados con las muestras analizadas del King Grass, las cuales además se encuentran dentro de los márgenes teóricos ideales para dicha relación los cuales van de 1 a 2.

Según Elizondo (2004<sup>a</sup>), sorgo negro forrajero (*Sorghum alnum*) cosechado a edades de 56, 70 y 84 días de rebrote generaron relaciones hoja:tallo en base verde de 2,30; 0,65 y 0,55 respectivamente; de manera que a cortas edades la relación en la proporción de hojas y tallos del sorgo presenta valores mayores a los del King Grass, pero luego de periodos de crecimiento mayores el forraje analizado presenta valores de la relación hoja:tallo mejores que los del sorgo.

Mendoza *et al.* (2000), en investigaciones hechas en árbol Ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) que es utilizado en ciertas zonas para alimentación de rumiantes, encontraron relaciones hoja:tallo de 2,3 en materiales con 4 meses de crecimiento los cuales son superiores a los mostrados por el forraje del proyecto y proporciones de 1,0 en materiales cosechados a 16 meses de rebrote que son de menor calidad que en el King Grass analizado. También, debe tomarse en cuenta que dicho árbol requiere mayor tiempo de crecimiento para desarrollar suficiente material de cosecha en comparación con el King Grass, ya que los mismos autores recomiendan edades de poda de entre 12 y 16 meses para esta especie, mientras que para el forraje analizado se reportan edades de corta de hasta 45 días de rebrote.

Una relación de hojas:tallos de 1,35 fue encontrada por Crespo (2007), en muestras de *Cratylia argentea*, mientras que en muestras recolectadas de *Calliandra calothyrsus* y *Leucaena leucocephala* encontró relaciones de 1,21 y 0,55 respectivamente; tales muestras fueron recolectadas 134 días después del transplante de dichas especies, siendo estos valores bastante similares a lo encontrado en el forraje analizado, a excepción del caso de la *L. leucocephala* donde

la relación es marcadamente más baja. Además debe tomarse en cuenta la diferencia en el tipo de tallos de las especies analizadas por Crespo y la utilizada en este proyecto, ya que las variedades utilizadas por el autor mencionado presentan tallos de tipo leñoso, los cuales presentan niveles mayores de FDN y FDA a los que presentan las distintas variedades de *P. purpureum*, lo que los hace de menor calidad nutricional.

Adicionalmente, se observó una disminución progresiva de la calidad nutricional del pasto conforme avanza el año y cambia el momento de cosecha; dichos resultados se muestran en el Cuadro 9.

**Cuadro 9.** Composición nutricional del pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass de acuerdo con el momento de cosecha, Cartago 2008.

Componente	Momento de cosecha*		
	Primera quincena de Octubre	Segunda quincena de Octubre	Primera quincena de Noviembre
% MS	12,53 <sup>a</sup>	13,73 <sup>b</sup>	14,98 <sup>c</sup>
% PC	10,24 <sup>a</sup>	9,20 <sup>b</sup>	7,24 <sup>c</sup>
% EE	1,53 <sup>a</sup>	1,29 <sup>b</sup>	1,26 <sup>b</sup>
% Cenizas	15,72 <sup>a</sup>	13,84 <sup>b</sup>	12,38 <sup>c</sup>
% FND	72,54 <sup>a</sup>	75,77 <sup>b</sup>	77,86 <sup>c</sup>
% FAD	48,60 <sup>a</sup>	48,75 <sup>a</sup>	50,78 <sup>b</sup>
% Celulosa	35,99	35,66	37,44
% Hemicelulosa	24,45 <sup>d</sup>	27,02 <sup>e</sup>	26,72 <sup>e</sup>
% Lignina	12,60	13,09	13,34

a, b, c Valores en una misma fila con letras diferentes presentan diferencias significativas ( $p < 0,01$ ).

d, e Valores en una misma fila con letras diferentes presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

\* n = 6

La disminución observada en la calidad nutricional del pasto al cambiar la época de cosecha (Cuadro 9) puede deberse a que ciertos procesos ontogénicos del desarrollo (por ejemplo la floración) afectan de manera significativa la composición química y la digestibilidad de los forrajes (Mares 1983); para el pasto *P. purpureum* la época de floración se da principalmente en los meses de octubre a diciembre



(Rodríguez *et al.* 1983) viéndose dicho proceso reproductivo influido básicamente por la duración de horas luz que recibe el cultivo.

Aunque la floración en la especie de pasto analizada es característica de la época en que se llevó a cabo el periodo experimental, durante la cosecha del forraje nunca se observó la presencia de inflorescencias en el material ofrecido a los animales; no obstante, este es sólo uno de los puntos culminantes del proceso reproductivo vegetal, y la ausencia de esa estructura no necesariamente indica que fisiológicamente, en la planta el proceso de floración ya hubiera iniciado y una movilización de nutrientes y contenidos celulares dentro del individuo estuviera en proceso, lo cual llevaría a una disminución de la calidad nutricional que podría explicar la reducción progresiva observada en las distintas repeticiones.

Arias y Gamarra (1997) determinaron que debido al carácter tropical del pasto Elefante, éste se desarrolla bien en zonas cálidas, húmedas o secas bajo riego; contrariamente la especie reduce su crecimiento y su calidad nutricional cuando existe déficit de humedad en el suelo; además estos autores determinaron que, a pesar de que la especie necesita de un cierto nivel de agua en el suelo, no soporta condiciones excesivas de ésta como las que se presentaron durante el periodo experimental, situación que definitivamente debe haber afectado el desarrollo adecuado del cultivo generando el comportamiento nutricional observado en los datos recabados.

Además, se sabe que la producción de pasto y su calidad nutricional en regiones tropicales se relaciona con las lluvias, siendo máxima la producción de biomasa en el momento de mayor precipitación (Juárez y Bolaños 2007). Entonces, al haberse desarrollado el proyecto durante la época lluviosa, la producción de biomasa se favoreció, mientras que la calidad de la misma se vio afectada durante todo el proyecto por la cantidad de lluvia recibida por el cultivo, dado que se dio un aumento en el contenido de humedad del mismo; si se toma en cuenta que el

invierno durante el cual se llevó a cabo la investigación fue más lluvioso que el de años anteriores (Figura 4).

En el estudio del contenido nutricional del forraje, se determinaron los valores promedio para la MS, PC, EE, Cenizas, FND, FAD, Celulosa, Hemicelulosa y Lignina, los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 10 junto a la desviación estándar de cada uno de los componentes analizados.

**Cuadro 10.** Composición nutricional promedio para el pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass, Cartago 2008.

<b>Componente</b>	<b>Promedio*</b>	<b>Desviación estándar</b>
<b>% MS</b>	13,75	0,94
<b>% PC</b>	8,89	1,60
<b>% EE</b>	1,36	4,09
<b>% Cenizas</b>	13,98	0,75
<b>% FND</b>	75,39	0,21
<b>% FAD</b>	49,38	0,29
<b>% Celulosa</b>	36,36	0,50
<b>% Hemicelulosa</b>	26,06	0,69
<b>% Lignina</b>	13,01	1,43

\* n = 18

Todos los análisis realizados y presentados anteriormente indican que la calidad nutricional del *Pennisetum purpureum* cv. King Grass se ve afectada significativamente por la edad de corte, ya que al aumentar ésta disminuye la calidad; el origen del material también influye sobre el valor nutricional del forraje siendo el material proveniente de las hojas de mejor calidad que el obtenido de los tallos; por la época del año en que el forraje es cosechado, de manera que se genera una disminución de la calidad del mismo conforme varía la duración de horas luz en el

día; y por ciertas interacciones específicas entre estos tres factores, lo cual puede generar grandes variaciones en los contenidos nutricionales del forraje.

Los resultados obtenidos para la composición nutricional (Cuadros 7, 8, 9 y 10) difieren con los encontrados por Rosthoj y Branda (2001) para diferentes variedades del *Pennisetum purpureum* los cuales presentaron promedios para MS de 21,33% a 27,82%; PC de 3,90% a 4,88%; EE de 2,02% a 2,58%; Cenizas de 5,51% a 7,47%; FAD de 41,18% a 45,28%; FND de 67,73% a 74,92%; los cuales generarían cantidades de proteína y cenizas similares a los obtenidos con el pasto cosechado, pero las cantidades de EE, FND y FAD generadas son bastante mayores a las del forraje analizado, debido posiblemente a que el pienso reportado por Rosthoj y Branda fue cosechado a una edad mayor (105 días).

En investigaciones realizadas por Márquez *et al.* (2007), se determinaron efectos altamente significativos de la edad de corte sobre el desempeño de varios cultivares de *Pennisetum purpureum*, efecto que generó una disminución en promedio de 2,53% de PC (8,85% cuando la edad de cosecha fue de 49 días; 6,32% a edades de corte de 63 días); en dichos datos se observa que los valores encontrados por dichos autores caracterizan un pasto de una calidad levemente menor desde el punto de vista proteico (Cuadros 7, 8, 9 y 10).

Sánchez *et al.* (1987) en un estudio del estado nutricional de los forrajes en San Carlos, Costa Rica, encontraron niveles de proteína en Gigante (*P. purpureum*) de 15,32% de la MS, valor que corresponde a uno de los más altos encontrados en la literatura para dicho forraje y difiere de las concentraciones de proteína determinadas en las muestras de pasto analizadas. En dicho estudio, el contenido de PC del Gigante es el segundo mejor después del pasto Estrella Africana (*C. nlemfluensis*) el cual presentó un tenor de proteína de 15,99%. Esa diferencia observada en el porcentaje de proteína puede estar relacionada con la variedad del material analizado, siendo la variedad Gigante de un mayor contenido nutricional que

la variedad King Grass analizada en este proyecto, o con condiciones específicas de manejo.

Correa (2006) determinó una composición nutricional del forraje Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) a una edad de 56 días de crecimiento considerablemente mayor (21,8% PC; 2,51% EE; 54,7% FND; 7,05% Lignina y 10,4% Cenizas) a la del *Pennisetum purpureum* estudiado (Cuadros 7, 8, 9 y 10). Dicho autor encontró además que la energía del forraje tiende a disminuir conforme aumenta la edad de corte cuya tendencia es similar a la encontrada por el proyecto en cuestión. Esto implica que debe utilizarse de forma estratégica para aprovechar la interacción entre su calidad nutricional y la producción de MS, cosechando en la medida de lo posible el material a edades más tempranas para obtener mejores parámetros productivos de los animales alimentados con este forraje.

Los análisis de digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) y de degradabilidad ruminal, a pesar de que pueden ser realizados con animales de la especie caprina, fueron ejecutados utilizando bovinos debido a la ausencia de caprinos fistulados ruminalmente en la Estación Experimental Alfredo Volio; según Nocek (1988) este tipo de estudios han sido realizados en diferentes especies animales satisfactoriamente pero no se han encontrado diferencias significativas en la desaparición de la MS entre diferentes especies y más bien parecieran ser de mayor importancia las variaciones en animales en diferente estado fisiológico. A pesar de esto, los valores obtenidos por estos análisis deben ser tomados principalmente como una guía que permita diferenciar entre materiales de mayor y menor calidad nutritiva cuando se utilizan entre diferentes especies.

El análisis de la DIVMS de las muestras recolectadas de la planta entera reveló valores de digestibilidad promedio de 55,52%. Se analizó el efecto producido por el tratamiento (60, 75 y 90 días de crecimiento) y la repetición (época de cosecha) encontrando que existen efectos significativos ( $p < 0,01$ ) para ambos

factores; además la interacción entre ambos factores es estadísticamente determinante del porcentaje de DIVMS ( $p < 0,05$ ).

Por medio de la prueba de Duncan, se analizó las diferencias entre los promedios de DIVMS, los efectos producidos por la edad de crecimiento y la época del año (repetición); dichos resultados se muestran en los Cuadros 11 y 12.

**Cuadro 11.** Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca del pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass de acuerdo con la edad de corte, Cartago 2008.

<b>Tratamiento</b>	<b>DIVMS*</b>
<b>60 días</b>	58,65 % <sup>a</sup>
<b>75 días</b>	55,91 % <sup>a</sup>
<b>90 días</b>	51,99 % <sup>b</sup>

\* Valores en una misma columna con letras diferentes presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).  
n = 6

**Cuadro 12.** Digestibilidad In Vitro de la Materia Seca del pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass de acuerdo con el momento de cosecha, Cartago 2008.

<b>Época de cosecha</b>	<b>DIVMS*</b>
<b>Primera quincena de Octubre</b>	58,29 % <sup>a</sup>
<b>Segunda quincena de Octubre</b>	55,83 % <sup>a</sup>
<b>Primera quincena de Noviembre</b>	52,43 % <sup>b</sup>

\* Valores en una misma columna con letras diferentes presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).  
n = 6

Los resultados en los Cuadros 11 y 12 son consistentes con lo encontrado en los demás análisis bromatológicos realizados al forraje ya que aunque las diferencias no son muy grandes, muestran una mayor DIVMS (y por lo tanto una mayor calidad nutricional) en materiales de menores edades de crecimiento, lo mismo que una disminución de la digestibilidad de los materiales conforme avanza la época del año.

Los resultados de DIVMS encontrados (Cuadros 11 y 12) son muy similares e incluso mayores a lo reportado por Benavides (2008) para el mismo pasto King Grass (52,7%) y son al mismo tiempo bastante parecidos a lo reportado por el mismo autor para la Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*) (54,9%) el cual es considerado como uno de los mejores forrajes en nuestro país. Dichos resultados son también muy similares a los reportados por Esnaola y Ríos (1990) los cuales determinaron una digestibilidad de 53,47% en King Grass ofrecido a cabras lactantes pero menores a los reportados por Rojas y Jiménez (1986) quienes reportan digestibilidades desde 62,6% a los 56 días de crecimiento hasta 54,8% a los 140 días.

