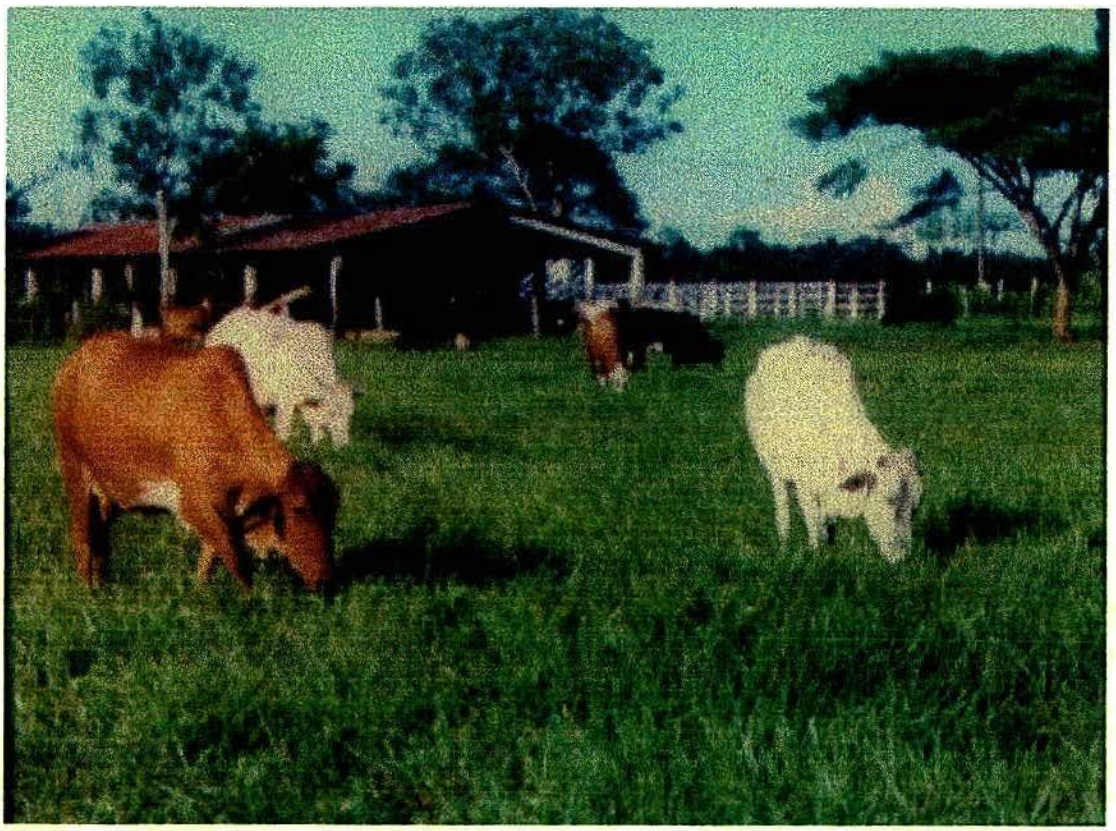
26308

Reg. 63478

CALIDAD NUTRICIONAL Y PRODUCCION BOVINA



Corpoica
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Regional Ocho

Programa Nacional de Transferencia de Tecnología

Villavicencio, enero de 1998

CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION
AGROPECUARIA "CORPOICA" - REGIONAL OCHO

PROGRAMA NACIONAL DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA
AGROPECUARIA - PRONATTA-

CALIDAD NUTRICIONAL Y PRODUCCION ANIMAL

HANS DIETER HESS

VILLAVICENCIO, ENERO DE 1998

CALIDAD NUTRICIONAL Y PRODUCCION ANIMAL

Autor

Hans Dieter Hess

Este documento es producto del proyecto financiado por el Programa Nacional de Transferencia de Tecnología PRONATTA.

Enero de 1998
Villavicencio, Colombia
Edición : Nora Elisa Cubillos Quintero
Diagramación : Mireya Lucía Pineda Rojas
Tiraje : 100 Ejemplares

PRESENTACION

La Producción Bovina se considera el renglón productivo más importante dentro de la actividad pecuaria regional y su desarrollo está basado en el manejo adecuado de las praderas, ya que los pastos, tanto naturales como introducidos, constituyen la base de la alimentación animal.

Siendo la alimentación el factor tecnológico más importante en la producción animal, es necesario conocer los indicadores de calidad nutricional, a partir de los nutrientes esenciales y no esenciales y la determinación del valor nutritivo de los alimentos y forrajes.

El presente documento está enfocado a recopilar aspectos inherentes a los aspectos anteriores, como una contribución al conocimiento y difusión de estos aspectos tecnológicos que permitan tomar decisiones para manejar la explotación ganadera. Igualmente se dan a conocer los valores nutricionales de algunas especies forrajeras y su incidencia en la producción animal.

Gracias a los recursos del Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria - PRONATTA, el Programa Regional Pecuario de CORPOICA, ha venido realizando actividades de ajuste, validación y transferencia de tecnología a nivel de finca sobre estos aspectos, con la participación de los productores como una estrategia de desarrollo tecnológico regional.

JAIME TRIANA RESTREPO
Director Regional Ocho

CALIDAD NUTRICIONAL Y PRODUCCIÓN ANIMAL

HANS DIETER HESS[1]

1. Calidad nutricional

1.1. Conceptos básicos

Los principales componentes de los alimentos son los carbohidratos, las grasas, la proteína bruta, los minerales y las vitaminas. El animal ingiere el alimento y, en el curso del proceso digestivo, absorbe nutrientes específicos aportados por la amplia gama de constituyentes de la dieta, como aminoácidos a partir de la proteína, monosacáridos como la glucosa a partir del almidón, ácidos grasos a partir de las grasas y otros más. El término "nutriente" se refiere a elementos o compuestos específicos aportados o derivados de la ración y absorbidos del tracto digestivo que pasan a la sangre y, con ella son llevados a los tejidos corporales, a fin de subvenir a los procesos fisiológicos. Se debe prestar atención, al definir que es un nutriente, ya que por ejemplo, es corriente referirse a la proteína existente en el alimento como un nutriente, aunque en realidad no es utilizada en esta forma por el animal. Son los productos de la digestión, los aminoácidos, los que son absorbidos, y por lo tanto, ellos son los nutrientes.

