

**Universidad de Costa Rica.
Facultad de Ciencias Agroalimentarias.
Escuela de Zootecnia.**

**Estudio de la variación bromatológica de la leche de un
hato de cabras LaMancha alimentado con diferentes
forrajes.**

Luis Rodolfo Herrera Campos.

Tesis para optar al grado académico de Licenciatura en
Ingeniería Agronómica con Énfasis en Zootecnia.

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio.

2008

DEDICATORIA

A mi madre.

A mi familia nuclear.

Por todo los momentos vividos y los que faltan por vivir.

Ustedes saben...

AGRADECIMINETO

Mi más sincero agradecimiento a:

Don. Carlos Boschini, por concederme el honor de realizar esta investigación bajo su tutela.


Fabián Vargas, por apoyarme en todo el proyecto.

Los miembros de “El Clan”, por enseñarme el valor del compañerismo.

Todas las personas que, directa o indirectamente, colaboraron con esta investigación.

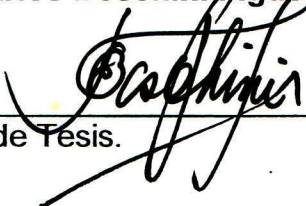
Esta tesis fue aceptada por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado de Licenciado en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia.

M.Sc. Carlos Arroyo Oquendo.




Director de la Escuela de Zootecnia.

M.Sc. Carlos Boschini Figueroa.



Director de Tesis.

Lic. Fabián Vargas Rodríguez.



Miembro del Tribunal.

M.Sc. Álvaro Castro Ramírez.




Miembro del Tribunal.

Lic. José Arce Cordero.



Miembro del Tribunal.

Luis Rodolfo Herrera Campos.



Sustentante.

ÍNDICE

	PÁGINA
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE.....	V
ÍNDICE DE CUADROS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	2
OBJETIVOS.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Características generales de la cabra.....	5
Características físicas.....	5
Producción de leche.....	6
Aspectos nutricionales de la leche de cabra.....	7
Consumo y aprovechamiento de nutrientes.....	9
CARACTERÍSTICAS DE LA MORERA.....	12
Descripción.....	12
Propagación.....	12
Poda y Fertilización.....	13
Valor Nutritivo.....	15
SORGO NEGRO FORRAJERO.....	16
Origen.....	16
Morfología.....	18
Características Agronómicas.....	20
Establecimiento.....	21
Toxicidad.....	22
Calidad Nutricional.....	23
PASTO ESTRELLA AFRICANA.....	24

Características.....	25
Adaptación.....	25
Variedades.....	26
Métodos de siembra.....	26
Época de siembra.....	27
Densidad de siembra.....	27
Contenido de malezas e insectos.....	28
Fertilización.....	28
Riegos.....	28
Producción y forraje.....	29
Producción animal.....	29
MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
MANEJO EXPERIMENTAL.....	32
Procedimiento general.....	32
MANEJO DE CULTIVOS.....	32
Sorgo Negro Forrajero.....	32
Pasto Estrella Africana.....	33
Morera.....	34
TÉCNICAS DE LABORATORIO PARA EL ANÁLISIS DE LOS CULTIVOS.....	35
Determinación de materia seca y cenizas.....	35
Proteína cruda.....	36
Fibra detergente neutro (FND).....	37
Fibra ácido detergente (FAD).....	37
Celulosa, hemicelulosa y lignina.....	38
Extracto eteréo.....	38
MANEJO Y SELECCIÓN DE LOS ANIMALES.....	39
Alimentación de las cabras.....	40
Manejo de la leche.....	41
ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA BROMATOLOGÍA LÁCTEA.....	43
Producción de leche de cabras.....	43
Acidez de la leche.....	43

Peso específico de la leche.....	44
Grasa, sólidos totales y sólidos no grasos de la leche.....	44
Proteína y caseína de la leche.....	45
Análisis estadístico.....	46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS CULTIVOS.....	47
Materia seca.....	48
Proteína cruda.....	48
Fibra neutro detergente y fibra ácido detergente.....	49
Lignina y cenizas.....	50
Celulosa y Hemicelulosa.....	51
Extracto étereo.....	52
Consumo de los forrajes.....	53
ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN Y LA BROMATOLOGÍA LÁCTEA.....	55
Producción láctea.....	56
Acidez de la leche.....	58
Grasa láctea.....	59
Proteína de la leche de cabra.....	62
Caseína de la leche de cabra.....	64
Peso específico de la leche de cabra.....	65
Sólidos totales de la leche de cabra.....	66
Sólidos no grasos de la leche de cabra.....	67
CONCLUSIONES.....	69
BIBLIOGRAFÍA.....	71

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Producción de leche y porcentaje de grasa de distintas razas caprinas.....	7
Cuadro 2. Diferencia en la utilización de nutrientes entre la vaca y la cabra.....	10
Cuadro 3. Composición química de las hojas de Morera a dos alturas y a tres intervalos de corte.....	14
Cuadro 4. Porcentaje de proteína de algunas fuentes alimenticias usadas para las cabras	16
Cuadro 5. Requerimientos de proteína y energía de cabras de 50 kg de peso y 4% de grasa en la leche.....	41
Cuadro 6. Composición bromatológica de Morera, Sorgo y Estrella en base seca	47
Cuadro 7. Producción y calidad de la leche de cabras LaMancha alimentadas con diferentes forrajes.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Consumo de forraje fresco promedio (kgMV/animal/día) de tres grupos de cabras con distintas fuentes alimentarias.....	53
Figura 2. Consumo de forrajes en base seca (kgMS/animal/día) de tres grupos de cabras con distintos fuentes alimentarias.....	54
Figura 3. Producción promedio de leche (kg/animal/día), para tres grupos de cabras consumiendo diferentes fuentes alimenticias.....	58
Figura 4. Porcentaje de ácidos Dormic de la leche de distintos grupos de cabras consumiendo diferentes forrajes.....	59
Figura 5. Porcentajes de grasa láctea de tres grupos de cabras consumiendo distintos forrajes.....	62
Figura 6. Porcentaje de proteína de tres grupos de cabras consumiendo diferentes forrajes.....	63
Figura 7. Porcentaje de caseína de la leche de tres grupos de cabras consumiendo distintas fuentes alimenticias.....	65
Figura 8. Porcentaje de peso específico de la leche de tres grupos de cabras consumiendo diferentes fuentes alimenticias.....	66
Figura 9. Porcentaje de sólidos totales de la leche de tres grupos de cabras consumiendo distintos forrajes.....	67

Figura 10. Porcentaje de sólidos no grasos de la leche de tres grupos de cabras
consumiendo distintas fuentes alimenticias.....68

INTRODUCCIÓN

En el entorno mundial, la leche de cabra es consumida principalmente como un producto fluido sin que medie una transformación de la misma en otros derivados, razón por la cual sus características prístinas son muy importantes a nivel nutricional (Chacón, 2004).

Dada su factibilidad como animal lechero, se considera que el manejo adecuado y constante de lecherías basadas en la cabra representa una de las mejores estrategias para aliviar las hambrunas y combatir la desnutrición en países en vías de desarrollo, lugares donde suelen ser propicias las condiciones para pequeños rumiantes.

Los productos lácteos constituyen una de las mayores fuentes de ingreso en Costa Rica, siendo unas de las agroindustrias más pujantes tanto a nivel agrosilvopastoril como agroindustrial (Díaz, 2004); formando una cadena de generación de empleos que va desde la persona que se encuentra en el campo hasta el establecimiento que vende el producto final. No obstante su amplitud a nivel nacional, este mercado está dominado por la leche de vaca y sus derivados (Aguilar et al 1990, Mayorga 1992).

Sin embargo, la actividad caprina en nuestro país es un recurso del todo explotable e implementable.

Existe entonces una necesidad de estudios de manejo y alimentación animal que garanticen la obtención de materia prima óptima para estimular el desarrollo de nuevos productos para impulsar la producción de leche de cabra de características ideales en nuestro medio.

En contraste con su contraparte vacuna, los estudios en Costa Rica que aborden la variabilidad de las características bromatológicas útiles en el procesamiento industrial ulterior de la leche de cabra en función de la alimentación y el manejo son muy escasos (Chacón, 2004).

Se realizó esta investigación con la intención de valorar las propiedades bromatológicas provocadas en la leche de cabra en función de la alimentación con diferentes forrajes (Morera, Sorgo Negro y Estrella Africana) en términos de las variables más relevantes de producción de derivados lácteos ulteriores; variables tales como el contenido de grasa, contenido de proteína, caseína, acidez, el peso específico, los sólidos totales y sólidos no grasos. Las cuales, son claros indicadores de las posibilidades tecnológicas de la leche.

El estudio de la variación bromatológica de la leche en función de la alimentación es de relevante importancia para el sector caprino.

OBJETIVOS

a. General

Evaluar la variación de las características bromatológicas de mayor importancia tecnológica de la leche de cabra producida por un hato de la raza LaMancha en función de la alimentación basada en tres diferentes tipos de forraje de uso común.

b. Específicos

1. Establecer criterios técnicos de alimentación que permitan suplir las demandas nutricionales de un hato caprino de la raza LaMancha en producción.

2. Definir y establecer criterios técnicos para la alimentación de los hatos de cabras con miras a favorecer la producción de leche con las mejores características bromatológicas necesarias para la elaboración de productos finos.

3. Comparar las cualidades de tres diferentes cultivos de uso común para la alimentación caprina y poder definir cual es el más apropiado para la producción de leche.

4. Establecer las características bromatológicas de mayor importancia tecnológica de la leche evaluada según el tipo de forrajes.

REVISION DE LITERATURA

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CABRA

Características Físicas

La cabra (*Capra hircus*) fue uno de los primeros animales domesticados, alrededor del año 900 a 1000 A.C. Es un animal pequeño, resistente y de fácil mantenimiento (Villalobos, 1989).

Este animal reúne ciertas características que lo hace ser una alternativa para el campesino que no puede contar con ganado bovino por razones económicas o de espacio (Ortiz, 1992).

Entre las características de estos animales que se pueden aprovechar en una finca, se menciona sus labios móviles, lengua prensil, agilidad física; así como sus hábitos alimenticios, que lo hacen ser un animal muy selectivo cuando hay buena disponibilidad de alimentos, pero que si no es así, puede aprovechar fuentes de muy baja calidad que otros animales no consumen; además de que también tienen menos requerimientos nutricionales por unidad animal (Benavides, 1990).

Para Bonilla y Díaz (1988) otras de las ventajas de este animal es la de ser robusto y adaptable ya que se ha difundido y ha prosperado en zonas que difieren mucho en clima, topografía y fertilidad, así como su acondicionamiento a

diferentes alternativas de alimentación. Su rusticidad le permite también ser poco susceptible a enfermedades.

El relativo bajo precio de la cabra y la pequeña inversión por concepto de instalaciones constituyen otro aspecto a favor (Ortiz, 1992).

Según Castro (1978), las cabras consumen grandes cantidades de forrajes, muestran preferencia por ramas y hojas de arbustos de bajo valor nutritivo, abundantes en fibras, que son aprovechadas con eficiencia.

Producción de Leche

La eficiencia de la producción de las cabras lecheras y el uso de su leche en la nutrición de niños y discapacitados que son alérgicos a la leche de vaca, hacen de la cabra un animal de gran utilidad para el hombre (Ortiz, 1992).

La producción de leche de cabra depende principalmente del tipo de animal, tamaño, grado de pureza, raza, alimentación y clima. En Francia por ejemplo, es común encontrar rebaños de la raza Saanen con promedios de 3 a 4 kilos diarios durante 300 días de lactancia. Por el contrario, en México, los caprinos criollos regionales presentan promedios diarios de leche de 0,450 kg hasta 1,100 kg durante 180 – 120 días, dependiendo principalmente de su alimentación (Peñuñuri, 1986). En el Cuadro 1, se presenta la producción láctea y porcentajes de grasa promedio para diferentes razas caprinas.

Cuadro 1. Producción de leche y porcentaje de grasa de distintas razas caprinas.

Raza	%Grasa	leche/lactancia (kg)	Días lactación	leche/diaria (kg)
Criolla	4,45	160	200	0,800
Alpina	3,51	780	230	3,390
Nubia	4,55	617	210	2,490
Saanen	3,52	790	230	3,430
LaMancha	3,79	660	227	2,900
Toggenburg	3,30	785	238	3,300

Fuente: Peñuñuri, 1986.

Aspectos nutricionales de la leche de cabra.

La leche de cabra es, al igual que la leche de otros mamíferos, una matriz de características fisicoquímicas muy diversas (Belitz y Grosch, 1985).

La porción promedio de leche se considera como equivalente a una copa con 244 g, razón por la cual esta medida se usa como estándar en los Estados Unidos para la comparación de ingesta (NRC¹, 1968).

Los glóbulos de grasa son en general más pequeños y más finos que los encontrados en la leche de vaca (2 um en la leche de cabra contra un promedio de 3-5 um en la de vaca), como resultado de su pequeño tamaño y distribución homogénea, los glóbulos quedan más dispersos, con lo cual, las enzimas

¹ National Research Council

digestivas humanas actúan sobre ellas y las desintegran rápida y completamente; lo cual se ha asociado con una mejor digestibilidad (Ortiz, 1992).

Comparativamente, la leche de cabra aporta 13% más calcio que la leche de vaca (Rodden, 2004). También, es una adecuada fuente de otros nutrientes como hierro, cobre, cobalto y magnesio (Dostaloya, 1994).

La leche de cabra contiene menos sodio y menos minerales de cobalto y molibdeno que la leche de vaca, pero más potasio (134% más) y cloro (0,151% total), siendo los demás constituyentes muy similares entre ambas leches (Maree, 1978).

El contenido de lactosa es bajo en la leche de cabra en comparación con la leche de otras especies animales (aproximadamente de 1% a 13% menos que la de vaca y hasta 41% menos que la humana), lo cual está directamente relacionado con que esta leche presente menos problemas asociados con la intolerancia (Richardson, 2004).