En Sorgo negro forrajero, Espinoza *et al.* (1992) encontraron valores de DIVMS de 39,27% a 53,85% para diferentes variedades de la especie; siendo estos valores reportados menores a los encontrados para el King Grass analizado en el proyecto, posiblemente por la mayor proporción de tallos presente en el sorgo; mientras que Dall'Agnol *et al.* (2004) reportaron porcentajes de DIVMS superiores al 60% en pasto Elefante cultivado en una zona de clima frío en Brasil, los cuales son mayores a los encontrados; pero esto, según los autores, se debe a que en el clima frío se da un menor crecimiento del pasto y por consiguiente un envejecimiento más lento de la planta, la cuál mantiene su calidad nutricional por más tiempo; contrario a lo mencionado por Arias y Gamarra (1997), quienes aseveran que los pastos tropicales reducen su crecimiento y su calidad nutricional cuando las temperaturas promedio son bajas.

En análisis realizados a hojas de morera (*M. alba*) se han encontrado porcentajes de DIVMS entre 75% y 90% junto a porcentajes de PC de 15% a 25% (Benavides 2008) los cuales son mucho mejores que los datos recabados para el *P. purpureum* presentados en los Cuadros 7 al 12. Además, se han encontrado valores

de 7% a 14% de PC en los tallos (Benavides 2008) que son mayores a los encontrados en el material estudiado (Cuadro 8).

Vallejo (1994, citado por Benavides 2008), reporta valores de DIVMS entre 66% y 71% en ensilados a base de morera, los cuales se suponen mayores a los de ensilados fabricados con forrajes tropicales pero los valores de digestibilidad del pasto King Grass fresco mostrados en el Cuadro 11 no presentan valores tan inferiores a los valores reportados por el autor principalmente a 60 días, y son inclusive mayores a los valores de digestibilidad de 45,66% para las hojas de poró frescas (*E. poeppigiana*) reportados por Esnaola y Ríos (1990) las cuales también son usadas para alimentación de cabras.

Digestibilidades entre 60,30% a 75 días de crecimiento y 69,53% a 45 días, son reportadas por Ibarra y León (2001) para las variedades Taiwán 801-4 y Taiwán 144, las cuales son mayores a las presentadas en el Cuadro 11. Además, aseguran que dicho parámetro es afectado por la precipitación, la evaporación y la humedad relativa, siendo posible que la alta precipitación presentada durante el desarrollo del proyecto afectara los valores de digestibilidad observados.

En el análisis de la degradabilidad ruminal, los valores de la fracción soluble, la degradable, la tasa de degradabilidad por hora, la fracción potencialmente degradable y del porcentaje de degradación luego de 48 horas de incubación se muestran en el Cuadro 13 y el Cuadro 14. En la Figura 5, se observa la curva de degradación del forraje para las tres edades de corte analizadas y en la Figura 6 las curvas de degradación del material analizado en los tres diferentes momentos de cosecha.

**Cuadro 13.** Fracción soluble, degradable, tasa de degradación por hora, fracción potencialmente degradable y porcentaje de degradabilidad luego de 48 horas de incubación del pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass a tres edades de corte, Cartago 2008.

<b>Edad de crecimiento</b>	<b>Fracción soluble (%)</b>	<b>Fracción degradable (%)</b>	<b>Tasa de degradación / hora</b>	<b>Fracción potencialmente degradable (%)</b>	<b>% degradado luego de 48 horas</b>
<b>60 días</b>	25,86	63,15	0,049239	89,01	79,24
<b>75 días</b>	24,34	63,50	0,086941	87,84	67,85
<b>90 días</b>	25,09	47,48	0,037751	72,57	64,11

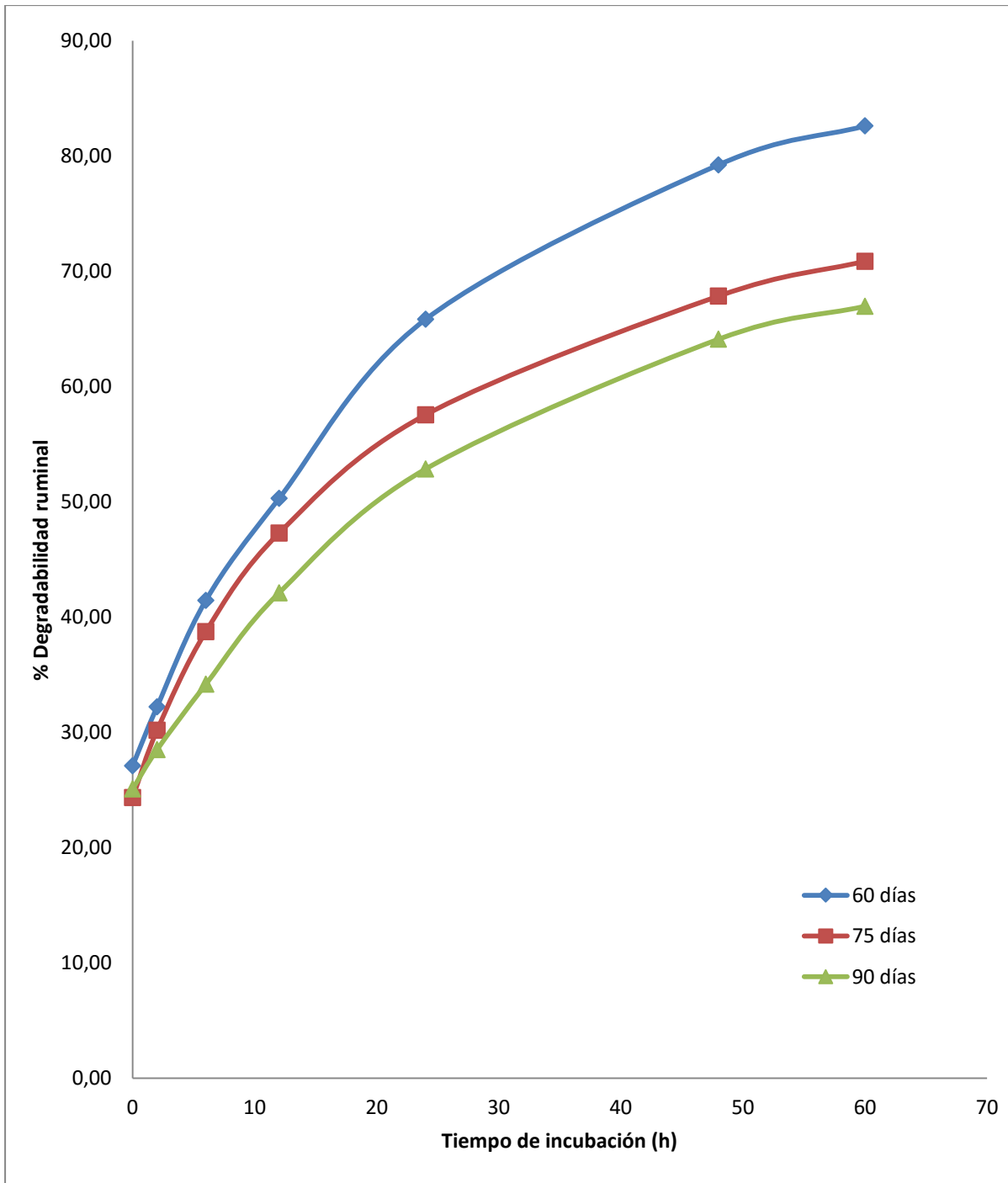
n = 6

**Cuadro 14.** Fracción soluble, degradable, tasa de degradación por hora, fracción potencialmente degradable y porcentaje de degradabilidad luego de 48 horas de incubación del pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass a tres diferentes momentos de cosecha, Cartago 2008.

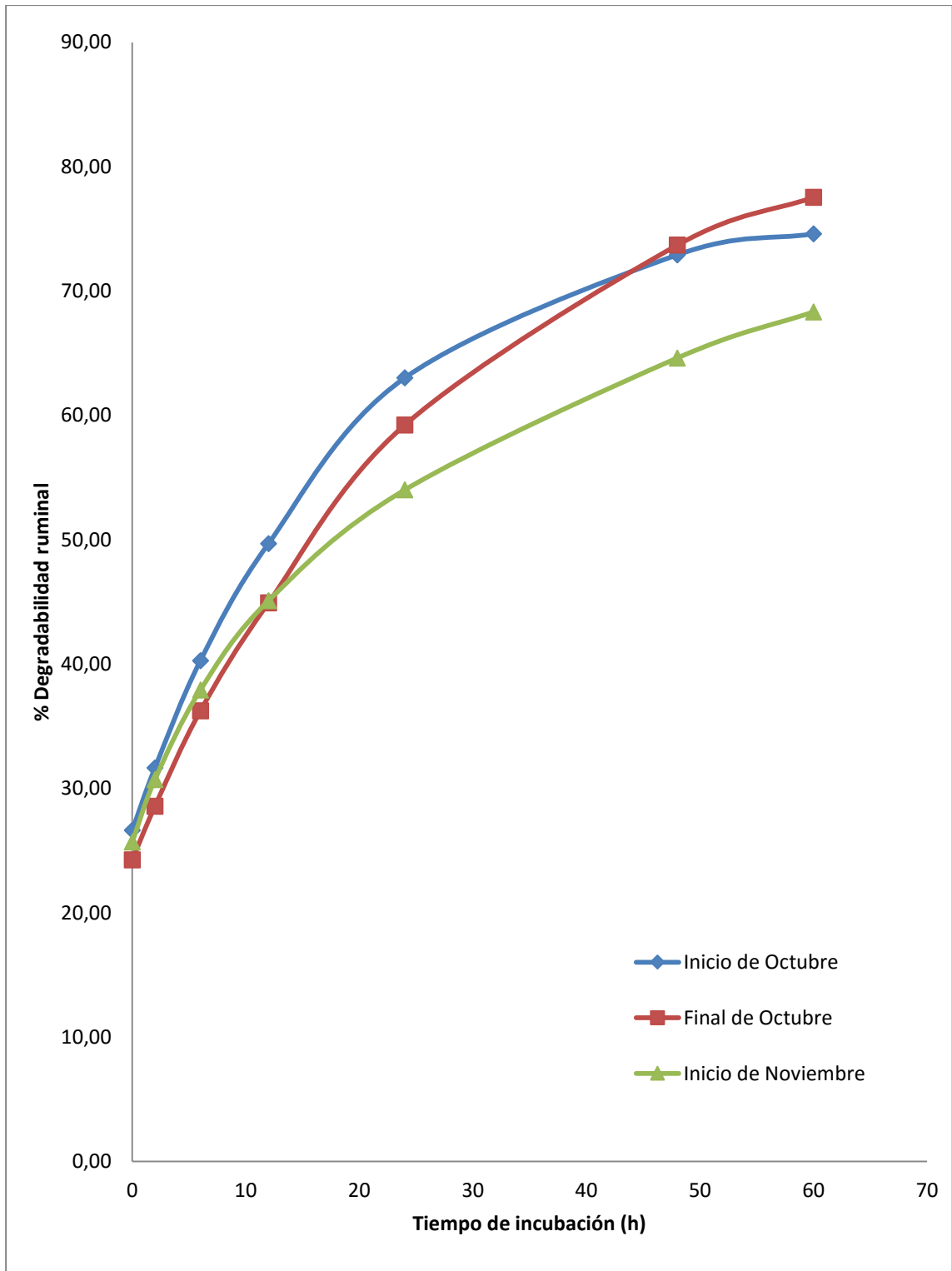
<b>Momento de cosecha</b>	<b>Fracción soluble (%)</b>	<b>Fracción degradable (%)</b>	<b>% de degradación / hora</b>	<b>Fracción potencialmente degradable (%)</b>	<b>% degradado luego de 48 horas</b>
<b>Primera quincena de Octubre</b>	26,29	50,19	0,056799	76,47	72,90
<b>Segunda quincena de Octubre</b>	24,24	62,63	0,050498	86,87	73,68
<b>Primera quincena de Noviembre</b>	24,21	60,39	0,075333	84,60	64,61

n = 6





**Figura 5.** Degradación ruminal del pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass a tres diferentes edades de corte, Cartago 2008.



**Figura 6.** Degradación ruminal del pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass a tres diferentes momentos de cosecha, Cartago 2008.

En el Cuadro 13 y la Figura 5 se muestran las diferencias entre la degradabilidad del forraje a las tres edades analizadas, se observa cómo la calidad disminuye conforme aumenta la edad a la que es cosechado el forraje siendo más aprovechable el forraje de sólo 60 días de crecimiento, conclusión que coincide con lo determinado en las pruebas de DIVMS, aunque los resultados obtenidos en las pruebas de degradabilidad ruminal son mayores a la DIVMS para este forraje (Cuadro 11).

En la Figura 6 y el Cuadro 14, se observa también como la degradabilidad ruminal varía conforme cambia el fotoperiodo y se avanza en el año acercándose más la duración del día requerida por el King Grass para iniciar sus procesos reproductivos, estas observaciones concuerdan con el resto de pruebas de laboratorio realizadas al forraje donde se determinó una disminución de la calidad nutricional del *P. purpureum* entre los diferentes momentos de cosecha.

Correa (2006) encontró en análisis de degradabilidad ruminal de pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) promedios de fracción soluble de 28,1% y de fracción potencialmente degradable de 54,6%, siendo los valores de fracción soluble menores a los determinados por el autor; pero las estimaciones de la fracción potencialmente degradable son bastante mayores para el forraje analizado en comparación con el material presentado por Correa. El mismo autor encontró, para dicho pasto, resultados similares a los mostrados en el Cuadro 13 y la Figura 5 al determinar que conforme aumenta la edad de corte del pasto, la degradabilidad disminuye.