Cualquier organismo o ser vivo tiene requerimientos de nutrientes, los cuales dependen de varios factores como el peso y la composición corporal (requerimientos para mantenimiento), el nivel de producción (ganancia de peso, gestación, producción de leche, lana, trabajo etc.) así como el medio ambiente (clima, manejo etc.). Estos requerimientos se cubren a través del consumo de alimentos. Además de la selección de los componentes, que pueden variar considerablemente en su composición nutricional, la cantidad consumida es de gran importancia para el cubrimiento de los requerimientos nutricionales. Estos requerimientos se pueden dividir en dos categorías. Por un lado se trata de cubrir los requerimientos de energía, y por otro lado, todos los nutrientes esenciales deben ser ingeridos en las cantidades requeridas.

---

[1]Agrónomo-Zootecnista, Dr. sc. nat., Grupo Pecuario Regional 8, CORPOICA

1.1.1. Nutrientes esenciales y no esenciales

Los requerimientos de energía se pueden cubrir a través del consumo de cualquier nutriente que aporte energía, especialmente carbohidratos, grasas y proteínas, y es posible un intercambio de estos nutrientes. Por ésta razón, se habla de requerimientos inespecíficos. Por otro lado, los requerimientos específicos de aproximadamente 50 nutrientes esenciales, también deben ser cubiertos, para evitar reducciones en la producción y la presencia de síntomas de deficiencias. Un nutriente esencial no puede ser sintetizado por el organismo, por lo cual debe ingresar al mismo con el alimento. Algunos aminoácidos, ácidos grasos, minerales y vitaminas son nutrientes esenciales. Los nutrientes no esenciales son elementos o compuestos químicos utilizados por el organismo para su desarrollo y mantenimiento, pero pueden ser sintetizados o se generan como productos de la actividad microbiana en el tracto digestivo.

1.1.2. Aminoácidos

Las proteínas son sustancias naturales compuestas por aproximadamente 20 aminoácidos y representan a más del 50% de los componentes orgánicos del protoplasma, la parte orgánica mas importante del organismo. Con su amplia diversidad estructural, las proteínas tienen numerosas funciones específicas. Como enzimas catalizan y regulan reacciones químicas que tienen lugar en el cuerpo, como sustancias estructurales (e.g. colágeno, queratina) participan en la formación de la estructura de órganos y tejidos, como proteínas musculares sirven para la generación de fuerza y movimiento, gracias a sus propiedades contractiles, como sustancias de reserva sirven para el abastecimiento de las células, como proteínas de transporte (e.g. hemoglobina) sirven para el intercambio de sustancias y además, numerosas hormonas están compuestas por proteínas. Su función como proveedor de energía, es comparativamente pequeña y se limita a situaciones de deficiencia de carbohidratos y grasas. Las proteínas contienen aproximadamente 16% de nitrógeno, 51 a 55% de carbono, 6 a 7% de hidrógeno y 21 a 23% de oxígeno.

Durante la hidrólisis de la proteína por enzimas proteolíticas o ácidos, ésta se divide en sus componentes básicos, los aminoácidos, los cuales pueden ser utilizados por el organismo de diversas maneras (específicas o no específicas) (Figura 1). A diferencia de lo que sucede con las grasas y carbohidratos, la proteína que excede las necesidades del animal no puede almacenarse en el cuerpo. La proteína corporal sólo aumenta significativamente