En cuanto a la proteína, la composición de las diferentes fracciones de la leche de cabra puede diferir grandemente a la de vaca. Belewu y Aiyegbusi (2002) afirman que la proteína de leche caprina presenta un mayor valor biológico (90,9%) con respecto a la leche de vaca (90,4%). El tamaño de las micelas de caseína es más pequeño en la leche de cabra (50 nm) en comparación con la leche de vaca (75 nm) (Alais, 1988).

Las ventajas de la leche de cabra se manifiestan en casos especiales como en enfermedades alérgicas, que pueden atribuirse a una hipersensibilidad a la proteína de la leche de vaca. Es útil y ha aliviado a los que sufren de úlcera en el duodeno, asma, postración y debilidad nerviosa general y ha resultado de gran utilidad en la nutrición de convalecientes y ancianos (Bonilla y Díaz, 1988).

Consumo y aprovechamiento de nutrientes

El consumo de materia seca varía de acuerdo a la finalidad de la explotación (carne, leche o doble propósito); por ejemplo las cabras de carne consumen entre 2,5% - 4% de su peso vivo y las lecheras comen entre 3 y 8% (Castro, 1978), mientras que una vaca lechera consume entre 2% y 3% de su peso vivo en materia seca, dependiendo de la cantidad de leche que produzca.

Con igual cantidad de nutrimentos, la cabra produce en proporción más leche que la vaca, exige menos para el mantenimiento de su peso corporal pero requiere de mayor cantidad en la digestión y el metabolismo, como se puede observar claramente en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Diferencia en la utilización de nutrientes entre la cabra y la vaca.

	Mantenimiento	Digestión y Metabolismo	Producción de leche
Cabra	33%	32%	35%
Vaca	50%	19%	31%

Fuente: Castro, 1978.

Una cabra con un peso de 50 kg, consumiendo 2 kg de materia seca/día, produce 2 kg de leche; mientras que una vaca lechera de 300 kg de peso, que consume 10 kg de materia seca al día, produce 8 kg de leche, ambas ingiriendo la misma dieta. Dicho en otras palabras, con la cantidad de alimento que consume una vaca de estas características, se podrían nutrir cinco cabras como la descrita, produciendo un total de 10 kg de leche (Ortiz, 1992).

Se debe aprovechar la elevada capacidad de la cabra para consumir alimentos voluminosos y fibrosos los cuales satisfacen la mayor parte de sus necesidades nutritivas durante casi todo el año (Castro, 1978).

Tolerancia a ciertas sustancias químicas

Los umbrales sensoriales para determinar sustancias químicas son una de las principales características genéticamente determinadas, que influyen en la selección de alimentos por parte de los animales (Malechek y Provenza, 1983). Las cabras pueden diferenciar entre soluciones tales como clorhidrato de quinina, el cloruro de sodio, la glucosa y el ácido acético, que representan los cuatro sabores normales de amargo, salado, dulce y ácido (French, 1970).

Hafez (1968), citado por Malechek y Provenza (1983), atribuyó el hábito del ramoneo de las cabras al desarrollo evolutivo de receptores del gusto, con umbrales altos para las sustancias amargas, suponiendo que las plantas de ramoneo contienen mayores concentraciones de dichas sustancias, que otras especies forrajeras. Esto coincide en principio con la teoría actual sobre la evolución de las defensas químicas de las plantas, en el sentido de que determinados compuestos secundarios, como los alcaloides y taninos, tienden a producir sensaciones más amargas (Arnold y Hill, 1972; citados por Malechek y Provenza, 1983).

Sinn (1983) indica que en el caso de los taninos, aún no se ha determinado con claridad si se trata de una sensación de sabor amargo o si es el resultado de una acción astringente sobre la mucosa epitelial de la boca, que podría interpretarse como sensación del tacto más que de sabor. Es importante recalcar el hecho de que, aunque las cabras son muy hábiles para tolerar niveles altos de taninos, esta tolerancia química no incluye plantas tóxicas, razón por la cual, las cabras son susceptibles de ser envenenadas (Devendra y Mc Leroy, 1986).

CARACTERÍSTICAS DE LA MORERA (*Morus alba*)

Descripción

La morera es originaria de China, pertenece a la familia Moraceae, género *Morus*, con dos especies: *alba* e *índica*. Se clasifica como un arbusto cuando es cultivada y se asocia a un buen manejo. En condiciones naturales es un árbol que alcanza una altura de 12 metros; sus frutos son similares a una mora, de sabor agridulce y sus hojas son grandes, aserradas, acusadas en el ápice y algunas variedades presentan hojas palmeadas (Martín y Ruberte, 1979; Queer, 1979).

Propagación

Según Paolieri (1963) la morera puede propagarse por estacas, semillas e injerto. Por injerto, el propósito es sacar variedades altamente productivas y reproducir las que no lo pueden hacer por estacas. La propagación por estacas economiza espacio y permite reproducir características de la variedad. Éstas se pueden cortar antes de la producción de octubre a marzo del año siguiente. El tamaño de la estaca varía de 25-30 cm con un mínimo de 4 yemas.

Investigaciones del MAG² (1974) aseguran que no es aconsejable tomar estacas muy gruesas ni muy delgadas. La intensidad de siembra de estacas depende de varios factores, como topografía del terreno, calidad del suelo, posibilidad de riego y otros. Se recomienda utilizar distancias de siembra de 70 cm entre matas. Si el área es extensa se puede usar maquinaria para limpiar el

² Ministerio de Agricultura y Ganadería.

terreno o para el transporte de la morera, en este caso se puede hacer sembrado de dos hileras a 60 cm de separación y dejando un espacio de 1,80 m entre éstas y otras 2 hileras que permita el uso de la maquinaria.

Si el terreno es suave, las estacas se pueden empujar en el suelo o se hace un hueco con macana, a 15 cm de profundidad, de manera que más de la mitad de la estaca quede bajo el suelo.

Poda y Fertilización

La poda se acostumbra hacer a diferentes alturas:

a. Poda Alta: A más de un metro sobre el nivel del suelo. Con ésta, la longevidad es mucho mayor que en los otros tipos y resiste mejor el exceso de agua. La problemática del método es el manejo y la cosecha de las hojas, además de lo prolongado del período para cosecharlas.

b. Poda Media: A alturas de 30 cm a 1 m. La planta desarrolla muy bien el sistema radical, pero dura tres o más meses para obtener la cosecha y el control de plagas se dificulta.

c. Poda Baja: (20 – 30 cm): se acorta el período de cosecha, se facilitan operaciones de control de insectos y plagas y se obtiene producción alta de hojas de buena calidad.

Para la variedad local (*Morus alba*) el sistema de poda que mejor resultó fue a 40 cm sobre la superficie porque permite a la planta usar las reservas acumuladas en el tronco, lo que repercute en una mayor producción de follaje (MAG, 1974).

En el Cuadro 3 se observa el efecto de otras alturas de corte sobre el contenido nutricional.

Cuadro 3. Composición química de las hojas de Morera a dos alturas y a tres intervalos de corte.

Parámetros	Tratamientos					
	Alturas de Corte (m).					
	0,50			1,00		
Análisis Químico	Intervalo de corte (días)					
	60	120	80	60	120	80
%MS	26,7	25,3	27,0	27,7	22,4	25,7
%PC	23,6	21,4	16,4	22,2	20,4	18,0
DIVMS	80,4	82,1	74,4	82,9	82,0	78,0

Fuente: Esnaloa y Benavides, 1982.

En cuanto a la fertilización, se recomienda la aplicación de 300 kg/ha de N₂, 100 kg/ha de P₂O₅, y 165 kg/ha de K₂O por año en una sola dosis y realizada al voleo sobre la superficie de los entresurcos de la plantación (Paolieri, 1963).

Valor Nutritivo

En relación al valor nutritivo, Valhena (1943) ha visto que los animales domésticos reciben con mucho agrado las hojas de morera y para la vaca lechera constituye un alimento de primer orden, lo mismo que para las cabras y los conejos; la hoja atiende las condiciones nutritivas exigidas por los animales domésticos. Datos obtenidos en el CATIE por Esnaloa y Benavides (1982), indican que las hojas de morera contienen, de acuerdo a su estado de madurez entre 17 y 22% de proteína cruda (Nx6, 25) y su digestibilidad in vitro es superior a 80%. Esto lo convierte en uno de los forrajes de mayor digestibilidad que se conocen.

En investigaciones del MAG (1974) encontraron que la cantidad de proteína en las hojas de morera varía según su crecimiento y su ubicación en la planta: las hojas nuevas y superiores contienen una cantidad de proteína mayor que las hojas de más edad y bajas, en el primer caso, más de 30% y en el segundo caso, más de 25%.

El porcentaje de proteína de la morera es uno de los más altos entre las diferentes fuentes nutritivas usadas en cabras, como se observa en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Porcentaje de proteína de algunas fuentes alimenticias usadas para las cabras.

Fuente	%PC
Kikuyo	16,0
Estrella Africana	25,0
Ramio	13,0
Morera	33,0
Poró	24,0
Pasto Gigante	8,0

Fuente: Vallejo, 1990.

SORGO NEGRO FORRAJERO (*Sorghum almum*)

Origen

Los primeros informes muestran que el sorgo (*Sorghum sp*) existió en India en el siglo I d. C. Esculturas que lo describen se hallaron en ruinas asirias de 700 años a. C. Sin embargo, el sorgo quizás sea originario de África Central, Etiopía o Sudán, pues es allí donde se encuentra la mayor diversidad de tipos (Duke, 1983).

El Sorgo Negro forrajero, fue descrito en Argentina en 1943 de donde parece ser originario, postulándose que se originó de un cruce espontáneo entre *Sorghum_halapense* y un miembro de la sección *Arundinaceae*, de la cual no se

sabe con certeza si es un sorgo de grano o forrajero, de caracter anual (Duke, 1983).

El Sorgo Negro forrajero fue extensamente difundido en Sri Lanka, Mozambique, Australia, Nueva Zelanda y también en USA y Canadá. En Rusia tuvo gran distribución y se logró establecer exitosamente (Ricelli, 1980).

Aunque no se cuenta con documentación escrita de esta especie forrajera en Costa Rica, se cree que fue introducida al país en 1949 desde Argentina, por el Ing. Jorge Borbón Castro. Desde sus fincas fue diseminada por la zona de Cot, Tierra Blanca y Potrero Cerrado, Provincia de Cartago, en donde se continúa cultivando. Muy importante, ha sido el interés que sobre esta especie han tenido, desde el punto de vista técnico- científico, personas como don Carlos Amador y el Ing. Olman Sánchez; del Ministerio de Agricultura y Ganadería, quienes mantuvieron viable buena cantidad de semillas; y en el ámbito de la empresa privada, el señor Antonio López, quien estimuló a muchos productores por muchos años a mantener productivos lotes sembrados de la especie, para comercializar su semilla (Amador, 2000).

Antes de 1985, la documentación sobre resultados de investigación en esta especie era nula en nuestro país. A partir de esta fecha algunas experiencias han sido publicadas incluyendo pruebas de tipo agronómico en las que se han estudiado lo efectos de variables como fertilización, prácticas de establecimiento y edades de cosecha (Corrales, 1986; Hernández, 1986; Vargas, 2005).

Una de las principales ventajas de este cultivo es su persistencia en el tiempo (hasta 3 y 5 años), por lo que se considera una especie muy promisionaria, tanto por los menores costos de producción que se derivan de esta característica, como por las medidas de calidad y productividad que se han documentado (Vargas, 2005).

El Sorgo Forrajero puede ser cultivado en áreas que estén ubicadas entre la latitud 45° Norte y 20° Sur y la longitud 110° Este y 100° Oeste, por esa razón se encuentra ampliamente difundido (Alfaro, 1988).

Morfología

El Sorgo Negro pertenece a la familia Poaceae, se comporta como una especie perenne cuyos culmos pueden alcanzar hasta 3,5 m de altura. Sus espiguillas son sésiles de 5,0 – 6,5 x 2,0 – 5,0 mm tornándose negras y brillantes a la madurez. El grano es pequeño y está contenido dentro de las glumas a la madurez. Posee rizomas que tienden a ser gruesos con internudos cortos y profusos, lo que le permite desarrollarse en zonas de baja precipitación, soporte en el suelo y acumulación de reservas. Su número de cromosomas somáticos es 20 (Duke, 1983).

Los tallos del Sorgo Negro, son erectos, sólidos y de forma cilíndrica. El Sorgo Negro es denominado una gramínea de porte alto, con mucho material vegetativo comestible, el cual surge de los brotes secundarios en cuyas uniones

se presenta el desarrollo de yemas laterales que multiplican el follaje de las plantas (Corrales, 1986).

Estas hojas, que emergen de los entrenudos del tallo, son grandes y lanceoladas, de aspereza media. En el Sorgo Negro logran alcanzar tamaños de hasta 3,5 cm de ancho y 70 cm de longitud (Santini, 2001).

Las flores son hermafroditas, reducidas y agrupadas en inflorescencia. Constan de un pistilo con un ovario simple, con dos estigmas en forma de plumas y tres anteras, los cuales están protegidos por la lema y la palea. Todos estos órganos en conjunto forman las florecillas, las que en conjunto con las glumas, constituyen la espiguilla pedicelada; unidad base de la inflorescencia que por lo general aparece de los 90 a los 110 días de establecido el cultivo (Amador, 2000).

El sorgo generalmente se autofecunda; sin embargo, puede darse la fecundación cruzada, la cual se estima en aproximadamente un 6% (González, 1961).

Esta *Poaceae* presenta como característica ser de fotoperíodo corto, lo que significa que la maduración de la planta se adelanta cuando el periodo lumínico es menor, sin embargo puede observarse diferencia entre variedades (Villegas, 1990).

La temperatura es un factor determinante en la maduración de la planta, pues el desarrollo de éstas se realiza de una manera precoz en zonas cálidas, al igual que con el aumento de la longitud del día; dependiendo además de las estaciones y la altura sobre el nivel del mar (González, 1961).