En el Cuadro 14 y la Figura 6 se observa una mayor degradabilidad ruminal en el material cosechado en la segunda quincena de Octubre pero esta diferencia en la disponibilidad de los nutrientes es bastante pequeña y posiblemente no compense la disminución en la composición química presentada por el forraje.

Los datos presentados en los Cuadros 13 y 14 y en las Figuras 5 y 6 determinan valores de degradabilidad a las 48 horas mayores a los mostrados en los Cuadros 11 y 12 para la DIVMS.

También debe tomarse en cuenta que las muestras de degradabilidad están expuestas a condiciones más parecidas a las que se exponen los materiales que consume habitualmente un animal, al permanecer éstos dentro del rumen del animal durante el tiempo de incubación, causa que notablemente también va a generar cierta diferencia entre ambas estimaciones.

Según Rosthoj y Branda (2001), se recomienda el corte del pasto *Pennisetum purpureum* cv. Elefante idealmente a una edad promedio de 105 días (90-120 días), aunque ellos consideran mejor una edad de corte de 90 días con el fin de aprovechar al máximo el contenido nutricional del forraje, gracias a una digestibilidad del pasto mayor, lo cual resulta relativamente diferente a lo encontrado a través del análisis de las muestras de alimento colectadas (Cuadro 8), donde desde el punto de vista de la calidad nutricional el mejor momento para la edad de corte del pienso estudiado, corresponde a una edad de 60 días de crecimiento, ya que ésta edad presenta el mejor perfil nutricional de todas las analizadas.

Lo anterior coincide con Carneiro *et al* (2005, citados por Márquez *et al.* 2007) ya que la calidad nutricional del pasto decrece conforme aumenta el intervalo de corte, de manera que la edad de cosecha más recomendada es de 60 días debido a que a los 90 días ya los porcentajes de proteína son muy bajos para las demandas normales de las funciones del rumen de vacas lecheras. Similar recomendación hacen Ibarra y León (2001) para el corte de dos variedades de *P. purpureum* quienes determinaron que a 60 días de rebrote el porcentaje de proteína es mejor que a otras edades, mientras que Dall'Agnol *et al.* (2004) recomiendan una edad de corte de 63 días para el cultivar Taiwán A-146.

## **2. Consumo y aprovechamiento.**

Los datos del consumo de forraje analizados indicaron que el promedio diario fue de 1810 g de forraje fresco/animal/día, aumentándose dicho promedio cuando el pasto es cosechado a menor edad, el fotoperiodo es mayor, y además por efectos generados por la agrupación y el grupo racial de los animales.

El consumo de forraje en base seca corresponde a una ingesta media de 0,53% del peso vivo/día, según los datos recolectados; siendo el grupo de animales un factor determinante de dicho parámetro, al mismo tiempo que la mayor cantidad de horas luz del día y la cosecha en fotoperiodos mayores incrementan el valor observado.

Cuando el consumo de pasto se analizó desde el punto de vista del porcentaje de material consumido (aprovechado) del total ofrecido, el aprovechamiento fue de un 65,31% en promedio generándose una disminución en dicho valor cuando la edad de corte del forraje es mayor y la duración del día se reduce; además, se determinó que el grupo ejerció un efecto importante sobre el aprovechamiento de forraje ofrecido a los animales.

Tomando en cuenta los contenidos de materia seca determinados en las muestras de forraje recolectadas y del concentrado utilizado, el consumo de materia seca promedio fue de 1120,93 g/animal/día, percibiendo en dicha variable incrementos cuando el fotoperiodo es mayor; notándose también efectos de la raza, el animal y el grupo.

Con el fin de comparar los consumos de forraje con los presentados por otros autores, se determinó que el consumo total de alimento en base seca con relación al peso de los animales fue de 2,56%; viéndose este promedio afectado por el grupo y la raza.

Según la información presentada hasta el momento, el consumo diario del animal no se ve explicado del todo por los factores analizados: tratamiento (edad de corte), repetición (época de cosecha), animal (raza) y grupo (cuadrado latino), esto se debe a que la ingesta de alimentos hecha por las cabras se ve influida por una amplia serie de factores cuyos efectos son variables y difíciles de medir y controlar, por ejemplo: estado fisiológico del animal, manejo, clima, presentación del alimento y composición del mismo, entre otros.

Por ejemplo, durante parte del periodo experimental algunos animales presentaron los signos característicos del celo, lo cual generó una marcada disminución en el consumo del alimento ofrecido diariamente, situación que afectó los resultados finales pero que siendo algo normal dentro de la especie estudiada no puede ser discriminada por ningún motivo.

A pesar de todo esto, se observa cómo los factores analizados relacionados con el animal, la raza, la edad de corte o la época del año en que se cosechó el mismo afectan en diferente grado el consumo de alimento hecho por la especie estudiada.

El promedio de forraje ofrecido y rechazado diariamente para cada una de las edades de corte, los tres momentos de cosecha y los tres grupos raciales se muestran en el Cuadro 15. Los resultados de consumo aparecen en los Cuadros 16, 17, 18 y 19.

**Cuadro 15.** Promedio de material ofrecido y rechazado diariamente del pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass (en base fresca) por los sujetos experimentales para la tres edades de corte, los tres momentos de cosecha y las tres razas analizadas, Cartago 2008.

Cantidad de material	Edad de corte			Momento de cosecha <sup>a</sup>			Raza <sup>b</sup>		
	60 días	75 días	90 días	1	2	3	L	S	T
<b>Ofrecido (g/día)</b>	2800	2780	2770	2780	2800	2770	3010	2830	2520
<b>Rechazado (g/día)</b>	820	980	1440	840	970	1130	1080	950	900

<sup>a</sup> 1 corresponde a la primera mitad de Octubre, 2 a la segunda mitad de Octubre y 3 a la primera mitad de Noviembre.

<sup>b</sup> L corresponde a la raza Lamancha, S a la raza Saanen y T a la raza Toggenburg.

En el Cuadro 15 se observa cómo el promedio de material ofrecido a los animales se encontró en el rango de los 2520 g/animal/día a los 3010 g/animal/día tanto para las edades de corte, como para los momentos de cosecha y las razas; estos datos demuestran la homogeneidad mantenida a lo largo del experimento. En el caso del material rechazado, a pesar de presentar una cierta variabilidad, las cantidades rechazadas son relativamente similares entre sí.

Además, se puede observar cómo el rechazo del material de menor calidad (90 días de crecimiento y el cosechado durante la primera mitad de Noviembre) fue mayor, de acuerdo con lo comentado por Elizondo (2004<sup>a</sup>) quien afirma que las cabras seleccionan preferentemente los materiales de mayor calidad nutricional.

**Cuadro 16.** Promedio de consumo diario por los animales según el tratamiento, Cartago 2008.

Cantidad de material	Tratamiento		
	60 días (1,34) <sup>1</sup>	75 días (1,33) <sup>1</sup>	90 días (1,31) <sup>1</sup>
g de forraje consumido/día en base fresca	1990 <sup>a</sup>	1810 <sup>b</sup>	1640 <sup>c</sup>
% de forraje consumido del total ofrecido	71,30 <sup>a</sup>	65,00 <sup>b</sup>	59,65 <sup>c</sup>
g de MS de forraje consumidos/día	255,03	251,25	246,50
g de MS total consumidos/día <sup>2</sup>	1125,03	1121,25	1116,50
Consumo de MS de forraje/día (% del PV)	0,54	0,52	0,52
Consumo de MS total/día (% del PV)	2,56	2,56	2,55

a, b, c Valores en una misma fila con letras diferentes presentan diferencias significativas ( $p < 0,01$ ).

<sup>1</sup> Relación hoja:tallo

<sup>2</sup> Incluye forraje y concentrado.

En el Cuadro 16, los datos reflejan un mayor consumo de forraje en base fresca a la edad de 60 días que a los 75 días de crecimiento, siendo éstos a su vez mayores a los determinados para el pasto cosechado luego de 90 días, aunque el consumo de MS no sea estadísticamente diferente entre tratamientos ( $p > 0,05$ ). La disminución en el consumo en base fresca, al aumentar la edad de corte del material ofrecido a los animales parece indicar una predilección de las cabras a consumir materiales de menores edades y mayor calidad nutricional según lo reportado ya por diversos autores.

Debido a la mayor selectividad alimenticia de la especie caprina reportada por autores como Elizondo (2004<sup>a</sup>), el mayor consumo de materiales con relaciones hoja:tallo mayores es esperable y coincide con lo mostrado en el Cuadro 16 para los promedios en la ingesta de forraje verde y aunque los datos en base seca no arrojaron diferencias significativas, es esperable una mayor cantidad de nutrientes



asimilados por los animales en este tipo de materiales que, como ya se comentó, presentan un perfil nutricional y una biodisponibilidad mayor.

Además, los datos del porcentaje de pasto consumido (aprovechamiento del material ofrecido) disminuyen conforme aumenta la edad de corte, lo que indica también una selectividad de los animales que tiende a favorecer el consumo de los materiales de menor edad. Este aumento en el consumo de forraje fresco al disminuir el tiempo de cosecha, genera a su vez un aumento en el consumo total de alimento tal como ofrecido, pero es posible que se deba principalmente a las diferencias en la materia seca del material en las diferentes edades de corta (Cuadro 7).

Finalmente, el consumo analizado proporcionalmente al peso del animal no varía de manera significativa ( $p > 0,05$ ); entonces las diferencias observadas en las cantidades consumidas pueden ser atribuidas al contenido de humedad del forraje, que hace que los animales consuman más cuando el material tiene un menor contenido de materia seca para poder satisfacer sus requerimientos nutricionales.

Según Elizondo (2004<sup>a</sup>), se observaron diferencias significativas entre la edad de corte del sorgo negro forrajero y el consumo del forraje por cabras, de manera que entre mayor sea el periodo de crecimiento permitido al material mayor el consumo hecho por los animales. Dicho autor encontró consumos de sorgo de 349,56 g/animal/día (0,90% del PV), 358,43 g/animal/día (0,92% del PV) y 405,02 g/animal/día (1,04% del PV) para materiales de 56, 70 y 84 días de crecimiento respectivamente. Así, los datos reportados por Elizondo son inversos a lo encontrado en King Grass donde la cantidad de forraje consumida no disminuyó significativamente al aumentar la edad de cosecha (Cuadro 16).

Elizondo (2004<sup>a</sup>) al analizar la ingesta de materia seca de cabras alimentadas con sorgo negro (*S. alnum*) a diferentes edades de corte, encontró que los consumos son mayores a 84 días de crecimiento debido a una disminución de la humedad en el forraje, pero dada la reducción producida en el contenido de PC a

esta edad, hay una deficiencia del nutriente en la dieta de los animales, situación que no se presentó con el King Grass analizado ya que inclusive a la edad de 90 días este presentó un porcentaje de PC mayor al mínimo recomendado por Minson (1982, citado por Ibarra y León 2001) para mantener un adecuado ambiente ruminal.

En bovinos de la raza Jersey alimentados con morera y sorgo en diferentes proporciones, no se mostraron diferencias en el consumo de materia seca y fresca (Boschini 2000<sup>a</sup>), situación similar a la observada en el Cuadro 16 para las tres edades de corte analizadas.

**Cuadro 17.** Promedio de consumo diario por los animales según el momento de cosecha, Cartago 2008.

Cantidad de material consumida	Época de cosecha		
	Primera quincena de Octubre	Segunda quincena de Octubre	Primera quincena de Noviembre
g de forraje consumido/día en base fresca	1950 <sup>a</sup>	1830 <sup>a</sup>	1650 <sup>b</sup>
% de forraje consumido del total ofrecido	69,89 <sup>a</sup>	65,44 <sup>ab</sup>	60,61 <sup>b</sup>
g de MS de forraje consumidos/día	267,26 <sup>c</sup>	254,18 <sup>cd</sup>	231,34 <sup>d</sup>
g de MS total consumidos/día <sup>1</sup>	1137,26 <sup>c</sup>	1124,18 <sup>cd</sup>	1101,34 <sup>d</sup>
Consumo de MS de forraje/día (% del PV)	0,56 <sup>c</sup>	0,53 <sup>cd</sup>	0,49 <sup>d</sup>
Consumo de MS total/día (% del PV)	2,59	2,56	2,52

<sup>a, b</sup> Valores en una misma fila con letras diferentes presentan diferencias significativas ( $p < 0,01$ ).

<sup>c, d</sup> Valores en una misma fila con letras diferentes presentan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

<sup>1</sup> Incluye forraje y concentrado.

Dada la selectividad de las cabras por los alimentos de mayor calidad nutricional, es esperable una disminución en el consumo de alimento conforme avanza el tiempo de cosecha en el año, realizando ésta en tiempos cada vez más adecuados para el florecimiento del pasto; dicho argumento se confirma con los

datos presentados en el Cuadro 17 donde se observa una disminución tanto del consumo de forraje como del aprovechamiento del mismo.

La disminución en el consumo de forraje y el consumo total de alimento, el cual, según lo ya analizado anteriormente, también disminuye en calidad nutricional y digestibilidad al avanzar en el año, puede generar un desbalance nutricional en los animales afectando los parámetros productivos y reproductivos de la finca, esto hace necesario al menos la cosecha del forraje a edades jóvenes cuando el pasto presenta una calidad mayor.

A pesar de las diferencias presentadas en el consumo de forraje, los datos analizados no presentaron ninguna diferencia en el consumo total de los animales como porcentaje del peso vivo de los mismos (Cuadro 17).