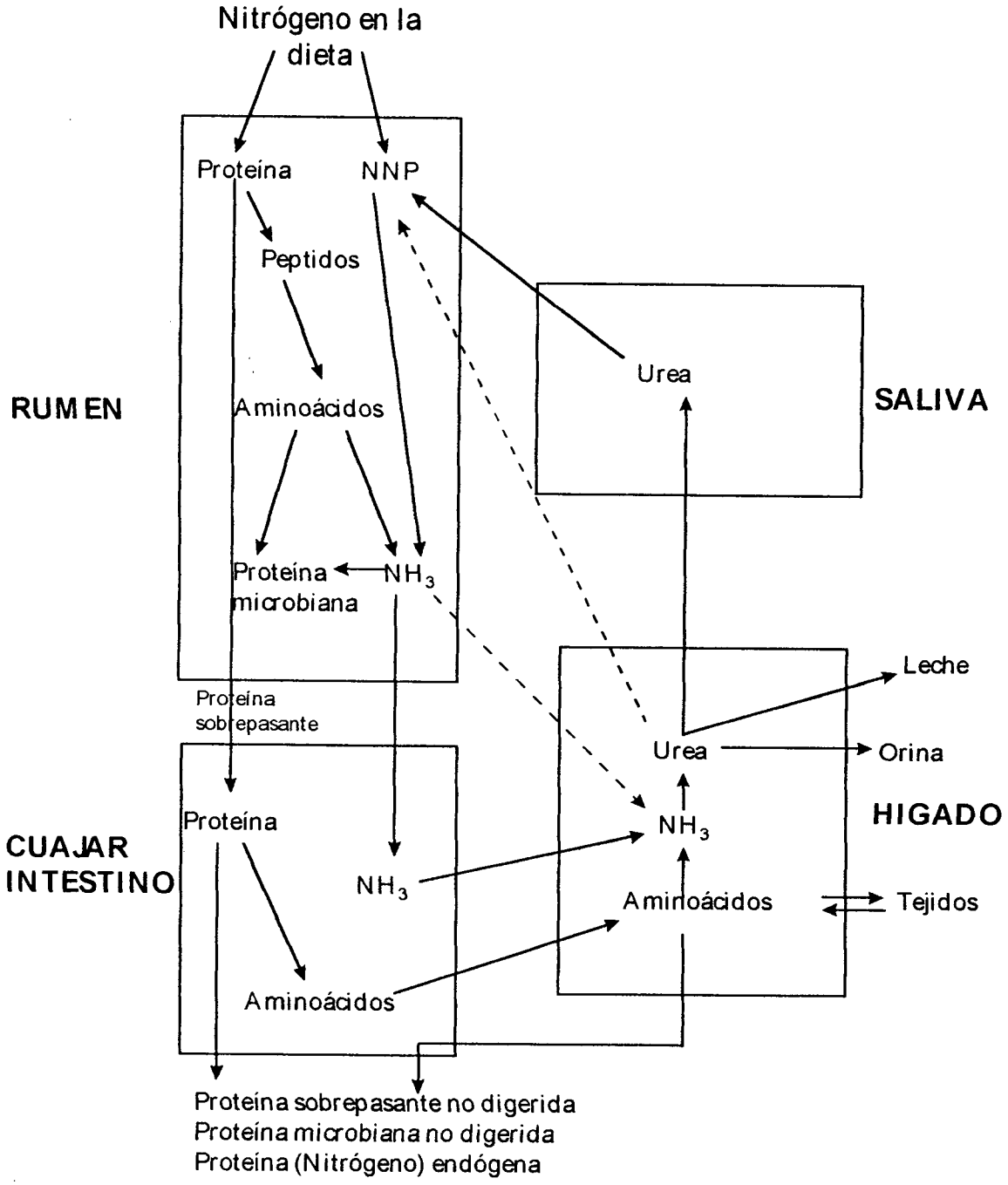


Figura 1: Esquema simplificado de la utilización del Nitrógeno en rumiantes.

durante el crecimiento y la reproducción. La proteína de la dieta que no se convierte en proteína tisular, es desdoblada o utilizada como combustible, o pasa a convertirse en grasa y carbohidratos corporales. En este proceso, los aminoácidos son convertidos en productos capaces de ser metabolizados. Sin embargo, no son desdoblados completamente en óxido de carbono y agua, de la misma manera que la glucosa y los ácidos grasos. El animal no tiene capacidad para oxidar los grupos amínicos portadores de nitrógeno, sino que son expulsados por la orina en forma de urea [$(NH_2)_2CO$]. Las aves excretan ácido úrico en lugar de urea. Para la síntesis de una molécula de urea se utilizán 4 moléculas de ATP. Así, la energía de la proteína no puede captarse tan eficazmente como la energía de las grasas o los carbohidratos. Además, cuando la cantidad de grupos amínicos excede la capacidad del hígado para su conversión en urea, se pueden alcanzar niveles que afectan la fertilidad de las hembras y en casos extremos pueden causar la muerte del animal.

1.1.3. Carbohidratos

El nombre carbohidratos para un grupo grande de sustancias orgánicas naturales, se deduce de que estos compuestos contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. Con excepción de pequeñas cantidades de azúcares simples y de glucógeno en el organismo animal, los carbohidratos se encuentran principalmente en las plantas. Los carbohidratos constituyen la fuente más importante de energía para los rumiantes. Sin embargo, algunos carbohidratos tienen funciones especificas en el animal, especialmente como componentes de la sustancia orgánica de huesos y cartílagos y de las secreciones mucosas. Químicamente se presentan los carbohidratos en los alimentos en forma de monosacáridos (e.g. glucosa, fructosa), disacáridos (e.g. sacarosa, lactosa) y polisacáridos (e.g. celulosa, almidón). Tabla 1.

1.1.4. Grasas (lípidos)

El componente graso proporciona al animal dos tipos de nutrientes fundamentalmente distintos: ácidos grasos esenciales y una fuente inespecífica de energía. Las grasas están constituidas por glicéridos que, químicamente, son ésteres compuestos de ácidos grasos y glicerol. Cuando estos glicéridos son desdoblados enzimáticamente mediante lipólisis, se descomponen en los ácidos grasos y glicerol, siendo ambas sustancias metabolizadas para generar energía. El valor en energía metabolizable de las grasas, es aproximadamente 2.25 veces superior por unidad de peso al de los carbohidratos y de las proteínas. Por lo tanto, la inclusión de grasas en la alimentación se justifica

Tabla 1: Clasificación de los carbohidratos

I.	**Monosacáridos**	
	Pentosas	Ribosa, Arabinosa, Xilosa
	Hexosas	Glucosa, Manosa, Galactosa
II.	**Oligosacáridos**	
	Disacáridos	
	Sacarosa	= Glucosa + Fructosa
	Lactosa	= Glucosa + Galactosa
	Maltosa	= Glucosa + Glucosa
	Trisacáridos	
	Rafinosa	= Galactosa + Glucosa + Fructosa
III.	**Polisacáridos**	
	Pentosanos	compuestos por pentosanas
	Hexosanos	compuestos por hexosas
	Almidón	compuesto por glucosa, enlace α-glucósido
	Glucógeno	compuesto por glucosa, enlace α-glucósido
	Celulosa	compuesto por glucosa, enlace β-glucósido
IV.	**Heteropolisacáridos y lignina**	
	Hemicelulosas, pectinas, lignina	

(Adaptado de Kirchgessner, 1987)

Los principales componentes de los alimentos son los carbohidratos, las grasas, la proteína bruta, los minerales y las vitaminas.

especialmente en el caso de dietas muy ricas en energía, como por ejemplo en el engorde de pollos o terneros. Las grasas además, favorecen la absorción de vitaminas liposolubles sobre todo de vitamina A y carotenos. Finalmente las grasas también aportan los ácidos grasos esenciales como el ácido linoleico (dos enlaces dobles) y el linolénico (tres enlaces dobles). El organismo animal es capaz de sintetizar los ácidos grasos saturados y monoinsaturados, los poli-insaturados, sin embargo, ingresan con el alimento.