Características Agronómicas

El Sorgo Negro, es una gramínea perenne, que entre los forrajes de corte y acarreo presente una de las más altas capacidades de rebrote tras cortes sucesivos. Con un manejo adecuado las plantas cultivadas pueden alargar su producción hasta seis años (Rojas, 1967).

El Sorgo Negro puede sobrevivir en diferentes grupos de suelos que presentan un rango amplio de pH que oscila entre el 4,5 y 8. (Corrales, 1986).

Soporta precipitaciones anuales de 430 mm a 750mm, pero en suelos muy bien drenados soporta precipitaciones de hasta 1270mm anuales. No así, en suelos muy arcillosos o de poco drenaje, ya que este forraje no soporta el encharcamiento o inundación por largos periodos, porque sus raíces se tienden a pudrir, acarreando problemas de rebrote y la muerte de la planta (Hernández, 1986).

Las temperaturas de adaptación del Sorgo Negro se encuentran en un rango de 9 °C hasta 30 °C, presentando mejores rendimientos en temperaturas de

22 °C a 30 °C y problemas de producción y alargue en periodos de cortes con temperaturas muy bajas (Duke, 1983).

En cuanto a altitudes, es un material que se adapta muy bien desde el nivel del mar hasta 2000 msnm, manifestándose a los 1900 msnm una baja germinación y un desarrollo lento; a los 2200 msnm su producción es nula (Villegas, 1990).

Establecimiento

El Sorgo Negro presenta sus mayores rendimientos en suelos bien drenados y de buena o mediana fertilidad (Corrales, 1986).

Para el establecimiento la labranza del terreno se puede realizar por el método convencional de arado o subsolador, con una distancia de siembra entre surcos de 40 cm y a una profundidad de 25 – 35 cm, procurando que el terreno no quede muy fino sino con pequeños terrones y residuos de raíces y rastrojos, con el fin de asegurar un buen anclaje de la semilla, evitando así la pérdida de ésta por lavado y erosión (Amador, 2000).

Es importante establecer el forraje de 15 a 30 días después de estabilizadas las lluvias, cuando éstas no son tan fuertes, pues el exceso de humedad causa problemas de germinación en esta especie de semilla pequeña (Sedo, 1990).

La semilla debe tener un mínimo de 90% de germinación y se requieren de 18 – 20 Kg de semilla viable para su establecimiento por hectárea, la profundidad de siembra debe encontrarse a una profundidad de entre 2- 5 cm para que ocurra una buena germinación (Argel, 2000).

Toxicidad

Todas las especies de Sorgo forrajero al principio de su desarrollo, producen en la planta una sustancia que se conoce como “dhurrina” cuyo glucósido al hidrolizarse da lugar a la formación de ácido cianhídrico (cianuro) que puede generar problemas por intoxicación, esto causa envenenamiento de ganado al acumularse, con lo cual la muerte se puede dar en pocos minutos (Livingstone, 2000; Villegas, 1990).

El cianuro aparece en el Sorgo en forma natural en sus etapas tempranas o como un mecanismo de defensa de las plantas adultas a las situaciones de estrés como fuertes sequías, pisoteo, deficiencia de fósforo, excesos de nitrógeno o abundancia de cortes (Duke, 1983).

El cianuro es un ácido muy tóxico, capaz de matar a bovinos de 500 kg con apenas un gramo. Un nivel medio se puede asignar entre 50 y 75 microgramos de ácido cianhídrico por 100 g de tejido seco, cuando los niveles son menores de 50 microgramos se puede suministrar a los animales sin ningún riesgo (Vargas, 2005).

El cianuro se puede evitar proveyendo a las plantas de un buen manejo y adecuada fertilización, aplicando una buena irrigación en épocas de sequía o curando a las plantas jóvenes por medio de henificación (Villegas, 1990).

Calidad Nutricional

El Sorgo Negro presenta uno de los rendimientos, de materia seca por hectárea, más altos logrados en Poaceas de zonas tropicales, condición atribuida a esta especie porque posee un sistema fotosintético muy eficiente (Hernández, 1986).

En el Cantón de Liberia en Costa Rica, experimentos mostraron que el Sorgo Negro aportó la mayor proporción de proteína cruda en comparación con especies como *Sorghum bicolor* y el híbrido *Sorghum bicolor x Sorghum sudanense*; sin embargo, en cuanto a producción de biomasa no los superó debido a una menor disolución de nitrógeno total en la planta, el cual posiblemente fue movilizado hacia la producción de proteína (Villegas, 1990).

En estudios realizados en Brasil, los más altos rendimientos percibidos para sorgos fueron de 17000 a 20000 kg de forraje verde/ha a edades 120 y 150 días de edad (Sedo, 1990).

En Colombia se reportan rendimientos promedios de 35,8 y 37,4 ton de materia verde por hectárea acumulada en un solo corte por año (Rojas, 1967).

Para proteína, se pueden encontrar niveles de 14,0; 17,5; 15,2; 10,1; 10,0; y 9,7% con niveles de materia seca de 11,9; 16,5; 14,2; 23,0; 26,7 y 28,8%, respectivamente, cuando las edades de corta eran entre 35 y 70 días (Villegas, 1990).

Para el Sorgo Negro la proteína cruda alcanza sus puntos máximos en estados tempranos de crecimiento, provocándose un notable descenso conforme las plantas alcanzan la madurez (Alfaro, 1988).

Los contenidos de proteína cruda para el sorgo negro presentan valores entre 6,61 y 6,41% (Romero, 2002).

Cabe señalar que los valores nutricionales del Sorgo Negro varían de acuerdo con los estados de crecimiento de la planta, factores ambientales (temperatura, intensidad de la luz, evaporación y lluvia), la edad y altura de corte de las plantas, entre otros (Santini, 2001).

PASTO ESTRELLA AFRICANA (*Cynodom nlemfluensis*)

Es nativo del Este de África y se encuentra distribuido a través de las regiones tropicales del mundo, fue introducido a nuestro país entre los años 1962-1967, causando mucho furor en las regiones del Valle Central (Oviedo, 1994).

Este pasto se denomina comúnmente como Estrella Africana o pasto Estrella de África, se reporta como *Cynodon nlemfluensis* y no como *Cynodon plectostachyus* como se identifica en México (Abarca, 1988).

Características

Es una gramínea perenne de vida larga, frondosa y rastrera, produce estolones de rápido crecimiento con largos entrenudos y sus tallos pueden alcanzar hasta 3 m de longitud. Especie no rizomatosa que alcanza una altura de 80 cm a 1 m. Posee hojas exuberantes con vellos en forma de lanza. La inflorescencia presenta de 2 a 5 espiguillas solitarias de 2 a 3 mm (Mahecha, 1998).

Adaptación

El pasto Estrella Africana tolera bien el calor, la sequía y los suelos de baja calidad; resiste también los suelos ácidos y los salinos; prospera una amplia gama de suelos que se encuentran en el territorio nacional, así como en los diversos climas tropicales y subtropicales. Su desarrollo óptimo se logra en suelos con textura franca de alta fertilidad y buen drenaje (Abarca, 1988).

Crece desde el nivel del mar hasta 1,300 m y en áreas desde 900 a 2,200 mm de precipitación pluvial (García, 1981).

Variedades

Las principales variedades son conocidas como: Estrella Africana Común, Estrella Santo Domingo, Estrella Surinam, Estrella Africana y Estrella mejorada de Tuxpan. La más difundida en el país es la primera (Oviedo, 1994).

Métodos de siembra

La preparación del terreno y las condiciones de humedad del suelo, varían de acuerdo al método de siembra que se vaya a utilizar. (Mahecha, 1998).

En términos generales se consideran tres métodos para la siembra con material vegetativo (tallos y estolones) del pasto Estrella Africana, siendo estos: al espeque, al voleo y en surcos. Para siembra en espeque, ésta se puede hacer tanto en suelos perfectamente preparados como en suelos rasados o raspados al machete a profundidades de 9 a 12 cm; utilizando distancias de 1 m entre plantas y 1 m entre líneas. (García, 1981).

Las siembras al voleo requieren que el terreno sea preparado perfectamente mediante barbecho y cruza, procurando dejar un terreno bien mullido; este método consiste en esparcir al voleo el material vegetativo sobre el terreno ya preparado y enterrar las guías aproximadamente a unos 10 cm. de profundidad con un paso ligero de rastra. El tercer método consiste en trazar surcos a una distancia de 1.2 m sobre el terreno preparado, se tiran manojos de material vegetativo en el fondo del surco, procediendo a tapar el material con tierra

mediante el empleo de cultivadora, azadón o pala a una profundidad de 10 a 15 cm. El material vegetativo a emplear debe estar completamente maduro, de 3 a 4 meses de edad, debe tener de 7 a 9 nudos, procurando que 3 ó 4 queden dentro del suelo (Abarca, 1988).

Época de Siembra

La primera época de siembra es al inicio de la temporada de lluvias, en los meses de Junio a Julio (Mahecha, 1998).

En terrenos de humedad residual, la siembra se puede realizar en los meses de Marzo a Mayo o al finalizar las lluvias para evitar incidencias de malezas. Bajo condiciones de riego, las siembras se realizan todo el año, siempre que se disponga de material vegetativo y que la humedad del terreno permita realizar una buena preparación de la cama de siembra (García, 1981).

Densidad de Siembra

En siembras a espeque se reduce la cantidad de material vegetativo, ya que con 500-700 kg/ha se logra un rápido establecimiento, mientras que al voleo se requiere hasta 1,200-1,500 kg/ha (Toledo, 1982).

Control de malezas e insectos

Es recomendable que después de los 40 a 60 días de la siembra, se controlen las malezas ya sea con el uso de herbicidas para malezas de hoja ancha como Tordón, Esterón, Hierbamina, o en forma manual (Abarca, 1988).

Las plagas y enfermedades no son muy comunes, pero la acumulación de forraje en el pasto Estrella permite que aparezcan insectos como falso medidor y mosca pinta entre otros, que deben controlarse con insecticidas como el Sevín granulado en 2 a 3 aspersiones por ciclo, dependiendo del grado de ataque (Toledo, 1982).

Fertilización

El pasto Estrella Africana es muy exigente en nutrientes para su rápida recuperación. En condiciones temporales responde adecuadamente a fertilizaciones anuales de 100-50-00 (N, P y K) y para riego requiere de dosis altas de 400 800 kg de nitrógeno. El nitrógeno debe aplicarse de 2 a 3 ocasiones en temporal y 8 a 11 veces en riego (García, 1981).

Riegos

Para obtener altos rendimientos de forraje durante todo el año, es necesario combinar niveles altos de fertilización con aplicaciones de riego durante un período de 8 meses. Este pasto (cuando se maneja en forma intensiva) requiere

láminas totales de 1000 a 1200 mm de riego, distribuidos en 8 a 10 aplicaciones de 100 mm de lámina por riego (Mahecha, 1998).

Producción y calidad de forraje

Este pasto presenta una rápida recuperación después del corte; por su potencial productivo se encuentra entre los pastos que mayor volumen de forraje que pueden producir durante un ciclo anual. El pasto se puede cortar 3 ó 4 veces en temporal y 11 ó 13 veces bajo condiciones de riego, con intervalos de 28 a 32 días (Toledo, 1982).

En terrenos de buen temporal se logran producciones promedio de 4,8 a 16,3 ton/ha de forraje seco, sin y con fertilización, respectivamente. Con variaciones de proteína de 10,5 a 12,8%. Con riego de auxilio se alcanzan producciones sostenidas durante 4 años de 57 a 201 ton/ha de forraje seco, sin y con fertilización, respectivamente, presentando valores de proteína del 9,9 a 17,6% (García, 1981)

Producción Animal

Las ganancias de peso en ganado de carne varían de 0,390 a 0,615 kg/día/animal, sin y con utilización de suplemento, respectivamente. Con riego y fertilización las praderas logran mantener 12 toretes/ha y producir de 1,500 a 1,622 kg de carne/ha/año (Laredo, 1985).

Su potencial para la producción de leche es alto, ya que se pueden mantener 8 vacas lecheras/ha todo el año, con producciones anuales de hasta 40,000 lt de leche empleando un suplemento concentrado de 4.5 kg/día/animal (Abarca, 1988).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se llevó a cabo durante la época comprendida entre los meses de setiembre y diciembre en la Estación Experimental de Ganado Lechero Alfredo Volio Mata, de la Universidad de Costa Rica, la cual tiene su ubicación en Ochomogo, Distrito San Rafael, Cantón La Unión, Cartago, Costa Rica a una altura de 1542 msnm. Las coordenadas geográficas correspondientes al lugar en mención son las siguientes:

- 9° 55' 10" latitud norte.
- 83° 57' 20" longitud oeste.

La temperatura media que se presenta en dicha unidad es de 19.5 °C con una humedad relativa media de 84.0%. El promedio de precipitación anual de la zona es aproximadamente de 2050 mm que se acentúa durante la época de precipitaciones y se manifiesta marcadamente en un lapso comprendido entre los meses de mayo y noviembre.

El suelo donde se establecieron los pastos es de origen volcánico, clasificado como Typic distrandepts caracterizado por una profundidad media, un buen drenaje y fertilidad media, además la zona es considerada como bosque húmedo montano bajo (Tosi, 1970; citado por Boschini, 2001).

MANEJO EXPERIMENTAL

Procedimiento general

Para el presente proyecto se utilizaron tres materiales experimentales, con marcadas diferencias morfológicas, el primero de ellos es el Sorgo Negro forrajero (*Sorghum almum*), un forraje de porte alto, utilizado comúnmente para alimentación en sistemas de corte y acarreo; la Estrella Africana (*Cynodom nlemfluensis*) que es un material de tipo rastrero y cuyo principal uso se ha centrado en los esquemas de pastoreo; por último se empleó el arbusto de Morera (*Morus alba*), cuyas características favorecen su empleo también en sistemas de corte y acarreo pero como banco proteico.