**Cuadro 18.** Promedio de consumo diario por los animales según la raza, Cartago 2008.

Cantidad de material consumida	Raza		
	Lamancha	Toggenburg	Saanen
g de forraje consumido/día en base fresca	1,93 <sup>a</sup>	1,62 <sup>b</sup>	1,88 <sup>a</sup>
% de forraje consumido del total ofrecido	64,87	64,97	66,10
g de MS de forraje consumidos/día	268,25 <sup>a</sup>	223,81 <sup>b</sup>	260,72 <sup>a</sup>
g de MS total consumidos/día <sup>1</sup>	1138,25 <sup>a</sup>	1093,81 <sup>b</sup>	1130,72 <sup>a</sup>
Consumo de MS de forraje/día (% del PV)	0,54	0,50	0,53
Consumo de MS total/día (% del PV)	2,45 <sup>a</sup>	2,68 <sup>b</sup>	2,54 <sup>c</sup>

<sup>a, b, c</sup> Valores en una misma fila con letras diferentes presentan diferencias significativas ( $p < 0,01$ ).

<sup>1</sup> Incluye forraje y concentrado.

Según los datos analizados de acuerdo con el grupo racial al que pertenecían los animales, no se determinaron diferencias importantes estadísticamente en el consumo y porcentaje de aprovechamiento del forraje entre las tres razas que formaron parte del experimento ( $p>0,05$ ), lo cual parece indicar que los animales de todas las razas estudiadas se comportan de manera similar en cuanto al consumo del pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass; aunque las variaciones en la ingesta como una proporción del peso del animal sí fueron altamente significativas ( $p<0,01$ ), indicando que los animales Toggenburg consumen más alimento que los de la raza Saanen, y éstos a su vez comen más que los pertenecientes al grupo racial Lamancha.

Según Taylor (1977, citado por Huston 1978) existen diferencias entre las razas de cabras y el tipo de materiales que prefieren consumir; siendo generalmente el contenido de FC del alimento el principal causante de las variaciones en el consumo de alimento y producción láctea en cabras; el número de cortes y la etapa de crecimiento también lo afectan, pero en menor grado (Morand-Fehr y Sauvart 1980).

Por su parte Esnaola y Ríos (1990) determinaron consumos de King Grass de 690 g/animal/día en cabras Nubiana x Criolla lactantes; además, dichos autores encontraron consumos de ese pasto de 600 g/animal/día en cabras que consumieron banano verde y además un 15% de hojas de poró del total de material ofrecido diariamente, los consumos de forraje encontrados durante el periodo experimental (Cuadros 16, 17, 18 y 19) fueron más bajos que los reportados por los autores ya mencionados, esto se debe a que la suplementación con banano verde y hojas de poró mejora la actividad ruminal, lo que aumenta el aprovechamiento del material fibroso (Esnaola y Ríos 1990) debido al alto contenido de proteína de las hojas de poró y la alta degradabilidad del banano verde, que permiten un buen desarrollo de los microorganismos de rumen, esta mejora en el ambiente ruminal aumenta la velocidad de degradación de los materiales y la tasa de paso de los mismos que genera finalmente consumos totales mayores.

**Cuadro 19.** Promedio de consumo diario por los animales según el cuadrado latino, Cartago 2008.

Cantidad de material	Cuadrado Latino		
	1	2	3
g de forraje consumido/día en base fresca	2,17 <sup>a</sup>	1,53 <sup>b</sup>	1,73 <sup>c</sup>
% de forraje consumido del total ofrecido	69,13 <sup>a</sup>	69,34 <sup>a</sup>	57,47 <sup>b</sup>
g de MS de forraje consumidos/día	300,55 <sup>a</sup>	240,96 <sup>b</sup>	211,27 <sup>c</sup>
g de MS total consumidos/día <sup>1</sup>	1170,55 <sup>a</sup>	1110,96 <sup>b</sup>	1081,27 <sup>c</sup>
Consumo de MS de forraje/día (% del PV)	0,59 <sup>a</sup>	0,51 <sup>b</sup>	0,48 <sup>b</sup>
Consumo de MS total/día (% del PV)	2,46 <sup>a</sup>	2,81 <sup>b</sup>	2,40 <sup>a</sup>

a, b, c Valores en una misma fila con letras diferentes presentan diferencias significativas ( $p < 0,01$ ).

<sup>1</sup> Incluye forraje y concentrado.

Al encontrarse los animales divididos en tres grupos durante el desarrollo del periodo experimental, se generaron ciertas diferencias en el consumo de forraje observado (Cuadro 19) las cuales pueden atribuirse principalmente a leves diferencias entre el peso vivo de las cabras (parámetro principal para determinar el material ofrecido según las tablas del NRC 1981).

A diferentes niveles de inclusión de heno de *Pennisetum purpureum* cv. Camerún a una dieta base de concentrado, Nunes *et al.* (2007) encontraron consumos promedio de 623 g/animal/día en cabras hembras en crecimiento (118 días de edad y 1535 g de peso vivo en promedio) y 763 g/animal/día en machos de la misma edad y peso; esos consumos son mayores a los presentados en el Cuadro 19, pero debe tomarse en cuenta que el consumo se ve influenciado por el estado fisiológico del animal, que genera diferentes consumos en animales jóvenes en etapa de crecimiento dados sus requerimientos de nutrientes.

Además, Nunes *et al.* (2007) encontraron un efecto lineal decreciente ( $p < 0,05$ ) para los consumos diarios de raciones y MS para hembras a medida de que los niveles de inclusión de heno fueron aumentando, dichos valores concuerdan con los presentados por Esnaola y Ríos (1990), pero no es posible determinar si en el caso de utilizar material fresco para la alimentación se produce un efecto similar, debido a que durante el periodo experimental la dieta para cada animal fue constante y sin variaciones en las cantidades de concentrado y forraje.

Elizondo (2004<sup>b</sup>) determinó consumos de 737,2 g de MS/animal/día (1,94% del PV) en cabras alimentadas con morera (*Morus alba*), 367,42 g de MS/animal/día (0,97% del PV) cuando la alimentación fue con ramio (*Bohemeria nivea* (L) Gaud) y 342,03 g de MS/animal/día (0,90% del PV) en animales alimentados con sorgo negro (*Surghum alnum*), consumos que generaron diferencias altamente significativas entre sí ( $p < 0,01$ ). Entonces, el consumo del *P. purpureum* determinado fue diferente al presentado por Elizondo para la alimentación con ramio o sorgo los cuales presentan una composición nutricional relativamente mejor a la del forraje analizado, los valores para ramio de 70 días de edad son 14,86% de MS; 11,64% de PC y 53,98% de FND (Elizondo y Boschini 2002); 16,78% de MS; 32,83% de FND (Boschini 2000<sup>b</sup>) y de 14 a 22% de PC (Piccioni 1970) para la morera y de 14,06% de MS; 12,66% de PC y 73,36% de FND para el sorgo negro forrajero (Vargas 2004); y por eso su aporte de nutrientes debe ser mayor al obtenido con el material experimental.

Según las investigaciones de Nunes *et al.* (2007), los mejores resultados productivos (ganancias de peso en la fase de recría de caprinos) son los obtenidos con porcentajes de inclusión de heno de pasto Camerún de 30% del total ofrecido diario, aunque dichos autores sólo tomaron en cuenta el aspecto productivo con la inclusión del heno y no el desperdicio del material ofrecido diariamente ya que las cantidades ofrecidas en el transcurso del experimento fueron ajustadas diariamente por los investigadores para reducir el rechazo de material, situación que no

necesariamente genera un balance adecuado en la ración diaria del animal desde el punto de vista nutricional.

Además en un estudio conducido por Boschini (2000<sup>a</sup>) en vacas de la raza Jersey se produjo un nivel de consumo de MS menor al de 2000 g por cada 100 kg de peso vivo esperado, dado que los resultados revelaron consumos de 1,94% para la dieta de morera, 1,82% para la mezcla morera-sorgo y 1,67% para la dieta de sorgo; así los resultados presentados por Boschini para la especie bovina difieren con los resultados encontrados en la especie caprina donde los consumos fueron siempre mayores al 2% del peso vivo, ya que según el NRC (2001 y 1981), ambas especies deberían presentar consumos de MS similares en proporción a su peso.

Se han hecho investigaciones sobre el uso de árboles y arbustos para la alimentación de cabras en los que se han obtenido resultados satisfactorios, por ejemplo se han reportado consumos de *E. poeppigiana* por cabras lactantes de hasta 3,0% del peso vivo (PV); mientras que en otros utilizando morera (*Morus alba*) se han encontrado consumos de 3,5% del PV (Benavides 1998), los cuales pueden ser mayores a los observados debido a la generación de un ambiente ruminal en el animal que incrementa la velocidad de paso de los materiales a través del sistema digestivo del animal.

Los materiales forrajeros antes mencionados llegan a presentar porcentajes de PC y MS mucho mas altos que los de forrajes como el King Grass, el problema principal radica en que la DIVMS varía mucho dependiendo de la edad del material y por su posición dentro de la planta (Benavides 1998), contrario a lo observado en las muestras analizadas, en los que a pesar de que la calidad nutricional disminuye al aumentar la edad de corte y al variar el total de horas luz del día, las diferencias en la DIVMS no son tan grandes.

También, otro de los problemas presentados por este tipo de materiales es que suelen necesitar largos periodos de acostumbramiento para que los animales los empiecen a consumir en grandes cantidades (Benavides 1998), mientras que la especie caprina no muestra la necesidad de una época de acostumbramiento al pasto para alcanzar consumos razonables del material (Tropical forages.com 2008). De todas maneras, el uso de la suplementación de animales con follaje de árboles y arbustos se produce principalmente con el fin de disminuir la dependencia a concentrados que a la sustitución de los forrajes utilizados en la actualidad para alimentación de rumiantes (Benavides 1998).

Vallejos *et al.* (1992, citados por Elizondo 2004<sup>a</sup>) determinaron consumos de materia seca de 1,8% a 2,7% del PV en cabras de 21,5 kg alimentadas con follaje de cuatro especies leñosas y pasto, los cuales concuerdan con lo determinado y se encuentran dentro de los rangos presentados en los Cuadros 16, 17, 18 y 19; la diferencia principal radica en la alta variabilidad en la composición de las especies leñosas lo que vuelve más complicado su uso generalizado si se compara con el material que fue objeto de estudio.

Por su parte, Crespo (2007) determinó en ovinos que a pesar de la presencia de *Calliandra calothyrsus* Meisn o de *Cratylia argentea* en las áreas de pastoreo, los animales no consumían material de dichas especies por su propia voluntad, mientras que la especie *Leucaena leucocephala* sí es mediana y altamente ramoneada por las ovejas desde el inicio del tiempo de pastoreo.

Observaciones similares fueron encontradas por Crespo (2007) al alimentar ovejas con heno de dichas especies, donde el material henificado de *L. leucocephala* y *C. argentea* son consumidos en mayor cantidad que el de *C. Calothyrsus*, los consumos fueron 2,90%; 2,43% y 2,88% del PV de los animales en las dietas con heno de *C. argentea*, *C. calothyrsus* y *L. leucocephala* respectivamente. Así, los resultados presentados por Crespo (2007) son similares a los obtenidos en el experimento para el pasto King Grass, y parecidos principalmente a los consumos



obtenidos con *C. calothyrsus* a pesar de que el material analizado no presenta taninos concentrados que disminuyen el consumo de materia seca del animal como sucede con *C. calothyrsus*. Debe considerarse también que al no presentar dichos componentes, el forraje utilizado presenta una digestibilidad y aprovechamiento mayores lo que facilita satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales.

Esnaola y Ríos (1990) encontraron consumos de 2,96% del peso vivo en cabras alimentadas con King Grass y Banano Verde, y de 4,43% PV en animales suplementados adicionalmente con hojas de *E. Poeppigiana*, lo cual indica que la mejoría presentada en el rumen por el material alto en proteína y el banano verde, que es alta y rápidamente digestible, aumenta el paso por el tracto digestivo mejorando el consumo. Devendra (1981, citado por Elizondo 2004<sup>a</sup>) asegura que se pueden alcanzar ingestas de 2,5% a 3,0% del peso vivo en cabras y de hasta 8% del peso vivo en razas lecheras, siendo un consumo de 8% considerablemente mayor a los que fue posible obtener durante todo el periodo experimental, posiblemente debido a que ese nivel sea sólo alcanzable durante la lactancia en cabras de alta producción.

Morand-Fehr (1981, citado por Elizondo 2004<sup>a</sup>) reportó consumos voluntarios de 820 a 2130 g MS/animal/día hechos por cabras Alpinas consumiendo pasto o heno durante el último tercio de la gestación. En otro estudio los mismos autores observaron que cabras en lactación alcanzaron ingestas de hasta 7000 g de materia seca/100 kg de peso vivo. Según Meneses *et al.* (2004), se han reportado consumos en caprinos de 1900 g de MS de heno en hembras en el último tercio de la gestación y de 2400 g de MS/animal/día de *Acacia saligna*, todos estos consumos son marcadamente superiores a los determinados durante el todo el experimento.

En Chile, Meneses *et al.* (2004) determinaron consumos promedio de 1346 g de MS/animal/día de heno de alfalfa y 446 g de MS/animal/día de eucalipto en caprinos, estos niveles de ingesta resultaron aparentemente mayores a los obtenidos en este trabajo, pero dado que no se presentan los datos como porcentaje del peso

vivo no es posible determinar la verdadera diferencia entre los consumos reportados por los autores y los determinados durante el ensayo.

En el Cuadro 20 se muestra la composición química del forraje ofrecido a los animales y la composición del material consumido por las cabras. En dicho cuadro se observa como las diferencias en la composición del pasto ofrecido a los animales y el que estos verdaderamente ingieren son mínimas, lo cuál coincide con lo ya comentado anteriormente para los consumos de MS pero difiere de lo reportado por otros autores (Elizondo 2004<sup>a</sup>, Vélez 1993, Devendra y McLeroy 1986, Furber 1985) los cuales han discutido ampliamente una selectividad de la especie caprina sobre los materiales forrajeros que prefieren consumir; entonces las posibles diferencias observables entre el comportamiento productivo de los animales alimentados con materiales cosechados a diferentes edades se debe principalmente a la biodisponibilidad de los nutrientes en el forraje.