1.1.5. Minerales

Además de los nutrientes orgánicos, carbohidratos, grasas y aminoácidos, anteriormente descritos, el organismo animal requiere pequeñas cantidades de diferentes minerales. Los elementos minerales pueden clasificarse en macro- y microelementos, de acuerdo con las necesidades cuantitativas de cada uno de ellos. Las cantidades muy pequeñas suelen expresarse en partes por millón (ppm) o en miligramos por kilogramo, mientras que las necesidades de macroelementos se expresan en porcentaje. Los macroelementos (0.1-2% de la materia seca de la dieta) son el calcio, magnesio, fósforo, sodio, potasio, cloro y azufre. El grupo de los microelementos (0.1-50 ppm) incluyen el hierro, yodo, cobre, manganeso, zinc, cobalto, molibdeno, selenio, cromo, zinc, flúor, sílice, plomo etc. El papel fisiológico de los minerales es diverso, citándose aquí algunos ejemplos para ilustrar la importancia de ellos en la nutrición animal. Componentes estructurales del cuerpo: Calcio y fósforo son los minerales principales de los huesos, y se encuentran formando fosfato cálcico. El 99% del calcio y el 80% del fósforo del organismo se encuentran en los huesos y dientes. Equilibrio ácido-básico: Por todo el cuerpo, los líquidos, sangre, secreciones digestivas y saliva, conservan valores ácido-básicos característicos. El papel de los minerales sodio, potasio, calcio y magnesio es importante para el establecimiento y mantenimiento del equilibrio. Equilibrio del agua en los líquidos corporales: Los elementos minerales, especialmente el sodio, potasio, calcio y magnesio en conjunción con compuestos orgánicos, son los principales factores para la creación de la presión osmótica en los fluidos corporales. Activadores de sistemas enzimáticos: La mayoría de los elementos minerales funcionan como activadores de sistemas enzimáticos. Mecanismos biológicos de oxidación y reducción. Los minerales forman parte de muchos complejos sistemas biológicos. Un sistema de este tipo es la hemoglobina, donde el hierro fija oxígeno para su transporte de los pulmones a todo el organismo.

1.1.6. Vitaminas

Las vitaminas son compuestos orgánicos esenciales para el buen funcionamiento de los procesos metabólicos, que no son sintetizadas en el organismo en cantidades suficientes y por lo tanto deben ser ingeridos con el alimento. No se consideran nutrientes en el mismo sentido que los aminoácidos, grasas, carbohidratos y minerales, sino que funcionan como factores alimenticios accesorios, no tienen un papel estructural en la generación de energía. Las vitaminas actúan a nivel celular catalizando los procesos enzimáticos implicados en la transformación y utilización de la energía y en la regulación de los procesos metabólicos. Entre otros factores, los rumiantes se diferencian de los animales no rumiantes, en el lugar y la importancia que tiene la síntesis microbial de las vitaminas del complejo B. Los rumiantes pueden cubrir completamente con las cantidades que se sintetizan en el rumen. Por lo tanto, es innecesario agregar vitaminas del complejo B como suplemento a la mayoría de la raciones para bovinos, ovinos y caprinos. Tabla 2

1.2. Determinación del valor nutritivo

Para alimentar un animal de manera eficiente, se requiere conocer la composición nutricional del alimento y los requerimientos para una producción esperada. El valor nutritivo de los alimentos se debe expresar en las mismas unidades, que se utilizan para determinar los requerimientos. Sería ideal, realizar el balance de las dietas con base en los nutrientes descritos en los capítulos anteriores. En la realidad, sin embargo, este procedimiento es poco factible porque requiere una gran cantidad de análisis que implican unos costos excesivos. En la practica un análisis simplificado, el bromatológico o análisis de Weender, ha dado buenos resultados y se ha convertido en la base para la evaluación del valor nutritivo de alimentos y forrajes para animales Figura 2.

1.2.1. Análisis químico

El análisis bromatológico no está dirigido hacia la determinación de nutrientes específicos y exactamente definidos en términos químicos, sino hacia una calificación gruesa en cuatro grupos de nutrientes brutos. Este análisis fue desarrollado en el siglo pasado por los doctores Henneberg y Stohmann en la estación experimental Göttingen-Weende (de ahí su nombre) en Alemania, y hasta hoy en día sigue siendo la metodología estándar para la evaluación de alimentos para animales. Como el contenido de agua varía ampliamente en los alimentos, generalmente el contenido de los nutrientes se expresa con base en la **materia seca**. El secado se hace a una

Tabla 2: Clasificación de las vitaminas

Vitaminas hidrosolubles (Complejo B)	Vitaminas liposolubles	Otras vitaminas
Tiamina (vitamina B_1)	Vitamina A_1, A_2, β-caroteno	Ácido ascórbico (vitamina C)
Riboflavina (vitamina B_2)	Vitamina D_2, D_3, Calciferol	Colina
Niacina	Vitamina E, Tocoferol	
Piridoxina (vitamina B_6)	Vitamina K_1, K_2, K_3, K_4	
Ácido pantoténico		
Biotina		
Ácido fólico		
Cobalamina (vitamina B_{12})		

(Adaptado de Cole, 1973 y Kirchgessner, 1987)

... es innecesario agregar vitaminas del complejo B como suplemento a la mayoría de las raciones para bovinos, ovinos y caprinos.