MANEJO DE LOS CULTIVOS

Sorgo Negro forrajero

Para el establecimiento del sorgo negro forrajero se utilizó una distancia de siembra de 0,70 m entre surcos y distribuido bajo el método de chorro corrido; para tales efectos y favorecer la distribución uniforme de la semilla se mezcló con fertilizante orgánico en una relación uno a uno.

El material que se utilizó fue de segunda cosecha para poder establecer una uniformización escalonada y así poder asegurar la disponibilidad de material a lo largo de todo el experimento. Para lograr esa uniformización el cultivo se dividió

en parcelas y se programó una uniformización escalonada cronológicamente cada 15 días.

Para realizar este proyecto se utilizó una edad de corta de 70 días, momento en que según estudios realizados, el Sorgo Negro manifiesta el mayor aprovechamiento a nivel ruminal (Vargas, 2005).

Al momento del establecimiento se aplicó fertilizante 10-30-10 (N, P, K), y fertilizante nitrogenado seis semanas después de la siembra a razón de 45 kg/ha. Un día después de uniformizado, se realizó una aplicación de herbicida (Paraquat, en forma de sal bicloruro) como medida preventiva para controlar todas las malezas que pudieran generar alguna competencia al cultivo. A los cuarenta días se le realizó una segunda aplicación con Nitrato de Amonio al 33%.

Pasto Estrella Africana

El corte de Estrella Africana que se utilizó en el proyecto fue sometido previamente a un pastoreo intensivo con la intención de que el ganado se encargara de la labor de uniformización. El área fue dividida en tres secciones para que los animales pastorearan cada quince días con el objetivo de obtener material de la misma edad durante todo el desarrollo del experimento.

Inmediatamente después de la salida de las vacas del corte se aplicó Nitrato de Amonio con un contenido de nitrógeno del 33% para suplir los requerimientos del forraje de 250 kg/ha/año de nitrógeno. Quince días después de

la uniformización se aplicó herbicida selectivo para eliminar malezas de hoja ancha y evitar cualquier competencia al cultivo que pudiera reducir el rendimiento esperado del mismo.

La edad de corta que se utilizó para lograr los objetivos de este proyecto fue de 60 días, a una altura de 50cm sobre el nivel del suelo; ya que en dicha edad y altura está pastura presenta buenas características nutricionales para los rumiantes (Sánchez, 1997).

Moreira

La Moreira utilizada en el experimento tiene siete años de haber sido establecida en la Estación Experimental Alfredo Volio Mata, con una densidad de siembra de 25000 plantas por hectárea, lograda por distancias de siembra a 0,40 m entre plantas y 1m entre surcos. Lo cual indica que es un material adaptado totalmente a las condiciones de la zona.

El lote se dividió en tres sub-lotes, los cuales, correspondieron a la cantidad necesaria de material para asegurar el consumo de los diferentes grupos de cabras. Cada sección se sometió a una uniformización programada con diferencia de 15 días entre una y otra, con el objetivo de contar con alimento de la misma edad durante todo el proyecto.

Posterior a cada uniformización, la Morera se fertilizó con Nitrato de Amonio al 33% para satisfacer las necesidades de 400 kg/ha/año de nitrógeno que requiere la morera (Boschini et al, 1999).

La edad de corta de la Morera fue de 90 días, edad en que este arbusto presenta los mejores resultados nutricionales en las cabras (Amador, 2002).

TÉCNICAS DE LABORATORIO PARA EL ANÁLISIS DE LOS CULTIVOS

Determinación de materia seca (MS) y cenizas

Para obtener la materia seca, primeramente se sometieron las muestras a un secado en un horno o estufa a 60 °C, cuantificando el peso antes y después de introducir las muestras a la estufa, y así por diferencia, se obtuvo la cantidad de agua que contenía la muestra (A.O.A.C, 1980).

Posteriormente la materia seca total se determinó, sometiendo las muestras secadas en el horno a una temperatura de 105 °C, para su total evaporación, midiendo el peso final y por diferencia se calculó la materia seca resultante (Sosa de Pro, 1979).

Para determinar el contenido de minerales presentes en la muestra, se realizó una combustión a 550 °C logrando que la materia orgánica fuera eliminada y el remante en forma de cenizas indicó la concentración de minerales y sílice (A.O.A.C, 1980).

Proteína cruda

La proteína cruda se define como: nitrógeno obtenido a través del proceso de digestión de Kjeldahl multiplicado el resultado obtenido por el factor de conversión 6,25, que deriva del hecho de que las proteínas en promedio contienen un 16% de Nitrógeno ($100/16=6,25$). En esta fracción se incluye la proteína verdadera y el nitrógeno no proteico (NNP) como aminoácidos libres, ácidos nucleicos, aminas y amidas; los nitratos y los nitritos también forman parte del NNP, no obstante su detección por Kjeldahl no se da (Goering y Van Soest, 1970).

Para obtener el nitrógeno en la prueba de Kjeldahl, a las muestras se le aplicó ácido sulfúrico (H_2SO_4) que degrada todos los compuestos que tienen carbono, mientras se generan sulfatos (SO_2) los cuales a su vez reducen el nitrógeno que se concentra en todos los componentes orgánicos e inorgánicos para generar amoníaco (NH_4^+), posteriormente este compuesto se hace reaccionar con hidróxido de sodio NaOH el cual produce amonio (NH_3). El NH_3 se destila por medio de arrastre de vapor y es recibido en una solución de ácido bórico (H_3BO_3) generando un ion borato y un ion amonio (Church y Pond, 1992).

El borato fue neutralizado con una solución de ácido sulfúrico previamente valorada, la cual contenía un indicador que se encargó de mostrar el punto donde la neutralización es total, de esta manera se conoce la cantidad de nitrógeno presente, porque la cantidad de ion borato es proporcional a la de nitrógeno. (Goering y Van Soest, 1970).

Fibra detergente neutro (FDN)

Para determinar la fibra detergente neutro, se secaron las muestras en una estufa a 60 °C, posteriormente se calentaron a 50 °C mezcladas con una solución detergente neutra, la cual evita que la hemicelulosa y la lignina que son compuestos de la fibra, sean disueltos por el calentamiento (Sosa de Pro, 1979).

Con dicha solución detergente neutro; se obtuvieron 2 fracciones en los pastos, la primera es la fibra detergente neutro considerada parcialmente digestible, formada por la hemicelulosa, celulosa, lignina, queratina y nitrógeno insoluble. La segunda es la fracción soluble la cual es 100% digestible tanto en rumiantes como en monogástricos (Curch y Pond, 1992).

El residuo de estas muestras se sometió a incineración para obtener la sílice al eliminar la materia orgánica (Sosa de Pro, 1979).

Fibra detergente ácido (FAD)

Primeramente las muestras de forraje se secaron en la estufa a 60 °C para luego someterlas a un reflujo con una solución detergente en un medio ácido. Este detergente disolvió todo el contenido celular y además la hemicelulosa. El material resultante ésta formado por las paredes celulares y se conoce como fibra ácida detergente (A.O.A.C, 1980)

Celulosa, hemicelulosa y lignina

La FAD se sometió a una digestión con ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 72% para oxidar los compuestos orgánicos y así obtener el residuo formado por sílice y lignina, los cuales fueron separados sometiendo las muestras a una temperatura de 500 °C. La lignina se determinó por medio de la diferencia cuantitativa que se obtuvieron de los resultados anteriores (Goering y Van Soest, 1970).

Los otros componentes de la pared celular (celulosa y hemicelulosa) se determinaron por medio de fórmulas (Sosa de Pro, 1979):

Celulosa: $FAD - Lignina$.

Hemicelulosa: $FND - FAD$.

Extracto Etéreo (E.E)

El extracto etéreo (EE) es un estimador de la fracción lipídica del alimento, aunque incluye otras sustancias no lipídicas como vitaminas liposolubles (A, D, E, K), algunos pigmentos y ciertas hormonas (Church y Pond, 1992).

La determinación se realiza mediante un extractor denominado Soxhlet, en el cual se colocaron muestras previamente secadas a 60 °C (A.O.A.C, 1980).

Con dicho extractor se aplicó calor a las muestras con el fin de que todas aquellas sustancias que se solubilizan en éter dietílico, fueran separadas de las

mismas, esto para prevenir que sustancias polares, que también son solubles en éter no alteren el resultado del análisis (Goering y Van Soest, 1970).

Para eliminar los compuestos volátiles el extracto etéreo se calienta a 100 °C por un lapso de media hora (Church y Pond, 1992).

MANEJO Y SELECCIÓN DE LOS ANIMALES

Para realizar la presente investigación, como grupo experimental animal se utilizaron cabras de la raza LaMancha que se encontraban entre la tercera y quinta lactancia y más allá de los tres meses de lactación.

Estos animales fueron previamente sincronizados y preñados, para que en el momento del experimento estuvieran en similares condiciones de producción. Para las evaluaciones se esperó a que estos animales sobrepasaran su pico de producción.

A las cabras se les hizo valoración de la condición corporal utilizando una escala basada en 5 puntos, donde el 1 representa animales muy delgados y el 5 animales gordos según Steine (1976). Los animales se seleccionaron tratando de que estuvieran en el rango de condición corporal de 3,5 que es el valor ideal. Adicionalmente se identificó si había presencia de parásitos internos que pudieran alterar los resultados del experimento, esto se hizo empleando el método FAMACHA (Vargas, 2006) y sometiendo los afectados a un programa de desparasitación previo al inicio del proyecto.

Las cabras escogidas fueron acreditadas como sanas, es decir libres de toda enfermedad infecto contagiosa tales como tuberculosis, brucelosis y mastitis.

Los animales fueron pesados y el promedio del grupo experimental fue de 50 kg.

Alimentación de las cabras

Las cabras fueron divididas en tres subgrupos de tres animales cada uno, a los cuales se les suministró de forma rotativa e individual los diferentes forrajes.

La cantidad de forraje que se suministró a los animales correspondió a una estimación en base a su peso corporal, aproximadamente el 3% de este en base seca. Dichos forrajes se les brindó a los animales fresco (el mismo día de la corta) y picado por medio de una cortadora de pasto a un tamaño de partícula aproximado de una pulgada de largo.

El consumo se determinó por diferencia entre el forraje ofrecido y el rechazado, medido diariamente.

De acuerdo a los requerimientos para ganado caprino indicados por el NRC³ (1981) se realizaron balances para cada cabra, incluyendo las fuentes

³ National Research Council

necesarias para lograrlo, en el Cuadro 5 se puede observar los requerimientos mencionados.

Cuadro 5. Requerimiento de proteína y energía de cabras de 50 Kg de peso y 4% de grasa en la leche.

	Proteína (gr/día)	E D (Mcal/día)
Mantenimiento	63	1,98
Producción	68	1,23
Total	131	3,21

Fuente: NRC, 1981.

La cantidad de concentrado que se les brindó a los animales en la alimentación, se estableció de manera constante (1Kg de concentrado por animal por día), para que este no influyera en los resultados de la bromatología láctea final. Dicho concentrado posee las siguientes características nutricionales: humedad 13%, proteína cruda 16%, extracto etéreo 5%, fibra cruda 12%, energía digestible 3250 Kcal, calcio 0,75%, fósforo 0,6% y NaCl 0,5%.

MANEJO DE LA LECHE

Para cuantificar la calidad y la cantidad de leche producida por este grupo de animales, se procedió a realizar pesas diarias de la producción de la leche de cada cabra al momento del ordeño, los cuales se realizaron a las 6 de la mañana y 1:30 de la tarde siempre a la misma hora.

El procedimiento que se siguió para el ordeño fue establecido para evitar cualquier posible foco de contaminación que pudiera dañar la leche, dado que según Chacón (2004) la acidificación de la misma se atribuye a problemas de asepsia en esta etapa. Inicialmente la ubre de cada cabra se sometió a un lavado y desinfección con agua de yodo el cual sirve además de estímulo para el animal lo que facilita el ordeño. El ordeño realizado en el presente proyecto se elaboró de forma mecanizada.

Se tomaron muestras de 500g de la leche de cada cabra, las cuales fueron trasladadas en bolsas plásticas estériles y selladas del lugar de ordeño a la planta de procesamiento y almacenamiento lácteo perteneciente a la misma Estación Experimental.

La leche muestreada se sometió a pruebas de calidad en el laboratorio para determinar su composición nutricional, los análisis realizados fueron grasa butirométrica, acidez, proteína, caseína, sólidos totales, sólidos no grasos y el peso específico.

ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN Y LA BROMATOLOGÍA LÁCTEA

Producción de la leche de cabras.

Las producciones promedio de la leche de las cabras tratadas con los diferentes tipos de forrajes, fueron comparadas con las producciones teóricas en litros de animales con 4% de grasa en su leche (PL_{4%G}), esto porque la cantidad de leche con esta concentración de grasa es una referencia internacional para las producciones lácteas de los caprinos (Devendra y Mc. Leroy, 1986).

La fórmula que presenta el NRC (1981), para realizar dicha evaluación es la siguiente:

$$PL_{4\%G} = 0,4 \text{ (kg de Leche)} + 15 \text{ (kg de grasa)}$$

Acidez

Para cada muestra de leche en estudio, se valoró la acidez titulable como ácido láctico expresada en la escala de Dormic (°D). El método consistió en la titulación con indicador de fenoftaleína de una alícuota de 9,00ml a 20 °C y empleando como valorante hidróxido de sodio (NaOH 0,1N) según el método recomendado por Herrera (1995). El equipo volumétrico empleado fue un acidímetro marca Gerber® graduado en la escala de acidez Dormic.