**Cuadro 20.** Composición química promedio del material ofrecido y el consumido por los animales, Cartago 2008.

Componente	Edad de corte		
	60 días (1,34) <sup>1</sup>	75 días (1,33) <sup>1</sup>	90 días (1,31) <sup>1</sup>
% MS	13,03	13,79	14,43
% MS Consumido	12,79	13,96	15,29
% PC	9,56	8,70	8,42
% PC Consumido	10,71	9,50	9,27
% EE	1,41	1,37	1,29
% EE Consumido	1,60	1,56	1,49
% Cenizas	14,47	13,86	13,61
% Cenizas Consumido	15,17	14,30	14,00
% FND	73,78	75,48	76,91
% FND Consumido	73,58	76,26	79,07
% FAD	46,53	49,77	51,83
% FAD Consumido	45,15	50,11	53,92
% Hemicelulosa	27,25	26,23	24,71
% Hemicelulosa Consumido	28,44	26,98	24,51
% Celulosa	34,38	36,47	38,28
% Celulosa Consumido	33,50	36,70	40,03
% Lignina	13,59	13,30	12,15
% Lignina Consumido	13,83	13,41	11,38

<sup>1</sup> Relación hoja:tallo.

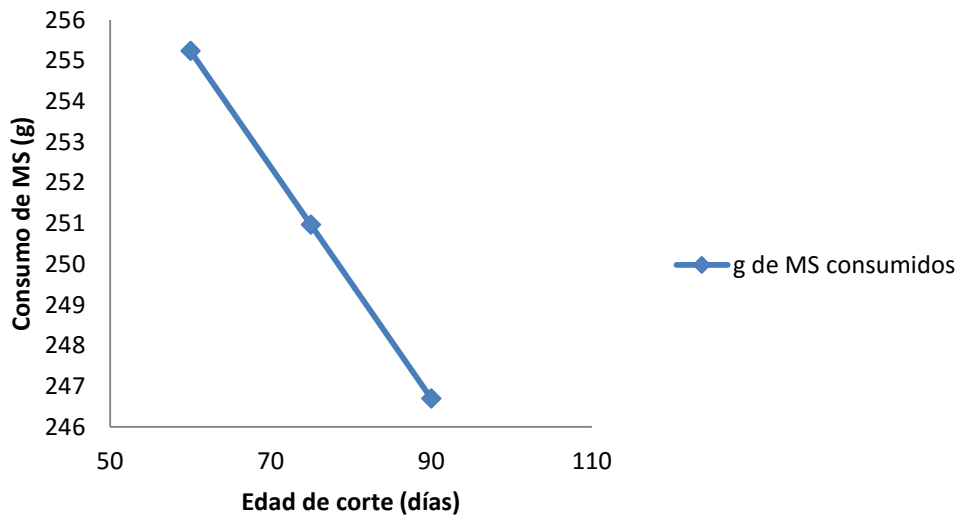
En las Figuras 7 y 8 se muestra el consumo de MS realizado por los animales de acuerdo con la edad de cosecha del forraje y la relación hoja:tallo. En la Figura 7 se observa como disminuye la ingesta promedio de MS de forraje de los animales conforme aumenta la edad a la que el material es cosechado; dicha disminución corresponde a una variación de:

$$y = -0,28467x + 272,32 \quad (r^2 = 99,58\%)$$

donde: y = consumo de MS diario de forraje (g)

x = edad de corte (días)

Según la regresión anterior, se produce una disminución en el consumo total diario de materia seca de 0,28 g por cada día que se aumenta la edad de corte del forraje.



**Figura 7.** Cantidad de Materia Seca consumida de acuerdo con la edad de corte en días del pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass, Cartago 2008.

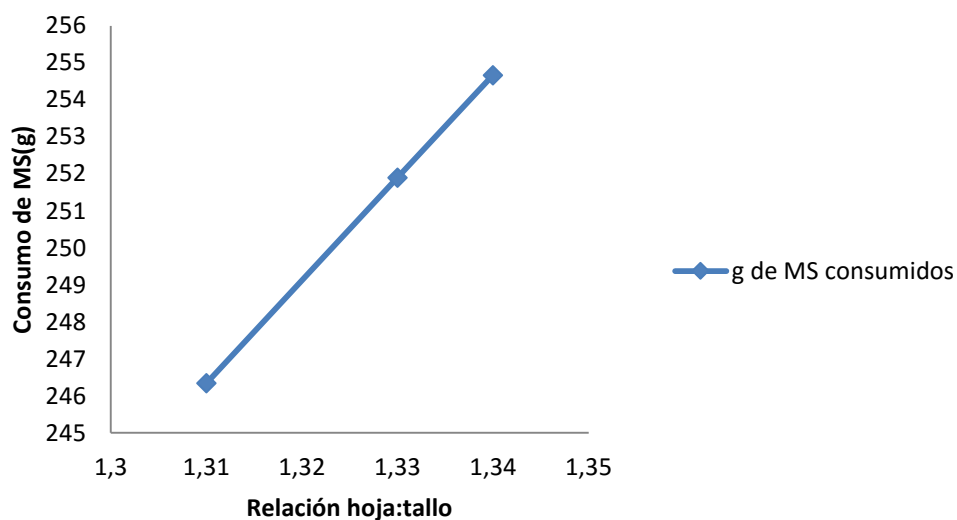
En la Figura 8, el consumo de MS promedio de forraje se presenta pero en base a la relación hoja:tallo del material ofrecido. En dicha figura se observa un aumento gradual de la ingesta conforme aumenta la proporción de hojas en el forraje

ofrecido. Según los datos obtenidos el consumo de materia seca en relación a la proporción de hojas varía de la siguiente manera:

$$y = 277,92857x - 117,74857 \quad (r^2 = 98,44\%)$$

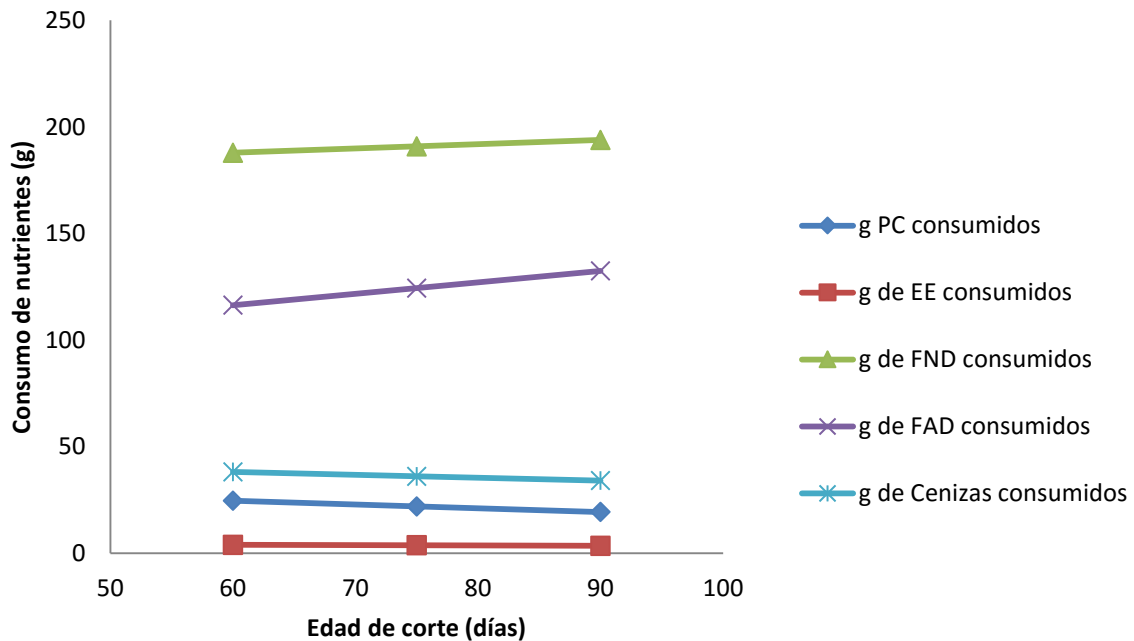
donde: y = consumo de MS diario de forraje (g)

x = relación hoja:tallo



**Figura 8.** Cantidad de Materia Seca consumida de acuerdo a la relación hoja:tallo del pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass, Cartago 2008.

En la Figura 9 se muestran los consumos de PC, EE, FND, FAD y Cenizas de acuerdo con la edad de corte.



**Figura 9.** Cantidad de PC, EE, FND, FAD y Cenizas consumida de acuerdo con la edad de corte en días del pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass, Cartago 2008.

Según la información presentada en la Figura 9, la cantidad de PC consumida diariamente por el animal se ve disminuida 0,18 g por cada día que se aumenta la edad de rebrote del forraje cosechado según lo predicho por la siguiente regresión:

$$y = -0,1773x + 35,33667 \quad (r^2 = 93,97\%)$$

donde: y = consumo de PC diario a partir del forraje (g)

x = edad de corte (días)

En el caso del EE, el consumo del mismo se disminuye 0,015 g según lo presentado en la Figura 9 y lo estimado con la siguiente ecuación de primer grado:

$$y = -0,01467x + 4,91333 \quad (r^2 = 94,56\%)$$

donde: y = consumo de EE diario a partir del forraje (g)

x = edad de corte (días)

Según los datos recolectados y mostrados en la Figura 9 de acuerdo con la edad de corte del forraje el consumo de FND aumenta 0,2 g por día conforme se aumentan los días a los que es cosechado el forraje según la siguiente ecuación de predicción:

$$y = 0,2x + 175,93333 \text{ (} r^2 = 98,22\% \text{)}$$

donde: y = consumo de FND diario a partir del forraje (g)

x = edad de corte (días)

Como se puede observar en la Figura 9 el consumo de FAD aumenta 0,54 g por cada día que la edad de corte aumenta según el siguiente estimador:

$$y = 0,53667x + 84,18333 \text{ (} r^2 = 97,88\% \text{)}$$

donde: y = consumo de FAD diario a partir del forraje (g)

x = edad de corte (días)

En el caso del consumo diario de Cenizas, este varía según la siguiente fórmula matemática:

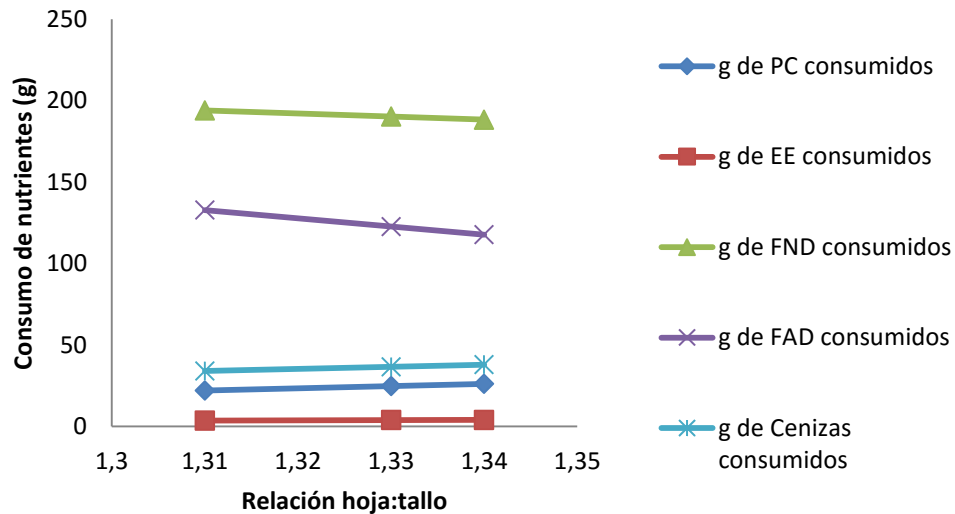
$$y = -0,13667x + 46,41667 \text{ (} r^2 = 97,66\% \text{)}$$

donde: y = consumo de Cenizas diario a partir del forraje (g)

x = edad de corte (días)

Así la anterior ecuación indica que el consumo de minerales por el animal se ve reducido 0,14 g por cada día que aumenta la edad de cosecha del forraje.

En la Figura 10 se muestran los consumos de PC, EE, FND, FAD y Cenizas de acuerdo con la relación hoja:tallo presente en el forraje.



**Figura 10.** Cantidad de PC, EE, FND, FAD y Cenizas consumida de acuerdo con la relación hoja:tallo del pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass, Cartago 2008.