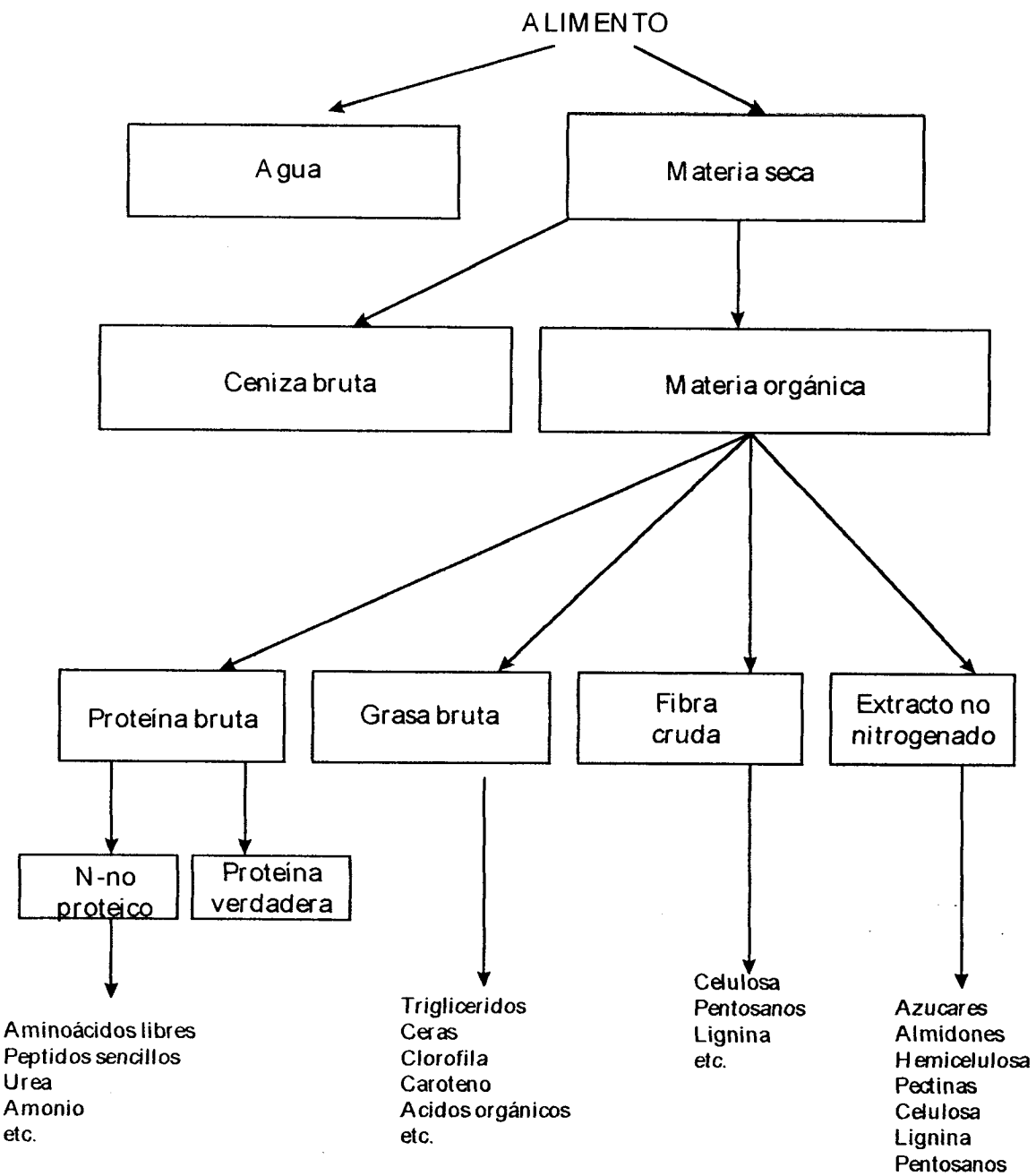


Figura 2 : Composición química de los alimentos.

temperatura de 104°C por 4 horas. La determinación del contenido de **materia orgánica** se hace mediante incineración a 550°C. El restante, es el componente inorgánico y se denomina **ceniza bruta**. La materia orgánica se compone básicamente de carbohidratos, proteínas y grasas. La **proteína bruta** incluye la proteína verdadera y los compuestos nitrogenados no proteicos (NNP) como por ejemplo aminoácidos libres, urea, purinas etc. La **grasa bruta** se determina mediante extracción con un disolvente orgánico. Además de los mono-, di- y triglicéridos, el método extrae también otras sustancias solubles en estos disolventes como ceras, pigmentos, vitaminas liposolubles etc. La **fibra cruda** se determina utilizando una doble digestión con ácidos y soda bajo condiciones determinadas. El restante, la fibra cruda, contiene carbohidratos estructurales de la planta (celulosa y hemicelulosa) y una serie de sustancias incrustadas. Inicialmente se pensaba que la fibra cruda era la fracción indigestible de los alimentos, sin embargo, se ha probado que solamente la lignina se puede denominar como tal, pero esta se disuelve hasta el 90% durante la determinación de la fibra cruda. Por este motivo, se han hecho muchos esfuerzos para remplazar la determinación de la fibra cruda por métodos más específicos. El de mas amplia utilización es el fraccionamiento de los componentes de la pared celular propuesto por Van Soest:

- **FDN**: fibra en detergente neutro, incluye la totalidad de la pared celular (celulosa, hemicelulosa, lignina y ceniza)
- **FDA**: fibra en detergente ácido, incluye celulosa, lignina y ceniza
- **LDA**: lignina en detergente ácido, incluye lignina y ceniza

El contenido de **extracto no nitrogenado** se estima restando de 100, los porcentajes de proteína bruta, extracto etéreo, fibra cruda y ceniza. Está constituido por almidones, azúcares solubles, pectinas, ácidos orgánicos y también incluye cantidades variables de celulosa, hemicelulosa y lignina. Figura 3

1.2.2. Análisis biológico y valor energético

Para la determinación del valor nutritivo de un alimento, solo la parte de los nutrientes que es digestible es relevante. Por lo tanto, uno de los análisis biológicos más importantes es el de la digestibilidad.

La digestibilidad aparente se define como la diferencia proporcional entre la cantidad de nutrientes ingeridos con el alimento y aquellos excretos en las heces. La determinación de la digestibilidad *in vivo* es costosa, ya que requiere de grandes cantidades de alimento,

<table>
<tr><th>Análisis proximal</th><th colspan="3">Análisis de Van Soest</th><th>Análisis complementarios</th></tr>
<tr><td>Ceniza bruta</td><td rowspan="4"></td><td rowspan="3"></td><td>Ceniza bruta</td><td>Ceniza bruta</td></tr>
<tr><td>Proteína bruta</td><td>Proteína bruta</td><td>Proteína bruta</td></tr>
<tr><td>Grasa bruta</td><td>Grasa bruta</td><td>Grasa bruta</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Extracto no nitrogenado</td><td rowspan="3">Residuo orgánico</td><td>Almidón</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td>Azúcares</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Fibra cruda</td><td rowspan="3">Fibra en detergente ácido</td><td>Residuo orgánico</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Fibra en detergente neutro</td><td>Hemicelulosa insoluble</td><td>Hemicelulosa insoluble</td></tr>
<tr><td>Celulosa</td><td>Celulosa</td></tr>
<tr><td>Lignina det. ácido</td><td>Lignina det. Ácido</td></tr>
</table>

Figura 3: Esquema comparativo de diferentes análisis químicos.

animales y tiempo. Se han desarrollado varios sistemas para determinar la digestibilidad *in vitro* y generalmente existe alta correlación entre los resultados obtenidos con pruebas *in vitro* y aquellos *in vivo*. Las pruebas *in vitro* tienen la gran ventaja de ser mucho más rápidas y requieren mucho menos mano de obra. La digestiblidad de la materia orgánica de un forraje es proporcional al aporte de energía digestible (ED), es decir, entre más digestible es un forraje, mas energía aporta. Existen numerosas ecuaciones que permiten estimar el contenido de energía digestible con base en la digestibilidad del forraje. El contenido de energía metabolizable (EM) y energía digestible en forrajes se correlacionan y la relación de EM:ED para un amplio rango de forrajes es de 0.80, variando entre 0.77 y 0.83. Esto permite, con base en la digestibilidad del forraje, estimar el aporte de energía metabolizable por kilogramo de alimento consumido por el animal.