Peso Específico

La determinación se efectuó con las muestras de leche teniendo más de cuatro horas de ordeñadas como señala Chacón (2008); se empleó un lactodensímetro de Quevenne® graduado y calibrado para 60 grados Fahrenheit, y con un rango entre 20 y 40 unidades, que se puso a flotar en 400 ml de leche depositada en una probeta de 500 ml. La lectura del lactodensímetro se corrigió para aquellas muestras cuya temperatura fue diferente de 60 °F restando 0,1 unidades a la lectura del aparato por cada grado menos o bien sumando 0,1 por cada grado más. La lectura final se determinó por cálculo matemático a partir de la lectura corregida, para ello se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Peso Específico} = \frac{(\text{Lectura corregida})}{100} + 1,00$$

Grasa, Sólidos totales (ST) y Sólidos No Grasos (SNG)

Las pruebas se realizaron según el método de Babcock (Babcock, 1890; citado por Herrera, 1995) que está basado en la digestión o hidrolización de la proteína en muestras de leche de 18 g por medio de 17,6 ml de ácido sulfúrico; ésta reacción produce calor y éste a su vez facilita el ascenso de los glóbulos grasos liberados por la digestión de la proteína.

El otro principio que participa en esta prueba es la fuerza centrífuga que concentra a los glóbulos grasos en el cuello de un butirómetro, al cual se le agregó

la mezcla de leche y ácido sulfúrico, debido a la diferencia en gravedad específica entre la grasa y la solución ácida, 0,93 y 1,43 respectivamente.

Se mide la columna de grasa que abarca el espacio comprendido entre las bases de los meniscos del butirómetro, si esta es clara, cristalina, de color amarillo y libre de partículas; este es el porcentaje de grasa que representa.

Los sólidos totales y los sólidos no grasos se calculan utilizando las fórmulas que describe Chacón (2008):

$$ST = \frac{\text{Lectura corregida del lactómetro}}{4} + (1,2 \times \% \text{ de grasa})$$

$$SNG = \frac{\text{Lectura corregida del lactómetro}}{4} + (0,2 \times \% \text{ grasa})$$

Proteína y Caseína

La proteína se determinó utilizando 4cc de formaldehído en muestras de leche de 18cc para degradar las cadenas de aminoácidos presentes en la misma, luego se aplica indicador de fenolftaleína al 1% y se titula con hidróxido de sodio 0,1 M, tomando en cuenta el factor de corrección requerido para la cantidad de formaldehído agregada al inicio (Herrera, 1995).

El factor de corrección se obtiene mediante la titulación de 4cc de formaldehído con 18cc de agua destilada, por medio del hidróxido de sodio al 1% (Chacón, 2008).

La cantidad de hidróxido de sodio utilizado en la titulación de la leche, menos la cantidad que se utilizó en el factor de corrección, representa el porcentaje de la proteína en la leche (Chacón, 2008).

El valor proteínico obtenido se multiplica por 0,8335 para obtener el porcentaje de caseína presente en la muestra, ya que la cantidad de caseína que se encuentra en la leche de cabra equivale aproximadamente al 83% de las proteínas totales de la misma (Herrera, 1995).

Análisis Estadístico

El modelo experimental que se utilizó fue un cuadrado latino con 3 repeticiones, el cual contó con 3 tratamientos equivalentes a las 3 materiales establecidos en párrafos anteriores, la evaluación se realizó en 3 periodos de 14 días de los cuales los 7 primeros días correspondieron etapas de acostumbramiento previo y los 7 restantes al proceso de evaluación.

El análisis de varianza se efectuó utilizando el software estadístico SAS (SAS, 1985) mediante PROC GLM; para determinar que diferencias resultaron significativas entre tratamientos, se utilizó la prueba de DUNCAN para la separación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Químicos de los Cultivos

Los valores obtenidos de las pruebas bromatológicas de las diferentes fuentes alimenticias, se pueden observar en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Composición bromatológica de Morera, Sorgo y Estrella en base seca.
Cartago, Costa Rica. 2008.

NUTRIENTES (%)	MORERA	SORGO	ESTRELLA
Materia Seca	19,35	22,48	21,85
Proteína Cruda	16,78	10,27	12,81
Extracto Etéreo	1,40	1,53	1,07
Cenizas	16,12	8,19	9,58
Fibra Neutro Detergente	51,28	69,68	73,65
Fibra Ácido Detergente	41,48	43,52	42,97
Lignina	12,52	11,31	10,64
Celulosa	28,96	32,20	32,33
Hemicelulosa	9,80	26,46	30,86

Materia Seca

Para el Sorgo Negro el contenido de materia seca obtenido fue de 22,48%, que es un dato muy superior al reportado por Vargas (2005) de 14,06% pero coincide con Alfaro (1988) que indica que este forraje logra alcanzar niveles de materia seca entre 20% y 23%, en las zonas altas de Costa Rica.

El arbusto de Morera presentó un promedio de 19,35% de contenido de materia seca, dato que se asemeja al encontrado por Osorto (2003) quien manifiesta valores de 20,5 % con Morera de 98 días de establecida y al que reporta Ly (2004) de 21,0 %, con arbustos de 105 días de edad en zonas tropicales.

El dato de materia seca obtenido para Estrella Africana fue de 21,85%, este valor tiene similitud con lo que aseveran Ramos *et al* (1980) de 23,5% para pasto Estrella Africana con 80 días de edad, Mahecha (1998) reporta un valor de 24,0% para dicho pasto no obstante no indica la edad de cosecha de ese material.

Proteína Cruda

Los valores de proteína cruda (PC) para la Morera, obtenidos en el análisis fueron de 16,78%, superiores a los reportados por Rojas *et al* (1994) de 7- 14% para tallos no lignificados, pero son inferiores a los reportados por Vargas (1985), Esnaloa y Benavides (1982) y Vallejo (1990) quienes reportan valores de 20,50% a 22,23%, 17%, 22% y 33% respectivamente. Esta diferencia se puede explicar si tomamos en cuenta que la magnitud del porcentaje depende de factores como

edad, altura de corte, temperatura y luminosidad (Esnaloa y Benavides, 1982), así como de la posición de las hojas dentro de la planta (MAG, 1974).

Los valores de PC para el Sorgo (10,27%), obtenidos en estos análisis, resultaron inferiores a los que reportan Amador y Boschini (2000) de 18 y 22% a los 45 días de crecimiento en zonas altas, mientras que Villegas (1990), reporta valores de 12,5% de PC a los 45 días y de 9,5% a los 55 días en zonas bajas. Estas diferencias se explican porque el contenido nutricional de esta gramínea varía con la edad, el clima y la altitud en que se encuentra la misma (Elizondo, 2004); también, entre los 56 y 70 días de rebrote el sorgo puede mostrar una fluctuación en los niveles de proteína que se reportan (Elizondo, 2004).

Con respecto al pasto Estrella Africana, el valor de PC fue de 12,82 %, el cual es superior al reportado por Maya y Duran (2005) de 9,67 % a los 76 días, ya que en esta gramínea disminuye el porcentaje de PC conforme se prolongue su edad de cosecha (Faría y Morillo, 1997)

Fibra Neutro Detergente (FND) y Fibra Ácido Detergente (FAD).

Sing *et al* (2000) indican que la Morera tiene 33 % de FND, 28,1 % de FAD, valores que están por debajo de los obtenidos en la presente investigación los cuales fueron de 51,28% y 41,48% respectivamente; dichos autores también señalan que pueden existir diferencias en los contenidos de fibra de acuerdo al clima, edad de corta y manejo del cultivo.

Para el Sorgo Negro la FAD obtenida de 43,52% se asemeja a la obtenida por Vargas (2005) de 43,01%, pero es un valor superior al que obtiene Amador (2000) de 24,8%.

La FND con un valor de 69,98% está por debajo del reportado por Vargas (2005) de 73,53% y por encima del dato dado por Corrales (1986) de 61,37%, pero dentro del permitido en el rango de los forrajes de 60 – 85% (Vargas, 2005).

Los valores de los componentes de la pared celular obtenidos para la Estrella Africana, 42,97 de FAD y 73,65 FND, coinciden con los reportados por Le Houerau (1980) que fueron de 35,5% - 45,4% para FDA y de 66,2% - 77,7% para FDN.

Lignina y Cenizas

Los valores de lignina y de cenizas obtenidos en la Morera fueron de 12,52% y 16,12; respectivamente, son bastante cercanos a los que reportan Sing *et al* (2000) de 10,8% para la lignina y de 17,3% para las cenizas.

El promedio de lignina obtenido en el Sorgo de 11,31 que es un promedio alto, si se compara con el rango aceptable de 5 – 11% que indica (Amador, 2000) para pastos tropicales.

El valor de cenizas de 16,21% obtenidas para el Sorgo Negro es cercano al valor máximo reportado por Vargas (2005) de 15,09%. Pero difieren a los resultados que expone McDowell (1979) de 9,3% - 9,1%.

Las diferencias anteriores se pueden atribuir a que en el país hay una gama amplia de Sorgo Negro que manifiestan comportamientos muy diversos (Vargas, 2005).

Los datos de lignina y cenizas encontrados para el pasto Estrella Africana fueron de 10,64% y 9,58% respectivamente, estos valores se asemejan a los datos mostrados por Mahecha (1998) de 11% para la lignina y de 10,5% para las cenizas; en un trabajo realizado en Colombia, por medio de un sistema silvopastoril de pasto Estrella Africana, en el Valle del Cauca.

Celulosa y Hemicelulosa

Sing *et al* (2000) indican promedios de 19,2% de celulosa y de 4,9% de hemicelulosa para la Morera; en la presente investigación se obtuvieron valores de 28,96% y de 9,80%, respectivamente. Estas diferencias se explican claramente tomando en cuenta lo que antes señalan Esnaloa y Benavides (1982) quienes aducen cambios en los resultados bromatológicos de la Morera de acuerdo a factores como edad, altura de corte, temperatura y luminosidad.

Con respecto a los componentes de la pared celular del Sorgo Negro, la celulosa cuantificada dio un valor de 32,20%, este componente estuvo por debajo

al valor mínimo reportado por Vargas (2005) de 36,16% en sorgos evaluados a una altura de 1542 msnm, pero sin reportar la época del año en que se llevó a cabo el análisis. Por su parte, la hemicelulosa promedio obtenida alcanzó el valor de 26,46% y fue superior a la reportada por Vargas (2005) de 19,18% pero muy cercana a los niveles reportados por Amador (2000) quien obtuvo niveles de 24,58% – 26,37% para edades de corta entre los 66 y los 80 días.

En el caso de la Estrella Africana los datos de celulosa y hemicelulosa obtenidos fueron 32,33% y 30,68%; respectivamente, estos parámetros son cercanos a los que reporta Mahecha (1998) de 31,56% para la celulosa y de 29,9% para la hemicelulosa.

Extracto Etéreo

La Morera presentó un porcentaje de 1,40 de extracto etéreo, cercano a los datos que indican Osorto (2003) de 1,50 y Macías (1999) de 1,47. Por su parte, el contenido de extracto etéreo obtenido para el Sorgo Negro fue de 1,53% y se asemeja a los datos obtenidos por Vargas (2005) de 1,75% y McDowell (1979) de 1,5% y 2%.

El extracto etéreo contenido en el pasto Estrella Africana llegó a 1,07% y se encuentra dentro del rango de 1 – 2% para gramíneas tropicales (Faría y Morillo, 1997).

Consumo de los Forrajes

En cuanto a la aceptación de los materiales evaluados a través del consumo podemos observar en la Figura 1 y la Figura 2 los promedios que presentaron los animales, en materia verde y materia seca, respectivamente.

Las cabras que fueron alimentadas con Morera, tal como ofrecida, tuvieron un consumo promedio de 3,25 kg/animal/día; por su parte, los animales que recibieron Sorgo Negro consumieron 3,06 kg/animal/día de dicho forraje y los que fueron tratados con pasto Estrella Africana tuvieron un consumo promedio de 3,48 kg/animal/día.

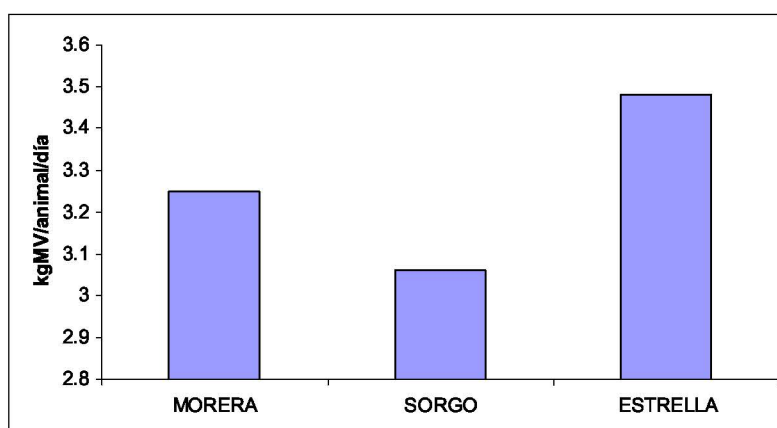


Figura 1. Consumo de forraje fresco promedio (kgMV/animal/día) de tres grupos de cabras con distintas fuentes alimentarias. Cartago, Costa Rica. 2008.

Se puede observar que el consumo de forraje tal como ofrecido en los animales cuya dieta fue el pasto Estrella Africana, superó al consumo de Morera en un 6,6% y al Sorgo Negro en 12,07%; las diferencias entre estos tres

materiales, de acuerdo al análisis estadístico, fueron altamente significativas ($P < 0,05$).

En el consumo de forrajes en base seca, los animales con la dieta del pasto Estrella Africana mantuvieron la vanguardia presentando un promedio de 0,76 kgMS/animal/día. Pero en este caso, les precedieron en cantidad de consumo las cabras alimentadas con Sorgo Negro, las cuales presentaron un promedio de 0,69 kgMS/animal/día y por último las alimentadas con Morera presentando un consumo de 0,63 kgMS/animal/día. Al igual que los consumos anteriores, se presentaron diferencias altamente significativas entre los tres tratamientos ($P < 0,05$).