Según la información presentada en la Figura 10, la cantidad de PC consumida diariamente por el animal se ve disminuida conforme disminuye la relación hoja:tallo del forraje cosechado según lo predicho por la siguiente regresión:

$$y = 135,14286x - 155,00286 \quad (r^2 = 81,99\%)$$

donde: y = consumo de PC diario a partir del forraje (g)

x = relación hoja:tallo

En el caso del EE, el consumo del mismo se disminuye según lo presentado en la Figura 10 y lo estimado con la siguiente ecuación de primer grado conforme se reduce la proporción de hojas en el forraje:

$$y = 14,85714x - 15,89714 \quad (r^2 = 99,56\%)$$

donde: y = consumo de EE diario a partir del forraje (g)

x = relación hoja:tallo



Según los datos recolectados y mostrados en la Figura 10 de acuerdo con la relación hoja:tallo del forraje el consumo de FND aumenta conforme se aumenta la proporción de tallo en el forraje que es cosechado según la siguiente ecuación de predicción:

$$y = -187,85714x + 440,15714 \quad (r^2 = 89,86\%)$$

donde: y = consumo de FND diario a partir del forraje (g)

x = relación hoja:tallo

Como se puede observar en la Figura 10 el consumo de FAD aumenta cuando se reduce la proporción de hojas en el forraje según el siguiente estimador:

$$y = -502,85714x + 791,55714 \quad (r^2 = 89,12\%)$$

donde: y = consumo de FAD diario a partir del forraje (g)

x = relación hoja:tallo

En el caso del consumo diario de Cenizas al variar la relación hoja:tallo, este varía según la siguiente fórmula matemática:

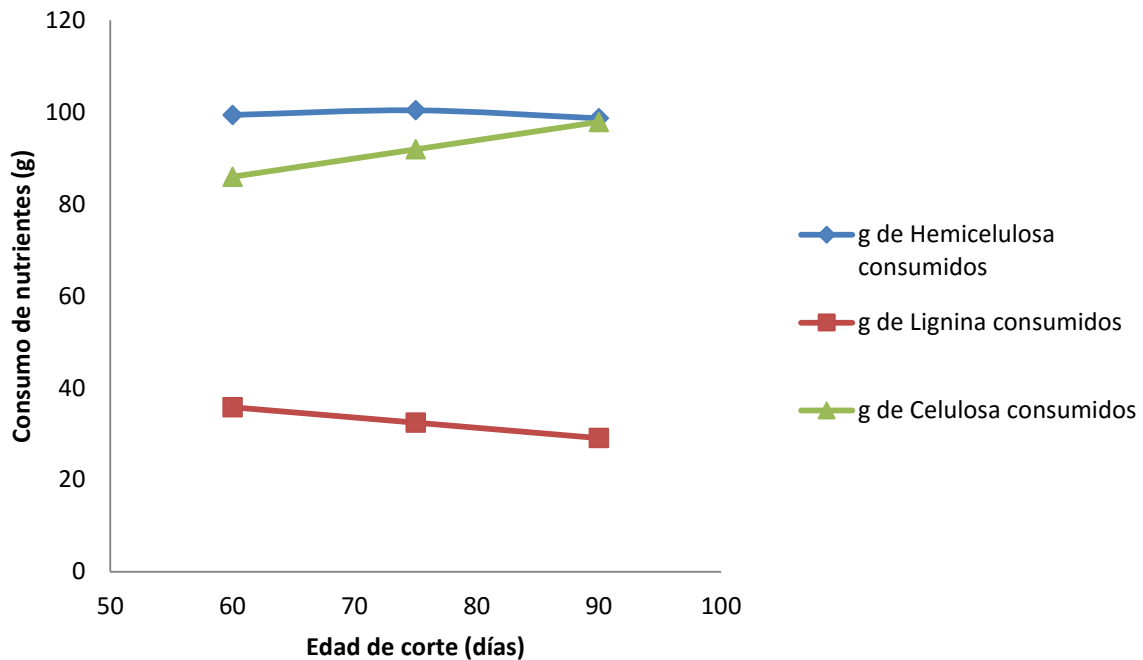
$$y = 127,85714x - 133,45714 \quad (r^2 = 88,64\%)$$

donde: y = consumo de Cenizas diario a partir del forraje (g)

x = relación hoja:tallo

Así la anterior ecuación indica que el consumo de minerales por el animal se ve reducido al disminuir la proporción de hojas del forraje.

Las cantidades diarias ingeridas de cada uno de los componentes de la fibra del forraje también fueron determinadas según los datos obtenidos durante el periodo experimental, los resultados se muestran en la Figura 11.



**Figura 11.** Cantidad de Hemicelulosa, Lignina y Celulosa consumida de acuerdo con la edad de corte en días del pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass, Cartago 2008.

Según la Figura 11 el consumo de hemicelulosa varía de forma cuadrática según lo predicho por la siguiente ecuación:

$$y = -0,00609x^2 + 0,88867x + 68 \quad (r^2 = 100\%)$$

donde: y = consumo de Hemicelulosa diario a partir del forraje (g)

x = edad de corte (días)

En el caso de la cantidad consumida diariamente de lignina se observó un comportamiento determinado por la siguiente ecuación:

$$y = -0,22367x + 49,21167 \quad (r^2 = 90,93\%)$$

donde: y = consumo de Lignina diario a partir del forraje (g)

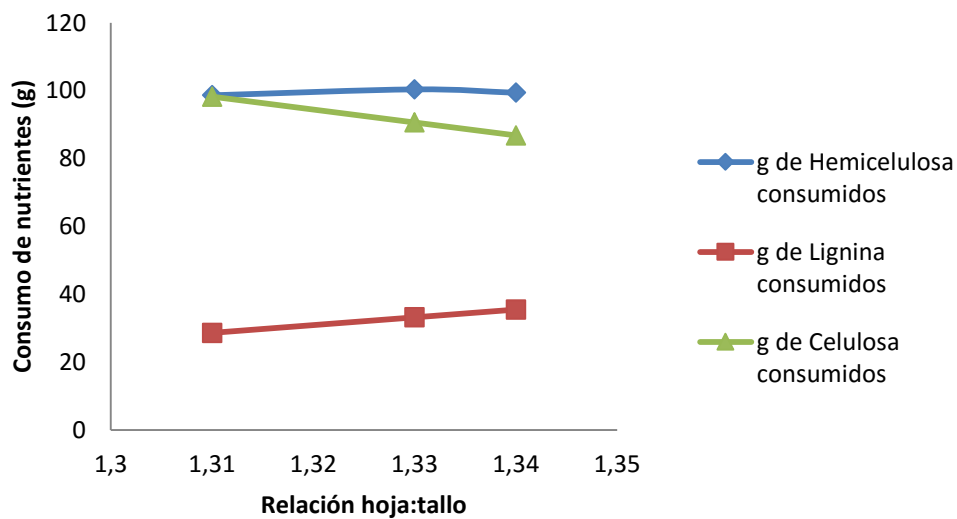
x = edad de corte (días)

A diferencia de la hemicelulosa, el consumo de celulosa con respecto a la edad de corte del forraje varió de forma lineal de acuerdo con la siguiente ecuación regresión:

$$y = 0,39767x + 62,085 \quad (r^2 = 99,87\%)$$

donde: y = consumo de Celulosa diario a partir del forraje (g)  
x = edad de corte (días)

En la Figura 12 se muestra la variación en el consumo de las fracciones de la fibra (Hemicelulosa, Lignina y Celulosa) respecto a la relación hoja:tallo presente en el forraje suministrado a los animales.



**Figura 12.** Cantidad de Hemicelulosa, Lignina y Celulosa consumida de acuerdo con la relación hoja:tallo del pasto *Pennisetum purpureum* cv. King Grass, Cartago 2008.

Según la Figura 12 el consumo de hemicelulosa varía de forma cuadrática según lo predicho por la siguiente ecuación:

$$y = -6233,33245x^2 + 16543x - 10876 \quad (r^2 = 100\%)$$

donde: y = consumo de Hemicelulosa diario a partir del forraje (g)

x = relación hoja:tallo

En el caso de la cantidad consumida diariamente de lignina se observó un comportamiento similar al de la hemicelulosa y determinado por la siguiente ecuación:

$$y = 228,78571x - 271,08571 \quad (r^2 = 98,67\%)$$

donde: y = consumo de Lignina diario a partir del forraje (g)

x = relación hoja:tallo

El consumo de celulosa con respecto a la relación hoja:tallo del forraje varió de forma lineal contrario a lo observado para la hemicelulosa y la lignina de acuerdo con la siguiente ecuación regresión:

$$y = -380,78571x + 597,0857 \quad (r^2 = 94,96\%)$$

donde: y = consumo de Celulosa diario a partir del forraje (g)

x = relación hoja:tallo

## Conclusiones y Recomendaciones

La edad de cosecha del forraje, la parte de la planta a la que pertenece el material y la época de cosecha afectan la composición nutricional del cultivar King Grass.

Cuando la edad de cosecha del King Grass aumenta, ésta afecta de forma significativa la MS, la FND, la FAD y la celulosa aumentando los porcentajes de dichos componentes; mientras que la PC, las cenizas y la hemicelulosa se ven disminuidas.

La edad de corte óptima para la cosecha de la forrajera estudiada corresponde a 60 días, momento en el cual el material presentó mejor composición química, degradabilidad y digestibilidad.

La duración de las horas de luz que recibe un cultivo de King Grass afecta la calidad del pasto cosechado, disminuyéndola cuando se reduce el fotoperiodo.

La reducción de horas luz que recibe el cultivo produce una disminución de los tenores de PC, EE y cenizas; mientras que la MS, la FND, la FAD y la hemicelulosa aumentan.

La alta precipitación y el anegamiento afectan de manera negativa el desarrollo adecuado de la pastura, por lo cual dicho material debe ser establecido únicamente bajo condiciones adecuadas para su desarrollo.

La proporción de hojas presentes en la planta entera determina también los porcentajes de MS, PC, EE, Cenizas, FAD, Celulosa y Lignina, aumentando su concentración en la planta al incrementarse la cantidad de hoja; mientras que la cantidad de FND se disminuye.

Al tener las hojas mayor calidad que los tallos, los materiales con una mayor proporción de hoja (relación hoja:tallo mayor) tienen un superior valor nutricional.

La reducción de la edad de rebrote aumenta la relación hoja:tallo y por lo tanto la calidad nutricional del forraje recolectado.

La edad y la época de cosecha presentan interacciones que afectan el contenido de PC, EE, FND, FAD y las cenizas del King Grass; mientras que las presentadas entre la edad a la que es cosechado el material y la proporción de hojas en la planta entera afectan el porcentaje de cenizas.

Por las características nutricionales, se perfila el *P. purpureum* cv. King Grass como un medio para mejorar los parámetros productivos de interés en un sistema de producción lácteo caprino, por lo cual deben evaluarse rendimientos de producción.

Además del perfil nutricional del forraje, debe tomarse en cuenta el rendimiento del cultivo por hectárea para que el material cosechado sea el de mejor calidad y se obtenga en cantidad suficiente.

En promedio los animales consumen diariamente alrededor de un 2,55% del peso vivo (2505 g de alimento en base seca por cada 100 kg de peso del animal), lo cual permite realizar un balance más preciso de la dieta brindándoles, en el volumen exacto de alimento, las cantidades de nutrientes diarios que requieren lo que mejora los parámetros productivos de la explotación.

El aprovechamiento del forraje es mayor a una edad de cosecha de 60 días; pero esa variación es producida por la diferencia en el contenido de materia seca del forraje.

No existe, por parte de los animales, preferencia hacia algún tipo de material con edades de cosecha especiales porque los consumos entre distintos materiales con diferente calidad nutricional no son estadísticamente diferentes; la diferencia radica en la biodisponibilidad de los nutrientes en el material ingerido.

La principal variación entre las edades de cosecha radica en el total de nutrientes que el animal puede aprovechar de los materiales con diferente perfil nutricional.

La época de cosecha afecta significativamente el consumo de forraje por cabras que prefieren materiales cosechados en momentos en que la duración del día es mayor y de este material se puede realizar un aprovechamiento más importante de los nutrientes que contiene.

Las diferencias encontradas en los consumos entre las tres razas utilizadas en el proyecto indican que no todas las razas de caprinos consumen la misma cantidad de alimento por día.

La raza Toggenburg consume más alimento que la raza Saanen, y los animales Lamancha son los que comen menos en relación a su peso.

El consumo de MS por las cabras disminuye al aumentar la edad de cosecha y al disminuirse la relación hoja:tallo.

La cantidad consumida de PC decrece cuando el pasto es cosechado a más de 60 días de crecimiento o cuando disminuye la proporción de hojas en el forraje.

La ingesta de EE es máxima en King Grass cortado a 60 días y es mínima cuando tiene 90 días de crecimiento; mientras que dicha ingestión se incrementa conforme aumenta la proporción de hojas del pasto.

La FND que es consumida se incrementa a edades de cosecha mayores a 60 días, mientras que su consumo aumenta al incrementarse la cantidad de tallos del forraje.

La FAD presenta un consumo máximo por los caprinos cuando el pasto King Grass es cosechado a 90 días, ya que se incrementa cuando la edad de cosecha es mayor a 60 días; mientras que conforme la relación hoja:tallo se reduce, también lo hace la cantidad de esta fracción que es ingerida por cada animal.

Conforme aumenta la edad de crecimiento del King Grass y se disminuye la relación hoja:tallo, el consumo total de minerales hecho por las cabras se reduce.

En el caso del consumo de los componentes de la fibra, la hemicelulosa es ingerida en cantidades máximas si la cosecha es a una edad de 75 días o la relación hoja:tallo es de 1,33.

La lignina se comporta de forma diferente ya que, el consumo de la misma es máximo cuando la edad de cosecha es de 60 días o la relación hoja:tallo es de 1,34.

La celulosa presenta un consumo mínimo si el forraje ofrecido a los caprinos es cortado a 60 días y es máximo a 90; además de que la reducción de la proporción de hojas del cultivo aumenta a su vez la ingesta del componente.



## Bibliografía

- AGROINFORMACION.COM. 2004. **Caracteres Étnicos del Ganado Caprino. Principales Razas.** Consultado en: <http://www.agroinformacion.com/leer-contenidos.aspx?articulo=345> el día: 16 de Junio de 2008.
- AGUILAR A., CHEL L., CASTELLANOS A. 1982. **Estudio Comparativo de Técnicas para Determinar la Digestibilidad del Alimento de Rumiantes y Monogástricos.** México. Revista Técnica Pecuaria No. 42.
- ANDRADE A., FONSECA D. da, GOMIDE J., ALVAREZ V., MARTINS C., SOUZA D. de. 2000. **Produtividade e Valor Nutritivo do Capim-Elefante cv. Napier sob Doses Crescentes de Nitrogênio e Potásio.** Revista Brasileira de Zootecnia 29 (6): 1589-1595.
- ARAQUE C. 1995. **Valuación del King Grass Ensilado con Excremento de Pollo (Yacija) en el Engorde de Mautes.** Revista Zootecnia Tropical Vol. 13 Nº. 1.
- ARAYA M., BOSCHINI C. 2005. **Producción de Forraje y Calidad Nutricional de Variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica.** Revista Agronomía Mesoamericana 16(1): 37-43. 2005.
- ARCE C., ARBAIZA T., CARCELÉN F., LUCAS O. 2003. **Estudio Comparativo de la Digestibilidad de Forrajes Mediante Dos Métodos de Laboratorio.** Revista Inv. Vet. de Perú 2003; 14 (1): 7-12.