1.3. Valor nutricional de algunas especies forrajeras

Generalmente, el valor nutricional de una especie no es estable, sino que varía con las condiciones edafoclimáticas (suelo, precipitación, temperatura, radiación etc.) y con el manejo y la variedad o accesión que se está evaluando. Esto explica los rangos relativamente amplios que se pueden encontrar en la literatura para determinadas especies. En la Tabla 3 se presenta el contenido de proteína cruda y la digestibilidad de cuatro especies del genero *Brachiaria*. Se puede observar que todas las especies muestran una amplia variación en su calidad nutricional, sin embargo se ve claramente que *B. humidicola* es la especie de menor calidad dentro de las gramíneas evaluadas.

Una de las grandes ventajas que tienen las leguminosas en comparación con las gramíneas es su mayor calidad nutricional, especialmente en épocas de sequía Tabla 4. Mientras que el contenido de proteína bruta en las gramíneas en verano, generalmente se encuentra por debajo de 7%, el de las leguminosas es mayor al 10%. La digestibilidad muestra un comportamiento similar, mientras que en las gramíneas se reduce drásticamente durante la época seca, en las leguminosas se mantiene relativamente estable. Otra gran ventaja de las leguminosas es el efecto que tienen sobre la calidad (contenido de proteína) de la graminea asociada (Tabla 4 y 5). Por ejemplo se observó que en un trabajo realizado en los Llanos Orientales de Colombia, el contenido de proteína en la graminea *B. humidicola* fue de 6.0% en el monocultivo, mientras que alcanzó el 9.1% cuando había más del 20% de leguminosa en la pastura.

Tabla 3 **Proteína bruta y digestibilidad *in vitro* de diferentes especies del genero *Brachiaria*.**

Especie	Hojas (% en la materia seca)	
	Proteína cruda	Digestibilidad
B. brizantha	13 (10-16)	66 (56-75)
B. decumbens	14 (9-20)	71 (59-82)
B. humidicola (Costa Rica)	13 (9-17)	68 (54-75)
B. humidicola (Colombia)	6 (5-8)	65 (60-70)
Brachiaria ruziziensis	14 (10-20)	67 (64-72)

(Adaptado de Lascano y Euclides, 1996)

Tabla 4 **Reducción de la calidad nutricional en época de sequía.**

Especie	Proteína bruta		Digestibilidad	
	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía
Brachiaria humidicola en asociación	7.3	3.7	59.7	45.2
B. humidicola solo	6.0	1.5	66.0	52.5
Andropogon gayanus en asociación	8-11	4-8	55.4	45.7
A. gayanus solo	6.5	4.5	53.3	45.3
Arachis pintoi	15.6	12.0	63.3	63.3
A. pintoi	18.0	10.2	66.4	72.1
Stylosanthes capitata	18.0	13.0	61.6	58.8
Pueraria phaseoloides	24.0	18.0	60.3	52.0

(Adaptado de Böhnert *et al.*, 1986 y Hess, 1995)

Tabla 5 **Proporción de *Arachis pintoi* en la pastura, proteína bruta en el pasto asociado y proteína bruta en la dieta seleccionada.**

% de *A. pintoi* en la pastura	% de proteína bruta en el pasto		% de proteína bruta en la dieta	
	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía
0	6.0	1.5	4.7	1.8
1-10	6.3	3.5	7.9 (168)[1)]	6.7 (372)
11-20	7.5	4.1	9.6 (204)	9.9 (550)
>20	9.1	4.0	14.8 (313)	10.1 (561)

[1)] Valores en paréntesis representan el contenido de proteína bruta en la pastura asociada en porcentaje del contenido en la pastura pura. (Hess, datos no publicados)

En la mayoría de los trabajos sobre calidad nutricional de leguminosas y sus ventajas sobre las gramíneas, no se tiene en cuenta el contenido de minerales. En la tabla 6 podemos observar claramente, que las ventajas de las leguminosas no se limitan a su mayor contenido de nitrógeno, sino que también tienen mayores contenidos de calcio y magnesio que las gramíneas.

2. Producción animal en pasturas de gramíneas asociadas con leguminosas

Para los ganaderos, el valor económico de una pastura depende principalmente de su capacidad para producir carne o leche, la cual a su vez depende principalmente de la cantidad y calidad del forraje ofrecido. Generalmente, las gramíneas tropicales tienen una gran capacidad fotosintética y por ende un gran potencial de producción de biomasa. Sin embargo, la cantidad y calidad de la biomasa producida puede variar considerablemente a través del año, dependiendo de la duración de la época seca y las características del suelo. En áreas tropicales con épocas secas prolongadas, la producción animal se puede reducir drásticamente, sobre todo en pasturas de gramíneas solas. Además, pasturas de gramíneas solas, establecidas en suelos de baja fertilidad, tienden a degradarse (pierden su potencial de producción) a través del tiempo, si no se aplican periódicamente determinadas cantidades de fertilizantes. Una alternativa para minimizar la reducción de calidad y cantidad del forraje durante el verano o debido a la degradación de la pastura, es la utilización apropiada de leguminosas. Generalmente las leguminosas tienen mejor calidad que las gramíneas de clima caliente y ayudan a mejorar la calidad del suelo a través de la fijación de nitrógeno atmosférico, lo cual a su vez, mejora la calidad y cantidad de la gramínea asociada y por ende la producción animal.