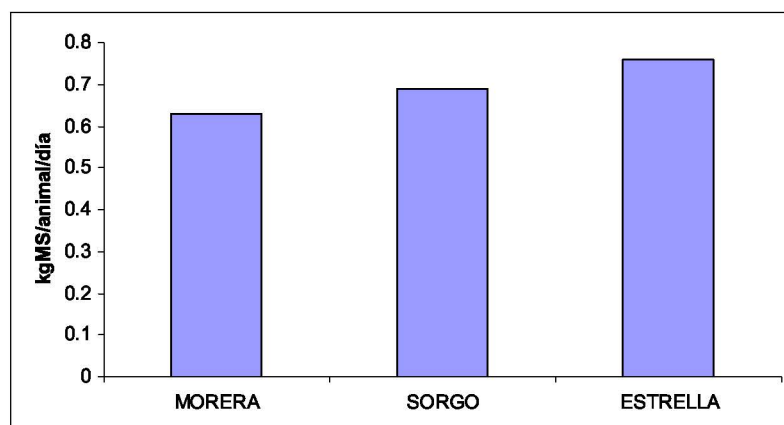


Figura 2. Consumo de forrajes en base seca (kgMS/animal/día) de tres grupos de cabras con distintas fuentes alimentarias. Cartago, Costa Rica. 2008.

Los datos anteriores coinciden con French (1970), el cual indica que a menor lignificación en los pastos, comúnmente las cabras aumentan el consumo de los mismos; en este caso, podemos indicar que el contenido de lignina 10,64% de la Estrella Africana pudo favorecer el consumo con respecto a los otros 2 materiales, al igual que con el caso de la Morera y el Sorgo Negro (12,52% y 11,31%, respectivamente); ya que el Sorgo Negro presentó un mayor consumo entre las cabras que el arbusto de Morera.

Análisis de la Producción y la Bromatología Láctea

Para la presente investigación, los valores promedios de los análisis bromatológicos y de la producción de la leche de las cabras con los diferentes forrajes (Morera, Sorgo y Estrella), se pueden apreciar en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Producción y calidad de la leche de cabras Lamancha alimentadas con diferentes forrajes. Cartago, Costa Rica. 2008.

	MORERA	SORGO	ESTRELLA
Producción Leche (kg/animal/día)	0,89 ^b	0,73 ^c	1,06 ^a
Producción Leche (4%Grasa)	0,92	0,72	1,00
%Acidez Dornic	0,18	0,18	0,18
%Grasa	4,23 ^a	3,92 ^b	3,65 ^b
%Proteína	3,68 ^a	3,54 ^b	3,58 ^b
%Caseína	3,06 ^a	2,95 ^b	2,99 ^b
%Peso Específico	1,03	1,03	1,03
%Sólidos Totales	12,35 ^a	11,98 ^b	11,65 ^c
%Sólidos no Grasos	8,12 ^a	8,06 ^b	8,00 ^c

a, b, c letras distintas marcan diferencias significativas (P < 0,05).

Producción Láctea

Con respecto a la variable producción láctea promedio, los diferentes tratamientos mostraron diferencias altamente significativas (P < 0,05), se puede observar que las cabras que consumieron pasto Estrella Africana, produjeron una mayor cantidad de leche, alrededor de 1,06 kg/animal/día (equivalente a 1,00 kg corregido a 4%Grasa), como se aprecia en la Figura 2. Cuando los animales

consumieron el arbusto de Morera, ocuparon el segundo lugar con producciones promedios de 0,88 kg/animal/día (equivalente a 0,92 kg corregido a 4%Grasa) mientras que en el extremo inferior se encuentra la gramínea Sorgo Negro Forrajero, con una respuesta de promedio de producción láctea animal de 0,73 kg/animal/día (equivalente a 0,72 kg corregido a 4%Grasa).

En síntesis, las cabras que consumieron el pasto Estrella Africana produjeron 16,0% más de leche que a las que se les suministró Morera y produjeron 31,1% más de leche que los animales que fueron tratados con Sorgo Negro. Por su parte la Morera superó en un 18,0% su respuesta en producción láctea, al Sorgo Negro. Estos resultados pueden respaldarse con las afirmaciones presentadas por Frau y Pece (2007), los cuales indican que puede haber diferencias significativas en la producción de leche de las cabras cuando son alimentadas con distintos tipos de forrajes tropicales.

Al comparar el consumo de forraje con la producción láctea, se pudo observar que los animales de más producción fueron aquellos que tuvieron un mayor consumo, en este caso, los alimentados con Estrella Africana, esto coincide con Steine (1976), el cual indica que en cabras el aumento en la producción láctea es proporcional al consumo de forraje, ya que estas mejoran sus condiciones corporales y por ende sus rendimientos lecheros.

La cita anterior, no coincide con el caso del Sorgo Negro y la Morera, ya que las cabras presentaron un mayor consumo con el primer tratamiento que con

el segundo. Pero en otras investigaciones, Manterota y Azócar (2007) indican que el arbusto de Morera por sus características estructurales es más aprovechable en el sistema digestivo de las cabras que otros forrajes lo cual se traduce, la mayoría de las veces, en una mayor producción láctea.

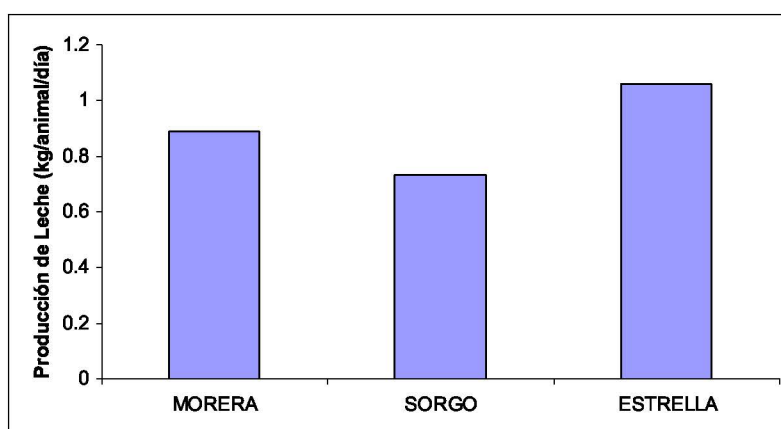


Figura 3. Producción promedio de leche (kg/animal/día), para tres grupos de cabras consumiendo diferentes fuentes alimenticias. Cartago, Costa Rica. 2008.

Acidez de la Leche (%)

En lo concerniente a los análisis bromatológicos que se realizó a la leche de los animales, para la variable de porcentaje acidez Dormic fue constante, no presentando diferencias estadísticas significativas ($P > 0,05$) para los diferentes tratamientos.

Se observa en el Cuadro 7 y en la Figura 3, para los animales que consumieron Morera, Sorgo Negro y Estrella Africana el promedio de la acidez

que se obtuvo fue de 0,18 % en los tres casos. Esto coincide con Chacón (2004), el cual, realizó análisis de acidez a la leche de las cabras de distintos productores de la Meseta Central costarricense, los cuales proveían a sus animales diferente gama de forrajes para su alimentación, y no encontró diferencias estadísticamente significativas ($P>0,05$) para esta variable.

El valor obtenido es sinónimo de que la leche en todos los casos fue de excelente calidad microbiológica y libre de deterioro (Chacón, 2008).

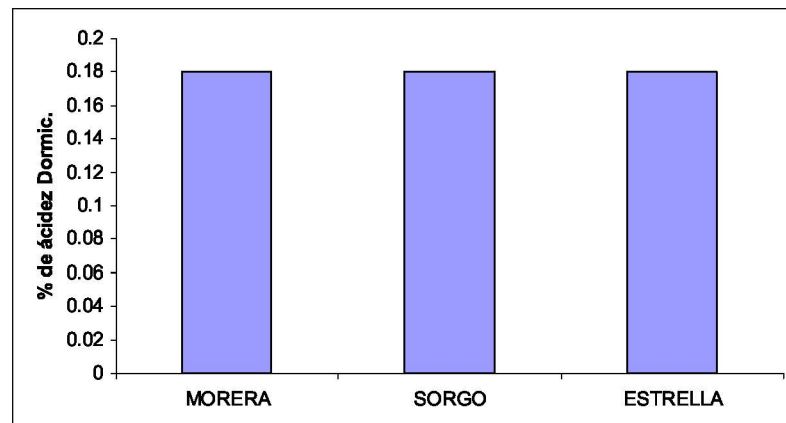


Figura 4. Porcentajes de ácidos Dormic de la leche de distintos grupos de cabras consumiendo diferentes forrajes. Cartago, Costa Rica. 2008.

Grasa Láctea (%)

Revisando los contenidos de grasa, se observa que la leche de las cabras alimentadas con Morera (4,23 %) presentó diferencias estadísticas significativas ($P<0,05$) con respecto a los resultados de grasa láctea de los animales alimentados con los demás forrajes; mientras que las cabras alimentadas con

Sorgo Negro y Estrella Africana (3,92 y 3,65% respectivamente) no presentaron diferencias estadísticamente significativa entre ellas ($P > 0,05$).

La leche de animales alimentados con Morera obtuvo un resultado muy semejante al promedio de grasa láctea que reportan desde Argentina, Manterola y Azócar (2007) con distintas razas de cabras consumiendo dicho forraje (4,25%); pero más alto que el promedio de producción de grasa máximo que indica Devendra (1972) para las cabras de zonas tropicales; este autor señala un rango de valores de 3,4% - 4,10% de grasa, a su vez enfatiza las diferencias que pueden existir entre distintas razas, variedad de forrajes tropicales y climas. Los resultados de grasa en la leche de cabras alimentadas con Sorgo Negro y la Estrella Africana (3,92% y 3,65%; respectivamente) sí se encuentran dentro de el rango de valores que señala este autor.

Peñúñuri (1986) reporta un promedio de concentración de grasa láctea de 3,79% para cabras de raza Lamancha, sin reportar el tipo de alimentación al que fueron sometidos estos animales. Este dato se encuentra por debajo de las cabras que consumieron Morera y Sorgo Negro (4,23% y 3,92%, respectivamente), pero ligeramente superior a las cabras que se alimentaron con pasto Estrella Africana (3,65%); dicho autor también comenta que la producción y las características de la leche dependen del tipo de animal, tamaño, grado de pureza, y del clima.

En términos de gramos por litro (g/L) las cantidades de grasa en la leche de las cabras alimentadas con Morera, Sorgo Negro y Estrella Africana fueron de

42,3g/L; 39,2g/L y 36,5g/L respectivamente. Se evidencia que los animales tratados con Morera producen 3,1g/L más concentración de grasa en la leche que los que consumieron Sorgo Negro, y 5,8g/L más que si se les suministra Estrella Africana.

De acuerdo con Rojas *et al* (1994), la hemicelulosa y celulosa son los carbohidratos que pueden ser aprovechados por las bacterias que se encuentran en el rumen y transforman los carbohidratos estructurales en ácidos grasos volátiles que se convierten en ácido acético, que al final es traducido en una mayor proporción de contenido graso en la leche. Lo anterior no coincide con los datos del presente trabajo puesto que fue el Pasto Estrella el que presentó mayor contenido de hemicelulosa y celulosa (30,68% y 32,33%) pero las cabras alimentadas con ese forraje fueron las menos productoras de grasa.

Por el contrario, Devendra (1972) afirma que a mayores cantidades de lignina en los pastos, se forma una mayor cantidad de ácido acético en el rumen de los animales, dicho componente ruminal es el encargado de producir más cantidad de grasa en la leche. En la presente investigación el arbusto de Morera presentó la mayor cantidad de lignina 12,52%, debido a su composición estructural, y de lo cual podemos inferir que esta lignina es más aprovechable situación que se respalda con los mayores valores de grasa en leche producidos por las cabras alimentadas con este material.

Rojas (1995), indica que generalmente en rumiantes, cuando se incrementa el consumo, decrece la digestión de la fibra a través de una reducción en el pH ruminal y a través de un aumento en la tasa de pasaje en el mismo. Así, si se tiene menos digestión de fibra, se produce menos cantidad de ácido acético y por ende menos cantidad de grasa láctea. Esto, podría coincidir con los datos de mayor consumo de pasto Estrella Africana (Figura 1) y menor producción de grasa láctea (Figura 3).

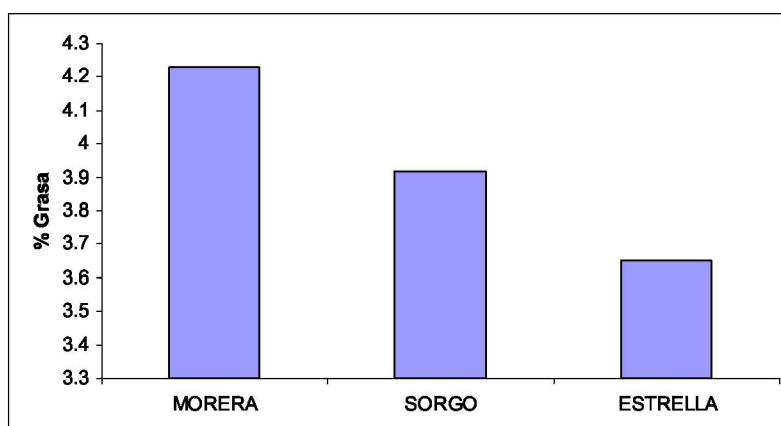


Figura 5. Porcentajes de grasa láctea de tres grupos de cabras consumiendo distintos forrajes. Cartago, Costa Rica. 2008.

Proteína de Leche de Cabra (%)

Con respecto al porcentaje de proteína se observó que la leche proveniente de animales alimentados con Morera presentó el mayor contenido de este parámetro con un valor de 3,68%, y difiere significativamente ($P < 0,01$) con respecto a la producción de proteína láctea de las cabras que recibieron los tratamientos de Sorgo Negro y Estrella Africana cuyos niveles fueron 3,54% y

3,58% respectivamente los cuales a su vez no presentaron diferencias significativas entre ellos ($P>0,05$).