- ARIAS J., GAMARRA J. 1997. **Estudio del Comportamiento Productivo y Utilización del Pasto Elefante Enano (*Pennisetum purpureum*) Pastoreado por Alpacas (*Lamas pacos*).** Consultado en: [http://tumi.lamolina.edu.pe/resumen/anales/2001\\_166.pdf](http://tumi.lamolina.edu.pe/resumen/anales/2001_166.pdf) el día: 20 de Junio de 2008.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS (AOAC). 2004-2005. **Official Methods of Analysis.** 18<sup>th</sup> Ed. Consultado en: <http://eoma.aoac.org/> el día: 17 de abril de 2008.
- BELANGER J. 1982. **Cría Moderna de Cabras Lecheras.** Segunda Edición. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. México D.F. México.
- BENAVIDES J. 1998. **Árboles y Arbustos Forrajeros: Una Alternativa Agroforestal para la Ganadería.** Consultado en: <http://www.virtualcentre.org/es/ele/conferencia1/bnvdes23.htm> el día 13 de Enero de 2007.
- BENAVIDES J. 2008. **Utilización de la Morera en Sistemas de Producción Animal.** Consultado en: <http://virtualcentre.org/es/ele/conferencia1/Bnvdes12.htm> el día: 20 de Junio de 2008.
- BERTSCH F. 1998. **La Fertilidad de los Suelos y su Manejo.** Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José. Costa Rica.
- BOSCHINI C., ELIZONDO J. 2005. **Caracterización Energética y Proteica de Materias Primas de Origen Animal, Empleadas en la Formulación de Alimentos Balanceados para Vacas Lecheras.** Revista Agronomía Mesoamericana 16 (2): 191 – 198.

- BOSCHINI C. 2000<sup>a</sup>. **Consumo de Morera (*Morus alba*) y Sorgo Negro Forrajero (*Sorghum alnum*) en Ganado Jersey.** Revista Agronomía Mesoamericana 11 (2): 73-77.
  
- BOSCHINI C. 2000<sup>b</sup>. **Calidad Nutricional de la Morera (*Morus alba*) Cultivada y Cosechada para Uso en la Alimentación de Rumiantes.** Consultado en:  
<http://www.fao.org/WAISENT/FAOINFO/AGRICULT/AGA/AGAP/FRG/MULBERRY/DEFAULT.HTM> el día: 20 de Abril de 2004.
  
- BRIZUELA E., FERRANDO C., BLANCO L. 2008. **Distribución Vertical de Hojas y de la Relación Hoja-Tallo en *Trichloris crinita* Diferida.** Consultado en: <http://www.aapa.org.ar/congresos/2005/PpPdf/PP74.pdf> el día: 11 de Agosto de 2008.
  
- CHACÓN A. 2005. **Aspectos Nutricionales de la Leche de Cabra (*Capra hircus*) y sus Variaciones en el Proceso Agroindustrial.** Revista Agronomía Mesoamericana 16 (2): 239-252.
  
- CIAPPESONI C. 2005. **Digestion and Absorption in Ruminants (And Particularities in Goats).** Consultado en:  
<http://capra.iespana.es/capra/fisiologia/fermentacion/fermentacioning.htm> el día: 10 de Agosto de 2007.
  
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD MEXICANA. 2008. ***Pennisetum purpureum*-Ficha Informativa.** Consultado en:  
<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/pennisetum-purpureum/fichas/ficha.htm> el día: 15 de Abril de 2008.

- CONTRERAS J., JUÁREZ F., MONTERO M. 2008. **Manual de Laboratorio. Determinación de la Tasa de Digestión en Forrajes.** Consultado en: [http://tiesmexico.cals.cornell.edu/courses/shortcourse1/minisite/pdf/6/MANUAL%20DE%20LABORATORIO%20\\_determinacion%20de%20la%20tasa%20de%20digesti%20E2%80%A6.pdf](http://tiesmexico.cals.cornell.edu/courses/shortcourse1/minisite/pdf/6/MANUAL%20DE%20LABORATORIO%20_determinacion%20de%20la%20tasa%20de%20digesti%20E2%80%A6.pdf) el día: 19 de Mayo de 2008.
- CORREA H. 2006. **Calidad Nutricional del Pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) Cosechado a Dos Edades de Rebrote.** Livestock Research Development Vol. 18 N°. 6.
- CRESPO M. 2007. **Características Agronómicas, Composición Química y Selectividad Ingestiva por Ganado Ovino de Tres Leguminosas Arbustivas: *Cratylia argentea* (Desv.) Kuntze, *Calliandra calothyrsus* Meisn. y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.** Tesis para optar por el grado de Maestro en Ciencias en Industria Pecuaria. Universidad de Puerto Rico, Puerto Rico.
- CROWDER L., CHHEDA H. 1982. **Tropical Grassland Husbandry.** Longman Group Limited. New York. United States of America.
- CUNNINGHAM J. 1999. **Fisiología Veterinaria.** Segunda Ed. McGraw-Hill. México D.F. México.
- DALL'AGNOL M., SCHEFFER S., NASCIMENTO J. do, SILVEIRA C., FISCHER R. 2004. **Produção de Forragem de Capim-Elefante sob Clima Frio. Curva de Crescimento e Valor Nutritivo.** Revista Brasileira de Zootecnia Vol. 33 N°. 5.

- DELGADILLO C. 2001. **Efecto de la Complementación Alimenticia de Gramíneas Tropicales con un Alimento Complejo Catalítico Sobre las Variables de Fermentación Ruminal en Bovinos y Ovinos.** Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima, México.
- DEVENDRA C., McLEROY G. 1986. **Producción de Cabras y Ovejas en los Trópicos.** Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V. México, D.F. México.
- DICKSON L., TORRES G., BECERRIL C., GARCÍA O. 1999. **Producción de Leche y Duración de la Lactancia en Cabras (*Capra hircus*) Alpinas y Nubias Importadas a Venezuela.** Consultado en:  
<http://www.ejournal.unam.mx/rvm/vol31-01/RVM31103.pdf> el día: 11 de Agosto de 2008.
- DURÁN F. 2007. **Manual de Explotación y Reproducción en Caprinos.** Editorial Grupo Latino Editores Ltda. Bogotá. Colombia.
- ELIZONDO J. 2004<sup>a</sup>. **Consumo de Sorgo Negro Forrajero (*Sorghum alnum*) en Cabras. Nota Técnica.** Revista Agronomía Mesoamericana 15 (1): 77-80.
- ELIZONDO J. 2004<sup>b</sup>. **Calidad Nutricional y Consumo de Morera (*Morus alba*), Ramio (*Bohemeria nivea* (L) Gaud) y Sorgo Negro Forrajero (*Sorghum alnum*) en Cabras. Nota Técnica.** Revista Agronomía Mesoamericana 15 (2): 209-213.
- ELIZONDO J., BOSCHINI C. 2002. **Calidad Nutricional de la Planta de Ramio (*Bohemeria nivea* (L) Gaud) para Alimentación Animal.** Revista Agronomía Mesoamericana 13 (2): 141-145.

- ESCOBAR E., PINKERTON F., McKINNEY T. s.f. **Use of Goats as a Vegetation Management Tool.** Cooperative Extension Program Langston University. Oklahoma. Estados Unidos de America.
- ESNAOLA M., RÍOS C. 1990. **Hojas de Poró (*Eritrina poeppigiana*) como Suplemento Proteico para Cabras Lactantes.** Livestock Research for Rural Development. Vol. 2 N<sup>o</sup>. 1
- ESPINOZA F., ARGENTI P., GIL J., LEÓN L., PERDOMO, E. 2001. **Evaluación del pasto King Grass (*Pennisetum purpureum* cv. King Grass) en asociación con leguminosas forrajeras.** Rev. Zootecnia Tropical 19 (1): 59-71.
- ESPINOZA F., ARGENTI P., GIL J., PERDOMO E., LEÓN L. 1992. **Rendimiento y Calidad Nutritiva de Cuatro Híbridos y Una Variedad de Sorgo Forrajero (*Sorghum bicolor* Pers.) Bajo Riego Complementario.** Revista Zootecnia Tropical 10 (2): 171-188.
- FALLAS E. 1987. **Efecto de la Fertilización Nitrogenada y el Intervalo de Corte Sobre el Rendimiento y la Composición Química del Pasto King Grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*).** Tesis para optar por el grado de Licenciado en Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Costa Rica. Heredia. Costa Rica.
- FERNÁNDEZ C., SÁNCHEZ – SEIQUER P. 2003. **Feed Intake and Digestibility of Total Mixed Ration Fed Murciano-Granadina Dairy Goats.** Pakistan Journal of Nutrition 2 (1): 25 – 32, 2003.

- FIRKINS J., ALLEN M., OLDICK B., ST-PIERRE N. 1998. **Symposium: Evaluation of Quantitative Estimates for Meeting Amino Acid Requirements of Dairy Cows. Modeling Ruminant Digestibility of Carbohydrates and Microbial Protein Flow to the Doudenum.** Journal of Dairy Science 81: 3350-3369.
  
- FRANCO R., VARGAs S., SILVEIRA E. 2005. **Influencia del Banco de Proteínas y del Clon CT-115 (*Pennisetum purpureum*) para el Pastoreo, Sobre Algunos Indicadores Productivos de Una Vaquería Destinada a la Producción de Leche.** Revista Electrónica de Veterinaria Vol. 6 N°. 11. Consultado en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090905.html> el día: 20 de Junio de 2008.
  
- FURBER H. 1985. **Dairy Goat Production.** Tercera Edición. University of Guelph. Ontario. Canada.
  
- GARCÉS C., FERNÁNDEZ C., SOLER M., NAVARRO M. 2000. **Influencia del Número de Lactación sobre la Producción y Calidad de la Leche de Cabra.** Consultado en: <http://www.exopol.com/seoc/docs/q4fnx9vs.pdf> el día: 11 de Agosto de 2008.
  
- GEA G De. 2006. **Razas de Cabras en Producción en la Argentina.** Consultado en: [http://www.produccionbovina.com/produccion\\_caprina/produccion\\_caprina/33-razas\\_cabras.pdf](http://www.produccionbovina.com/produccion_caprina/produccion_caprina/33-razas_cabras.pdf) el día: 16 de Junio de 2008.
  
- GIHAD E., EL-BEDAWY T., MEHREZ A. 1980. **Fiber Digestibility by Goats and Sheep.** Journal of Dairy Science 63: 1701-1706.
  
- GUSS S. 1977. **Management and Diseases of Dairy Goats.** Dairy Goat Journal Publishing Corporation. Arizona. Estados Unidos de América.

- HAENLEIN G. 2002. **Feeding Goats for Improved Milk and Meat Production.** Cooperative Extension Dairy Specialist University of Delaware. Consultado en: [http://goatconnection.com/articles/publish/article\\_72.shtml](http://goatconnection.com/articles/publish/article_72.shtml) el día: 12 de Agosto de 2005.
  
- HAENLEIN G., NATIONAL DAIRY DATABASE (USA) comp.1992. **National Goat Handbook. All About Goats.** University of Maryland. Maryland. Estados Unidos de América. Consultado en: <http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/goat/> el día: 10 de Agosto de 2007.
  
- HAENLEIN G. 1978. **Dairy Goat Management.** Journal of Dairy Sciences 61: 1011-1022.
  
- HART S. 2001. **Recent Perspectives in Using Goats for Vegetation Management in the USA.** The American Dairy Science Association. Journal of Dairy Science 84 (E. Suppl.): E170-E176.
  
- HAU E., SANTOS J., PECH V. 2004. **Evaluación Económica del Comportamiento Postdestete hasta la Pubertad de Novillas Cruzadas Alimentadas con Pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum* var. Taiwán) y un Alimento Concentrado Comercial.** Livestock Research for Rural Development 16 (4).
  
- HERNÁNDEZ C. 1987. **Efecto de la Fertilización Fosfórica y el Intervalo de Corte Sobre el Rendimiento y la Composición Química del Pasto King Grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*).** Tesis para optar por el grado de Licenciado en Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Costa Rica. Heredia. Costa Rica.