2.1. Ganancia de peso

Los primeros trabajos de evaluación y utilización de pasturas asociadas con leguminosas se realizaron en Australia y como resultado de esto, la mayoría de la literatura científica disponible sobre ganancias de peso se generó en este país. Las ganancias anuales en pasturas de gramíneas y leguminosas en áreas secas (≤1.000 mm de precipitación/año) varían entre 160 y 200 kg por animal y entre 90 y 180 kg por hectárea. En áreas con mayor precipitación (>1.250 mm/año) las ganancias por animal son similares a las observadas en áreas secas (130 a 200 kg/animal) pero la producción por hectárea es superior (150 a 580 kg/ha) principalmente por la mayor capacidad de carga. En América tropical el trabajo científico con pasturas asociadas ha sido más

Tabla 6 Contenido de minerales en el tejido foliar de diferentes especies forrajeras.

Especie	Elementos mayores (%)						Elementos menores (ppm)			
	N	Ca	P	Mg	K	S	Mn	Zn	Cu	Fe
B. decumbens	1.1	0.20	0.13	0.15	1.35	0.06	80	12	7	112
B. brizantha	1.8	0.30	0.38	0.16	1.86	0.09	156	26	8	218
B. humidicola	0.8	0.32	0.26	0.14	1.26	0.03	228	24	5	371
A. pintoi	2.9	1.26	0.21	0.33	1.61	0.07	500	35	10	201
Kudzú	2.3	0.76	0.22	0.24	1.39	0.08	253	32	12	183
Cajeto	2.8	2.44	0.26	0.65	2.47	1.51	340	40	24	423
Matarratón	4.9	0.95	0.31	0.28	1.75	0.20	66	25	8	95
Cratylia argentea	4.1	0.55	0.20	0.24	2.69	0.18	465	24	9	160

(Hess, datos no publicados)

limitado, y más limitada aún ha sido la adopción de esta tecnología por los ganaderos. Esto es, en parte, el resultado de la baja adaptación de la mayoría de las leguminosas comerciales a las condiciones edafoclimáticas y su deficiente persistencia en sistemas de pastoreo. Como consecuencia de esto, varias organizaciones nacionales e internacionales han hecho grandes esfuerzos para evaluar y seleccionar leguminosas bien adaptadas a las condiciones de importantes ecosistemas como lo son las sabanas ácidas y los bosques húmedos del trópico bajo de América. Uno de los resultados tangibles de estos esfuerzos es la liberación de las leguminosas *Stylosanthes capitata* cv. capica en 1983 y *Arachis pintoi* cv. maní forrajero en 1992. El maní forrajero es una leguminosa con muy buen valor nutritivo, debido a su alto contenido de proteína y su alta digestibilidad. Además, por su forma de crecimiento y reproducción, tolera bien el pastoreo y se puede asociar con gramíneas agresivas como lo son las especies del genero *Brachiaria*.

Las ganancias anuales de peso en pasturas asociadas en América tropical, varían entre 130 y 300 kg/animal y entre 160 y 600 kg/ha. Un análisis más detallado de estos datos índica que en áreas con una época seca de 3 a 5 meses por año las ganancias anuales varían entre 200 y 400 kg/ha, mientras que en áreas sin época seca las ganancias varían entre 500 y 600 kg/ha.

Al comparar la producción animal en pasturas de gramínea sola con aquella en pasturas asociadas, se observa que generalmente las ganancias anuales de peso en pasturas asociadas son mayores aproximadamente en un 30% (Tablas 7, 8, 9). En algunos experimentos realizados en los Llanos Orientales de Colombia, las ganancias de peso fueron superiores dos veces en la pastura asociada frente a la pastura pura. En estos casos, el gran efecto positivo de la leguminosa estaba relacionado con la calidad nutricional de la gramínea. En pasturas de *Brachiaria humidicola*, un pasto deficiente en proteína, las ganancias de peso son 113% mayores cuando el pasto esta asociado con *Arachis pintoi* (Tabla 8).

2.2. Producción de leche

La utilización de pasturas de gramíneas asociadas con leguminosas para mejorar la producción de leche, ha recibido poca atención por parte de los investigadores de América tropical. Sin embargo, los trabajos que se han realizado en Quilichao (Cauca, Colombia) en pasturas de *Andropogon gayanus* y *Brachiaria dictyoneura* en asociación con *Centrosema acutifolium* y *Centrosema macrocarpum*, mostraron que las vacas producen

Tabla 7 Producción animal en pasturas de sabana nativa o de pastos mejorados con o sin leguminosas.

Pastura	Producción animal	
	kg/animal/año	kg/ha/año
Sabana nativa	75	20
Brachiaria humidicola	90	180
Brachiaria decumbens	120	240
Brachiaria decumbens y Kudzú	160	320

(Lapoint y Miles, 1992)

Tabla 8 Ganancia de peso de animales que pastorean gramíneas del género *Brachiaria* solas o asociadas con *Arachis pintoi*.

Pastura	Ganancia de peso por año			
	Gramínea sola		Gramínea + Leguminosa	
	(kg/animal)	(kg/ha)	(kg/animal)	(kg/ha)
Brachiaria brizantha	155	155	190 (23%) [1]	190 (23%)
Brachiaria decumbens	148	192	189 (28%)	246 (28%)
Brachiaria dictyoneura	136	204	178 (31%)	267 (31%)
Brachiaria humidicola	75	150	169 (113%)	320 (113%)

[1] Valores entre paréntesis representan la diferencia entre los dos tipos de pasturas.
(Rincón *et al.*, 1992)

Tabla 9 **Efecto del manejo de pastoreo sobre la ganancia anual de peso de novillo que pastorean pasturas con o sin *Arachis pintoi*.**

Pastura	Manejo de pastoreo	Ganancia de peso (kg./animal/año)	
		Gramínea sola	Gramínea + leguminosa
Brachiaria humidicola	2 animales/ha - A[1)]	115	151 (30%)[2)]
	3 animales/ha - A	96	130 (35%)
	4 animales/ha - A	61	89 (46%)
Brachiaria brizantha	1.5 animales/ha - R	164	188 (15%)
	3.0 animales/ha - R	126	183 (45%)