En este estudio también se pudo notar que la Estrella Africana permitió que las cabras produjeran más cantidad de proteína en leche que aquellas que consumieron el Sorgo Negro.

En términos de gramos por litro, las cabras que consumieron el follaje de Morera produjeron 1,4g/L más de proteína en la leche que las que fueron alimentadas con Sorgo Negro y 1g/L más que las tratadas con Estrella Africana. Los datos anteriores coinciden con Manterola y Azócar (2007), los cuales, encontraron diferencias significativas en los contenidos de proteína láctea cuando compararon la producción de leche de un grupo de cabras alimentadas con Morera contra otro grupo alimentado con gramíneas nativas de la Pampa Argentina.

Los resultados de esta investigación se pueden respaldar con las afirmaciones de Arroyo (1998), el cual indica que la proteína de la leche en los rumiantes depende aproximadamente, el 60% de la proteína bacteriana que poseen estos animales en el rumen y el 40% de la proteína que les proveen en la alimentación los forrajes; así, entre más PC contiene un forraje más proteína presentará la leche. Al observar el Cuadro 7 y la Figura 5, se puede apreciar que la conducta que presentaron los forrajes en contenido de PC fue el mismo patrón

que presentó la proteína láctea donde el material Morera ocupó el primer lugar en ambos casos, seguido del pasto Estrella Africana y por último el Sorgo Negro.

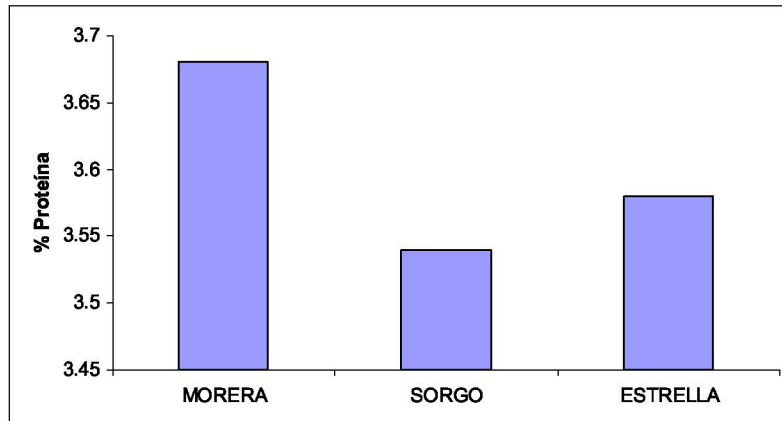


Figura 6. Porcentaje de proteína de la leche de tres grupos de cabras consumiendo diferentes forrajes. Cartago, Costa Rica. 2008.

Caseína en la Leche de Cabra (%)

En el porcentaje de caseína en la leche también se observaron diferencias significativas ($P < 0,005$) donde el tratamiento con Morera dio niveles de 3,06% sobrepasando al segundo (Sorgo Negro) y al tercer tratamiento (Estrella Africana); estos últimos no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre sí. Cabe resaltar que, al igual que con el porcentaje de proteína, la caseína presentó valores mayores en el tratamiento con pasto Estrella que con el follaje del Sorgo en promedio 2,99% y 2,95% respectivamente. En síntesis el porcentaje de caseína producido por los animales alimentados con Morera fue 0,7g/L mayor que los suplidos con Estrella Africana y 1,1g/L mayor que las cabras que consumieron Sorgo Negro, todas estas conductas se visualizan mejor en la Figura 6.

Las cifras anteriores coincidieron con Herrera (1995), quien indica que los niveles de caseína en la leche de las cabras son proporcionales a los niveles de proteína, ya que la caseína representa aproximadamente el 83% de las proteínas lácteas.

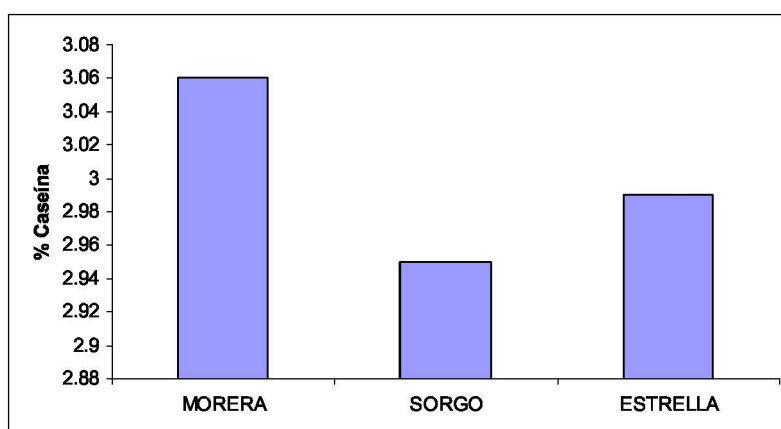


Figura 7. Porcentaje de caseína de la leche de tres grupos de cabras consumiendo distintas fuentes alimenticias. Cartago, Costa Rica. 2008.

Peso Específico de la Leche de Cabra

La variable de peso específico de la leche no presentó diferencias significativas en los diferentes tratamientos realizados a los animales ($P > 0,05$), como se aprecia en la Figura 7, los niveles obtenidos fueron de 1,03%; tanto para la Morera, como para la Estrella Africana y el Sorgo Negro. Lo anterior coincide con Chacón (2004), el cual, demuestra que el peso específico de la leche no presenta variaciones estadísticamente significativas con los distintos tratamientos de alimentación a los que son sometidas las cabras, pero sí presenta variaciones estacionales importantes en el tiempo.

Esto es sinónimo de que la leche de cabra no presentó anomalías en el contenido de sólidos y de que no presentó adulteraciones (Chacón, 2008).

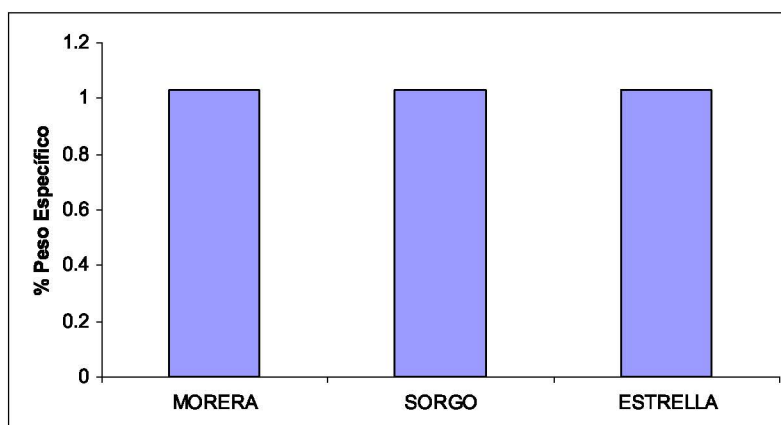


Figura 8. Porcentaje de peso específico de la leche de tres grupos de cabras consumiendo diferentes fuentes alimenticias. Cartago, Costa Rica. 2008.

Sólidos Totales de la Leche de Cabra (%)

Para la variable de sólidos totales en la leche se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) en los tres tratamientos a los que fueron sometidos los animales, manteniéndose la Morera en primer lugar con 12,35%, precedida por el Sorgo Negro con 11,98% y por último la Estrella Africana que presentó el más bajo valor 11,65% (Figura 8). En términos de concentración de gramos por litro de sólidos totales la Morera produce 3,7g/L más cantidad que el Sorgo Negro y 7,0g/L más que la Estrella Africana. La cabras alimentadas con Morera presentaron un valor menor de sólidos totales que los que reportan Manterola y Azócar (2007) de 13,51% - 14,13% con diferentes razas de cabras

alimentadas con Morera en Argentina, estas diferencias se podrían realizar por las fluctuaciones debidas al clima y la raza (Devendra, 1972).

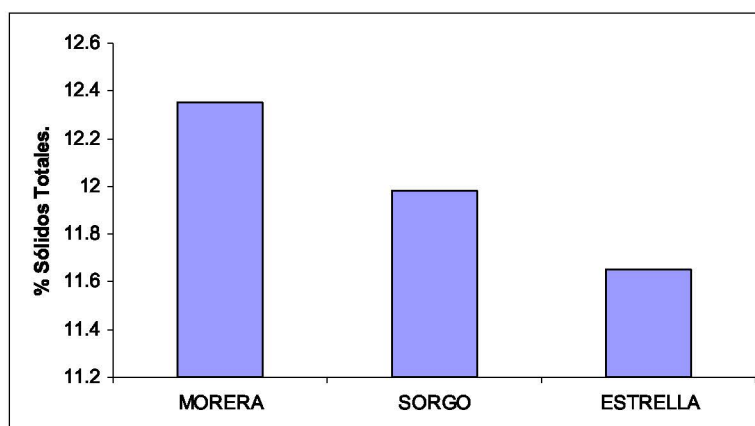


Figura 9. Porcentaje de sólidos totales de la leche de tres grupos de cabras consumiendo distintitos forrajes. Cartago, Costa Rica. 2008.

Sólidos No Grasos (%)

Los sólidos no grasos presentaron un comportamiento semejante a la de sólidos totales lo cual se puede apreciar en la Figura 9, las diferencias fueron significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos, al igual que en la anterior observación la Morera lleva la vanguardia con un promedio de 8,12%, procedida del Sorgo Negro con 8,06% y de la Estrella Africana con 8,00 %. En resumen, la Morera produjo 0,6g/L más cantidad de sólidos no grasos en la leche de las cabras que el Sorgo Negro, a su vez, produjo 1,2g/L más que la Estrella Africana. Los datos no coinciden con los que reporta el INTA⁴ (2005) desde Argentina donde se reportan rangos de 8,30 – 9,98% para el parámetro en cuestión, este instituto subraya que

⁴ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

pueden existir diferencias de acuerdo a la raza, clima o alimentación a la que se somete a los animales.

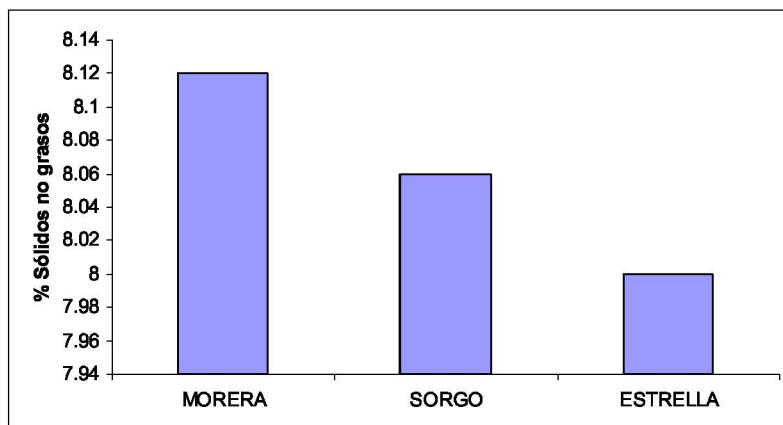


Figura 10. Porcentaje de sólidos no grasos de la leche de tres grupos de cabras consumiendo distintas fuentes alimenticias. Cartago, Costa Rica. 2008.

CONCLUSIONES

1. Para los caprinos, el pasto Estrella Africana fue más consumido (0,76 kgMS/animal/día) que la Morera (0,69 kgMS/animal/día) y que el Sorgo Negro (0,63 kgMS/animal/día).

2. Las cabras alimentadas con pasto Estrella Africana producen una mayor cantidad de leche (1,06 kg/animal/día) pero con una menor concentración de sólidos deseables para la elaboración de derivados de la leche que las que fueron alimentadas con Morera (0,89 kg/animal/día) y Sorgo Negro (0,73 kg/animal/día).

3. Las cabras alimentadas con Morera sacrifican el volumen de producción pero concentran la calidad de la leche debido a que mejora características bromatológicas como: grasa, proteína, caseína, sólidos totales y sólidos no grasos.

5. Los valores de acidez y peso específico no se vieron alterados por el tipo de la dieta que se les suministró a los animales, asegurando así la calidad de la misma.

6. Los valores de producción y bromatológicos de la leche de las cabras se mantuvieron dentro de los rangos teóricos establecidos como parámetros internacionales.

7. Sería importante evaluar la combinación de las fuentes alimenticias utilizadas para lograr un balance que potencialice tanto el nivel producción como la calidad de la leche, sin alterar el consumo.

BIBLIOGRAFÍA

- ABARCA, S. 1988. Efecto de la suplementación con poró (*Eritrina poeppigiana*) y la melaza sobre la producción de leche en vacas pastoreando Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*). Tesis MSc. Centro Agronómico de Investigación y Enseñaza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 78 p.
- AGUILAR, V; FIGUEROA, B; IVANCOVICH, G. 1990. Hábitos y motivaciones del consumo de queso blanco en Costa Rica. San José. C.I.T.A. 28 p.
- ALAIS, C. 1988. Ciencia de la leche. Continental. México. 594 p.
- ALFARO G, O.1988. Evaluación de la producción y calidad del sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) a través de diferentes distancias de siembra, densidades de siembra y niveles de fertilización nitrogenada. Tesis. Ing. Agrónomo Zootecnista. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. 105 p.
- AMADOR, A. 2002. Evaluación de la calidad nutricional de la Morera (*Morus sp.*) fresca y ensilada, con bovinos de engorda. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 84 p.

AMADOR, L. 2000. Calidad nutricional de la planta de sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) para alimentación animal. Revista Agronomía Mesoamericana 11(1): 171-177.

AMADOR, A.; BOSCHINI, C. 2000. Calidad nutricional de la planta de Sorgo Negro Forrajero (*Sorghum almum*) para alimentación animal. Revista Agronomía Mesoamericana. 11(2): 79 – 84.

A.O.A.C. (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYSIS CHEMISTRY).1980. Methods of Analysis 13^{ed}. Washington. D.C. USA. 168 p.

ARGEL, P. 2000. Field studies to determine DM yields and quality of forage sorghum lines and peral Mollet in subsumid enviroment of Costa Rica. CIAT. 4 p.