- HICKMAN C., ROBERTS L., LARSON A. 2002. **Principios Integrales de Zoología**. Undécima Ed. McGraw-Hill. Madrid. España.
- HOFFMAN P., LUNDBERG K., BAUMAN L., SHAVER R., CONTRERAS-GOVEA F. 2007. **Digestibilidad In Vitro del FDN (Fibra Detergente Neutro): El Debate de 30 vs. 48 Horas**. University Of Winsconsin. Focus on Forage Vol. 5: N°. 16.
- HUSTON J. 1978. **Symposium: Dairy Goats. Forage Utilization and Nutrient Requirements of the Goat**. Journal of Dairy Science 61: 988-993.
- IBARRA G., LEÓN J. 2001. **Comportamiento Bajo Corte de Dos Variedades de *Pennisetum purpureum*: Taiwán 801-4 y Taiwán 144 en Condiciones de Secano**. Revista Producción Animal Vol. 13 N°. 1.
- INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL (IMNCR). 2008. **Mapas de Escenarios Climáticos (Por Región)**. Consultado en: [http://www.imn.ac.cr/comportamiento\\_esta/vc.png](http://www.imn.ac.cr/comportamiento_esta/vc.png) el día: 14 de Julio de 2008.
- JUÁREZ J., BOLAÑOS E. 2007. **Las Curvas de Dilución de la Proteína como Alternativa para la Evaluación de Pastos Tropicales**. Revista Universidad y Ciencia 23 (1): 81-90. Consultado en: [http://www.ujat.mx/publicaciones/uciencia/junio\\_2007/9%20-%20190UC.pdf](http://www.ujat.mx/publicaciones/uciencia/junio_2007/9%20-%20190UC.pdf) el día: 20 de Junio de 2008.
- LEEK B. 2004. **Duke's Physiology of Domestic Animals**. 12<sup>o</sup> Ed. Comstock Publishing Associates. Dublin. Irlanda.
- LUGINBUHL J., POORE M. 2005. **Nutrition of Meat Goats**. Consultado en: [http://www.cals.ncsu.edu/an\\_sci/extension/animal/meatgoat/MGNutr.htm](http://www.cals.ncsu.edu/an_sci/extension/animal/meatgoat/MGNutr.htm) el día: 8 de Agosto de 2005.

- MALDONADO G. 2003. **Caprinos**. Consultado en:  
<http://www.agronomia.uchile.cl/webcursos/cmd/12003/Gabriela%20Maldonado/Caprinos/Caprinos.htm> el día: 11 de Agosto de 2008.
  
- MARES V. 1983. **Aspectos en la Utilización y Producción de Forrajes en el Trópico: Compilación de Documentos Presentados en Actividades de Capacitación. Volumen 3**. Centro Agronómico Tropical de Investigación Y Enseñanza, Departamento de Producción Animal. Turrialba. Costa Rica.
  
- MÁRQUEZ F., SÁNCHEZ J., URBANO D., DÁVILA C. 2007. **Evaluación de la Frecuencia de Corte y Tipos de Fertilización sobre Tres Genotipos de Pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*). 1. Rendimiento y Contenido de Proteína**. Revista Zootecnia Tropical Vol. 25 N°. 4.
  
- MCGOWAN C., NURSE G. 2007. **Meat Goat Production for Small-Scale Farmers**. Consultado en:  
<http://www.boergoats.com/clean/articleleads.php?art=340> el día 28 de Febrero de 2007.
  
- MENDOZA H., TZEC G., SOLORIO F. 2000. **Efecto de las Frecuencias de Rebrote Sobre la Producción y Calidad del Follaje del Árbol “Ramón” (*Brosimum alicastrum Swartz*)**. Livestock Research for Rural Development Vol. 12 N°. 4.
  
- MENESES R., CONTRERAS S., ROJAS A., FLORES H. 2004. **Consumo de Hojas y Tallos de *Eucalyptus cladocalyx* como Forraje para Caprinos**. Archivos de Zootecnia 53 (202): 213-216.
  
- MELÉNDEZ J., IBARRA G., IGLESIAS O. 2000. ***Pennisetum purpureum cv. CRA – 265* en Condiciones de Secano**. Parámetros Agronómicos y Valor Nutritivo. Rev. Producción animal volumen 12: 17-20.

- MORAND-FEHR P., SAUVANT D. 1980. **Composition and Yield of Goat Milk as Affected by Nutritional Manipulation.** Journal of Dairy Science 63: 1671-1680.
- NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL). 1981. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle.** 7<sup>o</sup> Ed. Committee on Animal Nutrition, National Research Council. Washington D.C. Estados Unidos de América.
- NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL). 1981. **Nutrient Requirements of Goats: Angora, Dairy and Meat Goats in Temperate and Tropical Countries.** Committee on Animal Nutrition, National Research Council. Washington D.C. Estados Unidos de América.
- NOCEK J. 1988. **In Situ and Other Methods to Estimate Ruminal Protein and Energy Digestibility: A Review.** Journal of Dairy Science 71: 2051-2069.
- NUNES A., GERMANO R., BATISTA I., RAMOS F., VALLECILLO A., DOS SANTOS N. 2007. **Efecto de Diferentes Niveles de Consumo de Pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum var. Cameroon) Durante la Recría de Caprinos.** Asociación Latinoamericana de Producción Animal Vol. 15 N<sup>o</sup>. 3: 75-82.
- OKLAHOMA STATE UNIVERSITY. 1998. **Breeds of Livestock.** Oklahoma State University Board of Regents. Consultado en: <http://www.ansi.okstate.edu/breeds/goats/> el día: 16 de Junio de 2008.
- ØRSKOV E., HOVEL F DeB., MOULD F. 1980. **The Use of the Nylon Bag Technique for the Evaluation of Feedstuffs.** Rowett Research Institute. Aberdeen. Escocia. Journal Tropical Animal Production N<sup>o</sup> 5:3.

- ORTIZ M. 2000. **Efecto de un Alimento Complejo Catalítico en Asociaciones de Forrajes y Fuentes Alternas de Proteína en Bovinos de Engorda.** Tesis para optar por el grado de Maestra en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima, México.
- PAZ R., TOGO J., LÓPEZ C. 2007. **Evaluación de Parámetros de Producción de Leche en Caprinos (Santiago del Estero, Argentina).** Revista Científica 17 (2): 161-165.
- PEÑA M. 1991. **Explotación de Pastos y Forrajes. Tomo I. Texto Transitorio.** Departamento de Ediciones del Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana. La Habana. Cuba.
- PETERSON P. 2002. **Forage for Goats.** Consultado en: [http://goatconnection.com/articles/publish/printer\\_102.shtml](http://goatconnection.com/articles/publish/printer_102.shtml) el día: 8 de Agosto de 2005.
- PETIT H., SAVOIE P., TREMBLAY D., DOS SANTOS G., BUTLER G. 1994. **Intake, Digestibility and Ruminant Degradability of Shredded Hay.** Journal of Dairy Science 77: 3043-3050.
- PICCIONI. 1970. **Diccionario de Alimentación Animal.** Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- PINEDA J. 2004. **Efecto de un Suplemento Activador Proteico o Energético de la Fermentación Ruminant en la Engorda de Bovinos en Praderas de Pastos Tropicales en Colima.** Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Pecuarias. Universidad de Colima, México.

- PINKERTON F., PINKERTON B. 2005. **Feeding Programs for Meat Goats.** Consultado en: <http://www.goatworld.com/articles/nutrition/feedingprograms.shtml> el día: 12 de Agosto de 2005.
- RAMÍREZ J., VERDECIA D., LEONARD I. 2008. **Rendimiento y Caracterización Química del Pennisetum Cuba CT 169 en un Suelo Pluvisol.** Revista Electrónica de Veterinaria Vol. 9, Nº. 5. Consultado en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050508/050806.pdf> el día: 20 de Junio de 2008.
- RODRÍGUEZ S. 1983. **Pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schumacher), Originario de África.** FONIAP Divulga Nº. 12. Setiembre - Octubre de 1983.
- RODRÍGUEZ S.; MORENO J., LEÓN L., PERDOMO E. 1983. **Comparación de Dos Cultivares de Elefante Bajo el Efecto de Frecuencia de Fertilización.** Revista Zootecnia Tropical Vol. 1 (1 y 2): 99-110.
- ROJAS A. 1995. **Conceptos Básicos en Nutrición de Rumiantes.** Escuela de Zootecnia-Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. Costa Rica.
- ROJAS A., PALAVICINI G., SÁNCHEZ R. 1988. **Mezclas de *Pennisetum purpureum* var. "King Grass" con Seudotallo de Guineo Morado (*Musa spp.*) como Fuente de Forraje para Vacas en Producción Durante la Época Seca.** Revista Agronomía Costarricense 12 (2):237-240.
- ROJAS W., JIMÉNEZ C. 1986. **Manejo y Producción del Pasto King Grass (*Pennisetum purpureum*).** Sin publicar.

- ROMERO L., ARONNA M., UCATRIN A. 2002. **Producción Estacional de Forraje y Relación Hoja-Tallo de Alfalfas Multifoliadas**. Consultado en: [http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/anuario2002/a2002\\_p3.htm](http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/anuario2002/a2002_p3.htm) el día: 14 de Agosto de 2008.
- ROMERO E. 1997. **Razas Caprinas**. Consultado en: [http://www.agrobit.com/Info\\_tecnica/Ganaderia/razas/GA000002ra.htm](http://www.agrobit.com/Info_tecnica/Ganaderia/razas/GA000002ra.htm) el día: 16 de Junio de 2008.
- ROSTHOJ S., BRANDA L. 2001. **Determinación de los Nutrientes Digestibles Totales en Ovinos a Partir del *Pennisetum purpureum* y Variedades**. Revista de Ciencia y Tecnología Vol. 1 N°. 3.
- SALDAÑA R., DUMONT J. 1997. **Reducción del Tiempo de Digestibilidad In Vitro en la Evaluación de Forrajes**. Chile. Revista Agricultura Técnica 57 (2): 122 – 126.
- SÁNCHEZ J. 2001. **Valor Nutritivo de los Pastos Tropicales**. Presentado en el Curso de Actualización en Nutrición de Ganado Lechero. LANCE-2001. Atenas. Costa Rica. Consultado en: <http://www.feednet.ucr.ac.cr/bromatologia/publicaciones.htm> el día: 21 de Noviembre de 2007.
- SÁNCHEZ J., VARGAS E., CAMPABADAL C. 1987. **Composición Mineral y de Proteína Cruda de los Forrajes en los Distritos de Venecia, Pital y Aguas Zarcas, Cantón de San Carlos**. Revista Agronomía Costarricense 11 (1): 25-31.
- SAS. 1985. **Statistical Analysis System. SAS User's Guide; Statistics (Version 5 Ed.)**. SAS Institute Inc. Cary, NC. Estados Unidos de América.

- SCHOENIAN S. 2003. **An Introduction to Feeding Small Ruminants.** Maryland Cooperative Extension. University of Maryland. Consultado en: <http://www.sheepandgoat.com/articles/feedingsmallruminants.html> el día: 8 de agosto de 2005.
  
- SECRETARÍA EJECUTIVA DE PLANIFICACIÓN SECTORIAL AGROPECUARIA DE COSTA RICA (SEPSA). 2000-2006. **Boletín Estadístico Agropecuario Nº. 17.** Consultado en: [http://www.infoagro.go.cr/Boletin\\_17/inicio.html](http://www.infoagro.go.cr/Boletin_17/inicio.html) el día: 15 de Abril de 2008.
  
- SILANIKOVE N. 1986. **Interrelationships Between Feed Quality, Digestibility, Feed Consumption, and Energy Requirements in Desert (Bedouin) and Temperate (Saanen) Goats.** Journal of Dairy Science 69: 2157 – 2162.
  
- STEEVENS B., RICKETS R. 1993. **Feeding and Housing Dairy Goats.** Consultado en: <http://muextension.missouri.edu/explore/agguides/dairy/g03990.htm> el día 8 de Agosto de 2005.
  
- STUBBS A., ABUD G. 2002. **Dairy Goat Manual.** Rural Industries Research and Development Corporation. Kingston. Australia.
  
- SYNGENTA AGRIBUSINESS S.A. 2003. **Hoja de Información de Seguridad de Gramoxone Super.** Santiago. Chile. Consultado en: [http://www.syngenta.cl/prodyserv/fitosanitarios/prod/hojas\\_seguridad/Productos\\_Fitosanitarios/GramoxoneSuper.pdf](http://www.syngenta.cl/prodyserv/fitosanitarios/prod/hojas_seguridad/Productos_Fitosanitarios/GramoxoneSuper.pdf) el día: 16 de Abril de 2008.

- TROPICAL FORAGES.COM. 2008. ***Pennisetum purpureum*. Factsheet.** Consultado en: [http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Pennisetum\\_purpureum.htm](http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Pennisetum_purpureum.htm) el día: 14 de Agosto de 2008.
- URBANO D., DÁVILA C. 2003. **Evaluación del Rendimiento y Composición Química de Once Variedades de Alfalfa (*Medicago sativa*) Bajo Corte en la Zona Alta del Estado de Mérida, Venezuela.** Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ) 2003, 20: 97 – 107.
- USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE; NATIONAL DAIRY DATABASE) comp.1993. **National Goat Handbook. Goats.** University of Maryland. Maryland. Estados Unidos de América. Consultado en: <http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/goat/> el día: 10 de Agosto de 2007.
- USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE).1992. **Cashmere Goats.** Consultado en: <http://www.sfc.ucdavis.edu/pubs/brochures/Cashmeregoats.html> el día: 14 de Agosto de 2008.
- VARGAS C. 2004. **Valoración de Parámetros Nutricionales y Degradabilidad Ruminal de 15 Ecotipos de Sorgo Forrajero (*Sorghum sp*).** Tesis para optar por el grado de Licenciado en Ingeniería Agronómica con Énfasis en Zootecnia. Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- VÉLEZ M. 1993. **Producción de Cabras y Ovejas en el Trópico.** Sección de Comunicación del Programa de Desarrollo Rural. Escuela Agrícola Panamericana. Tegucigalpa. Honduras.



- VERGARA-LÓPEZ J., ARAUJO-FEBRES O. 2006. **Producción, Composición Química y Degradabilidad Ruminal *In Situ* de *Brachiaria humidicola* (RENDLE) Schweick en el Bosque Seco Tropical.** Maracaibo. Venezuela. Revista Científica (Maracaibo). Volumen 16, Número 3. ISSN 0798-2259.
  
- VOISIN A. 1974. **Dinámica de los Pastos.** Editorial Tecnos, S.A. Madrid. España.
  
- WHYTE R., MOIR T., COOPER J. 1959. **Las Gramíneas en la Agricultura.** Dirección de Fitotecnia y Protección Fitosanitaria. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Italia.