ARROYO, M. 1998. Modulación de la grasa de leche mediante la nutrición en vacunos lecheros. Servicio de Nutricion. SERAGRO. 90 p.

BELEWU, M. A.; AIYEBUSI, O. F. 2002. Comparison of the Mineral Content and Apparent Biological Value of Milk from Human, Cow and Goat. The Journal of Food Technology in Africa 7: pp 9 - 13.

BELITZ, H.D.; GROSCH, W. 1985. Química de los alimentos. Acribia. Zaragoza. 813 p

- BENAVIDES, J. 1990. Alimentación de cabras en Costa Rica. Primer Encuentro Nacional sobre la Actividad Caprina. Dirección de investigación y producción pecuaria, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 200 p.
- BONILLA, O; DÍAZ, O. 1988. Elementos básicos para el manejo de animales de granja. Editorial UNED, San José, Costa Rica. 180 p.
- BOSCHINI, C. 2001. Degradabilidad ruminal de la planta de sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) en diferentes etapas de crecimiento. Revista Agronomía Mesoamericana 12 (2): pp 169 – 174.
- BOSCHINI, C. DORMOND, H. CASTRO, A. 1999. Composición química de la Morera (*Morus alba*), para uso en la alimentación animal: densidad y frecuencia de poda. Agronomía Mesoamericana. 11(1): pp 41 - 49.
- CASTRO, A. 1978. Cría y producción de caprinos. MAG. Dirección de Ganadería. Departamento de Servicios en Zootecnia. pp 78 - 80.
- CHACÓN, A. 2004. Acidez y peso específico de la leche de cabra de un grupo de capricultores de la meseta central costarricense. Revista Agronomía Mesoamericana 15(2): pp 179 -183.

CHACÓN, A. 2008. Guía teórico-práctica del Laboratorio de Bromatología. Serie Agrotecnológica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 90 p.

CHURCH, D.C.; POND, W.G. 1992. Fundamentos de evaluación y nutrición de pasturas. Limusa. México. pp 46 - 90.

CORRALES S, J. 1986. Efecto de la densidad, distancia de siembra y la fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa y la calidad del sorgo negro forrajero (*Sorghum almun*). Tesis Ing. Agr. Escuela Zootecnia. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 173 p.

DEVENDRA, C.1972. The Composition of milk of British Alpine and Anglo-Nubian goats imported into Trinidad. *J. Dairy Res.* 39: pp 381 - 386.

DEVENDRA, C.; Mc LEROY, B. 1986. Producción de Cabras y ovejas en los trópicos. Editorial el Manual Moderno. D. F. México. 295 p.

DÍAZ, C. 2004. Caracterización de la agroindustria láctea en Turrialba. Costa Rica. *Revista Agronomía Tropical* 34: pp 27 - 39.

DOSTALOYA, J. 1994. Goats milk. *Vyziva* 49 (2): pp 39 - 45.

DUKE, J. 1983. *Sorghum X almum* Parodi. Handbook of energy crops. Center for new crops and plants products. Perdue University. Consultado el: 17 Mayo, 2008. Disponible en: www.hort.perdue.edu/newcrop/duke.html.

ELIZONDO, J. 2002. Calidad nutricional y consumo de Morera (*Morus alba*), Ramio (*Bohemeria nivea*) y Sorgo Negro Forrajero en Cabras. *Agronomía Mesoamericana* 13(1): pp 60 - 64.

ELIZONDO, J. 2004. Consumo de Sorgo Negro Forrajero (*Sorghum almum*) en cabras. *Agronomía Mesoamericana* 15(1): pp 77- 80.

ESNALOA, M.; BENAVIDES, J. 1982. Informe sobre arbustos forrajeros. Proyecto CATIE- ROCAP. CATIE, Turrialba. 170 p.

FARÍA, J.; MORILLO, D. 1997. Cultivo y utilización de gramíneas en la ganadería bovina tropical. Asto Data, Maracaibo, 152 p.

FRAU, S.; PECE, N. 2007. Calidad composicional de leche de cabras en Santiago del Estero. *Tecnología láctea latinoamericana*. N° 48: pp 27-29.

FRENCH, M. 1970. Observaciones sobre las cabras. *Estudio Agropecuario*. N° 80. Roma, Italia. 234 p.

GARCÍA, G. 1981. Cultivos herbáceos. Barcelona. Agrocencias. 534 p.

GONZÁLEZ, T. 1961. Experimentación sobre cultivo de sorgo en Costa Rica. Tesis. Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. 145 p.

GOERING, H.K; VAN SOEST, P.J. 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, reagents procedures and some applications) Agricultural Handbook. No. 379. ARS-US-DA, Washigton, D.C. 76 p.

HERNÁNDEZ, H. 1986. Fertilización nitrogenada y edad de corte para sorgo negro forrajero (*Sorghum almun*). Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 145 p.

HERRERA, C. 1995. Manual de Laboratorio de Química de Alimentos. San Pedro de Montes de Oca, San José. Ed. Escuela de Química. UCR. 100 p.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLGÍA AGROPECUARIA (INTA), 2005. Análisis composicional de la leche de cabra. Consultado el: 15 de Mayo, 2008. Disponible en: www.inta.gov.ar/lácteos/.

LAREDO, A. 1985 Tabla de Contenido Nutricional en Pastos y Forrajes de Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario ICA, Bogotá. pp 34.

Le HOUERAU, H. N. 1980. Chemical composition and nutritive value of forage. En:
ILCA. Browse in Africa, Addis Ababa. pp 52 – 56.

LIVIGSTONE, S. 2000. Haygrazers y forrajes de sorgo para el zur de Texas.
Texas Agricultural Experimental Station. L- 5145S. 300 p.

LY, J. 2004. Arbustos tropicales para alimentar cerdos. Ventajas y desventajas.
Revista de Producción Porcina, 11(2): pp 5-27.

MACÍAS, M. 1999. Estudios de evaluación del nitrógeno de follaje de árboles y
arbustos para cerdos. Tesis de Maestría en Producción Porcina. Instituto de
Investigaciones Porcinas, La Habana, pp 64.

MAHECHA, L.1998. Análisis de la relación planta-animal desde el punto de vista
nutrición en un sistema silvopastoril de pasto estrella africana *Cynodon
nlenfluencis*, *Leucaena leucocephala* y algarrobo *Prosopis juliflora* en el
Valle del Cauca. Tesis Magister en Ciencias Agrarias con énfasis en
Producción Animal Tropical. Universidad Nacional de Colombia, Palmira.
150 p.

MALECHEK, J; PROVENZA, F. 1983. Comportamiento alimentario y nutricional
del ganado caprino en pastizales. Revista Mundial de Zootecnia: Julio –
Setiembre, pp 38-48.

MANTEROLA, H; AZÓCAR, P. 2007. Uso de Morera como suplemento a cabras en lactancia y cabritos lactantes. Congreso de especialistas en pequeños rumiantes y cámelidos sudamericanos. Mendoza, Argentina. 24 p.

MAREE, H.P. 1978. Goat milk an its use as hypo- allergenic infant food. Dairy Goat Journal 43: pp 363-367.

MARTÍN, F; Ruberte, M. 1979. Edible leaves of the tropics. 2 ed. Printed by Antillon College. Press Mayorquez, Puerto Rico. pp 178 – 179.

MAYA, G; Duran, C. 2005. Valor nutritivo del pasto estrella solo y en asociación con Leucaena a diferentes edades de corte durante el año. Ed. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. pp 96-98.

MAYORGA, R. 1992. Aspectos de elaboración de Queso Blanco en Costa Rica. Reviteca 1(1): pp 17-27.

McDOWELL, L.R. 1979. Tablas de composición de alimentos de América Latina. Gainesville, Florida. 21 p.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. MAG. 1974. Boletín Informativo de Forrajes. San José. Costa Rica. 108 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL.1981. Nutrient requeriments of domestic animals. Nutrient requeriments of goats. N° 15. National Academy Press. 70 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL.1968. Recommended daily dietary allowances. Food and Nutr. Borrads, Nat. Academy Sci., Publ. 1694 p.

ORTIZ, G. 1992. Efecto de la alimentación con pasto King Grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) suplementado con diferentes niveles de follaje de Morera (*Morus alba*) y de banano verde (*Musa sp.*), sobre la producción de leche de cabra. Tesis Ing. Agrónomo Zootecnista. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José. 95 p.

OSORTO, W. 2003. Harina de morera como ingrediente de la ración alimenticia de cerdos en crecimiento y engorda. Tesis de Maestría en Ciencia Animal. Instituto Tecnológico Agropecuario de Conkal. Conkal, pp 86.

OVIEDO, F. 1994. Evaluación bioeconómica de un módulo agroforestal autosostenible con cabras lecheras en Turrialba, Costa Rica. Vol. II. Serie técnica, Informe técnico No. 236. Turrialba. C.R. CATIE. pp: 601-630.

PAOLIERI, L. 1963. Boletín informativo de sericultura. Secretaría del estado de Sao Paulo. Servicio de Sericultura. 7(8). 18 p.

PEÑUÑURI, F. 1986. ¿Cuál es la importancia de la cabra en la ganadería?

Consultado el: 10 de febrero, 2008. Disponible en:

<http://patrocipesuson.mx/patrocipes/invpec/ranchos/RA0029.html>.

QUEER, P. 1979. Plantas Medicinales. 3 ed. Editorial Labor. S. A. Barcelona, España. 30 p.

RAMOS N., P. CURBERO y R.S. HERRERA. 1980. Edad de Rebrote y Niveles de Nitrógeno en Pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Revista Cubana Ciencias Agrícolas, 14: pp 83-93.

RICHARDSON, C. W. 2004. Let,s learn about dairy goats and goat,s milk. Oklahoma Cooperative Extensión Service. Oklahoma State University. Boletín N° 424. pp: 98 -110

RICCELLI, J. 1980. La producción de semilla de sorgo híbrido en Venezuela. Revista Agronomía Tropical. 28(4): pp 363-398.

RODDEN, D. 2004. Dairy goat composition. Consultado el: 13 de febrero, 2008. Disponible en: <http://drinc.ucdavis.edu/html/milkg/milkg-1.shtml>.

ROJAS, A. 1995. Conceptos básicos en Nutrición de Rumiantes. Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 178 p.

ROJAS, J. 1967. Efecto comparativo del sorgo forrajero (*Sorghum vulgare*) y pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) suplementados con vitamina A sobre la producción de leche. Tesis. Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. 73 p.

ROJAS, H.; BENAVIDES, J. E.; FUENTES, M. 1994. Producción de leche de cabras alimentadas con pasto y suplementadas con altos niveles de Morera. In: J. E. Benavides ed. "Árboles y arbustos forrajeros en América Central". Vol. II. Serie técnica, Informe técnico No. 236. Turrialba, Costa Rica. CATIE. pp. 305 –320.

ROMERO, L. 2002. El sorgo forrajero ¿puede ser un buen sustituto del maíz?
Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Argentina. 8 p

SÁNCHEZ, J. 1997. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures for sustainable production in the Atlantic Zone of Costa Rica. Tesis Ph.D., Wageningen, Holanda, Wageningen Agricultural University. 129 p.

SÁNCHEZ, M., 1998. Morera: un forraje excepcional disponible mundialmente. Memorias de la conferencia electrónica en Morera para la Producción Animal. FAO, Roma. 75 p.

SANTINI, J. 2001. Sorgo Granífero: una alternativa oportuna para los sistemas de producción ganadera. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. Argentina. 5 p.

SAS. 1985. Statistical analysis system. SAS User's Guide; Statistics 5ed. SAS Institut Inc. Cary, NC, 373 p.

SEDO, F. 1990. Evaluación nutricional de algunos sorgos producidos en Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Escuela de Zootecnia. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. 73 p.

SING, G., García, F., Reyes, F., Hernández, I., Gonzales, T., Milera, M., 2000. Agronomics studies with mulberry in Cuba. Memorias de la conferencia electrónica en "Morera para la Producción Animal". Santiago. Chile. pp: 12-15

SINN, R. 1983. Crianza de cabras para leche y carne. Curso de capacitación de Heifer Project International. HPI, Guatemala, 110 p.

SOSA DE PRO, E. 1979. Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal. Chapingo, México. 115 p.

STEINE, T. 1976. Genetic and phenotypic parameters for production characters in goats. Animal Breeding 432-433 p.

TOLEDO, J. M. 1982. Manual para la Evaluación Agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, CIAT, Cali. 168 p.

UGARTE, R. 1976. Siembra directa de sorgo forrajero en pasto guinea durante la seca. Revista cubana Ciencia Agrícola. 10: 255 p.

VALHENA, M. 1943. Nociones de Sericultura. Universidad de Sao Paulo, Brasil. 115 p.

VALLEJO, M. 1990. Evaluación de índices productivos de varios rebaños de cabras en el Valle Central de Costa Rica. Encuentro sobre la actividad caprina. Dirección de Investigación y Producción Pecuaria, MAG. 100 p.

VARGAS, C. 1985. Evaluación de la calidad nutricional de la Morera (*Morus sp.*). Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 84 p.

VARGAS, F. 2006. FAMACHA. Control de haemonchosis en caprinos. Revista Agronomía Mesoamericana 17(1): pp 103 –112.

VARGAS, F. 2005. Valoración nutricional y degradabilidad ruminal de genotipos de Sorgo forrajero (*Sorghum sp.*). Revista Agronomía Mesoamericana 16(2): pp 217- 225.

VILLEGAS, O. 1990. Producción y valor nutricional de Sorgos Forrajeros y sus ensilados a diferentes edades de cosecha. Tesis. Ing. Agrónomo. Sede Regional de Guanacaste. Liberia. UCR. 91 p.

VILLALOBOS, P. 1989. Programa de Salud del Hato Caprino. Trabajo presentado para optar al título de médico veterinario en el grado académico de Licenciado. Escuela de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias de la Salud, UNA, Heredia. 110 p.