[1)]A = Pastoreo alterno. R = Pastoreo rotacional
[2)]Valores entre paréntesis representan la diferencia entre los dos tipos de pasturas.
(Lascano, 1994)

hasta 20% más leche en la pastura asociada que en la pastura sola. Tabla 10. Una respuesta similar (15 a 20%) se observó en un trabajo realizado en el Piedemonte Llanero al comparar la producción de leche en una pastura de *Brachiaria humidicola* solo o asociado con la leguminosa *Arachis pintoi*. Resultados obtenidos en trabajos recientes, sugieren que la respuesta en producción de leche en pasturas asociadas puede estar afectada por el potencial genético de las vacas experimentales. Generalmente las respuestas son mayores en vacas con mayor potencial genético (>50% sangre de razas lecheras) que en vacas con bajo potencial. Esto no quiere decir que la utilización de pasturas asociadas con vacas de bajo potencial de producción no se justifique, ya que se ha demostrado que el comportamiento reproductivo (intervalo entre partos, tasa de natalidad etc.) y la condición corporal también se mejoran (Vera *et al.*, 1996).

Otra alternativa para mejorar la producción de leche en vacas de pastoreo, es la suplementación con follaje de leguminosas arbustivas de buena calidad nutricional. Tablas 11 y 12. Sin embargo, la rentabilidad de esta estrategia depende mucho del precio y la disponibilidad de mano de obra y por lo tanto su aplicación, está limitada a determinados sistemas de producción (fincas pequeñas con mano de obra familiar) o a regiones con épocas secas prolongadas (e.g. Costa Atlántica de Colombia), donde las especies arbustivas y arbóreas son una excelente alternativa para alimentar el ganado durante el verano.

3. Conclusiones

Los datos presentados muestran claramente que la introducción de leguminosas de pastoreo o de corte o ramoneo en sistemas de producción bovina, mejoran el estado nutricional de los animales y por ende la producción. Sin embargo, la adopción de estas alternativas por los productores sigue siendo limitada. Por lo tanto es necesario hacer más énfasis en la transferencia de estas tecnologías, a través de trabajos en fincas, donde se demuestran bajo condiciones reales, las múltiples ventajas de las leguminosas.

Tabla 10 **Producción de leche de vacas en pasturas de *Brachiaria dictyoneura* y *Andropogon gayanus* solos o asociados con leguminosa.**

Pastura	Producción (kg./animal/día)
Brachiaria dictyoneura	8.1b[1)]
B. dictyoneura / Centrosema acutifolium	9.5a
B. dictyoneura / C. macrocarpum	10.0a
Andropogon gayanus	7.8b
A. gayanus / Centrosema acutifolium	9.0a
A. gayanus / C. macrocarpum	8.1b

[1)] Valores para cada grupo de pasturas seguidos por letras iguales no difieren en forma significativa. (Lascano y Avila, 1991)

Tabla 11 **Proteína bruta y digestibilidad *in vitro* de algunas leguminosas arbustivas comúnmente utilizadas como forraje.**

Especie	% en la materia seca	
	Proteína bruta	Digestibilidad
Cratylia argentea	23.5	48.1
Erythrina fusca	19.1	51.4
Erythrina poeppigiana	27.1	48.2
Gliricidia sepium	25.4	50.5
Leucaena leucocephala	26.5	52.2

(Adaptado de Lascano, 1996)

Tabla 12 Efecto de suplementación con *Cratylia argentea* en la producción diaria de leche de vacas en pastoreo.

Pastura	Epoca	Consumo de leguminosa (g MS/kg PV/día)	Producción de leche (kg/vaca)	Urea en leche (mg/100 ml)
Brachiaria dictyoneura	Sequía	-	6.2	10.8
		6.3	7.0	15.3
Brachiaria decumbens	Lluvia	-	9.3	10.0
		7.8	10.0	17.7
Brachiaria dictyoneura	Lluvia	-	6.8	12.8
		7.8	6.9	20.5

(Lascano, 1995)

4. Referencias bibliográficas

Bernal J. 1994, Pastos y Forrajes Tropicales: Producción y Manejo. Banco Ganadero, Santafé de Bogotá, Colombia, 575pp.

Böhnert E., Lascano C. y Weniger J.H. 1986, Botanical and chemical composition of the diet selected by fistulated steers under grazing on improved grass-legume pastures in the tropical savannas of Colombia. II. Chemical composition of forage available and selected. Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie, 103, 69-79.

Cole H.H. (ed.) 1973, Producción animal. Editorial Acribia, Zaragoza, España, 898pp.

Hess H.D. 1995, Grazing selectivity and ingestive behaviour of steers on improved tropical pastures in the Eastern Plains of Colombia. Tesis de doctorado, Instituto Federal de Tecnología, Zurich, Suiza, 187pp.

Kirchgessner M. 1987, Tierernährung. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main, Alemania, 533pp.

Lapoint S.L. y Miles J.W. 1992, Germplasm Case Study : *Brachiaria* Species. En : CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Pastures for the Tropical Lowlands : CIAT's Contribution. Cali, Colombia, 238pp.

Lascano C.E., 1994, Nutritive Value and Animal Production of Forage *Arachis*. En : Kerridge P.C. y Hardy B., Biology and Agronomy of Forage *Arachis*. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Cali, Colombia, 209pp.

Lascano C.E., 1996, Calidad Nutritiva y Utilización de *Cratylia argentea*. En : Pizarro E.A. y Coradin L., Potencial del Género *Cratylia* como Leguminosa Forrajera, Memorias del Taller de Trabajo sobre *Cratylia* realizado el 19 y 20 de julio de 1995, Brasilia, Brasil.

Lascano C.E. y Avila P. 1991, Potencial de producción de leche en pasturas solas y asociadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. Pasturas Tropicales, 13 (3), 2-10.

Lascano C.E. y Avila P. 1993, Milk yield of cows with different genetic potential on grass-legume tropical pastures. En: Proc. XVII Int. Grassl. Cong., New Zealand/Australia.

Lascano C.E. y Euclides V.P.B. 1996, Nutritional Quality and Animal Production of *Brachiaria* Pastures. En : Miles J.W., Maass B.L. y do Valle C.B. (eds.), *Brachiaria* : Biology, Agronomy and Improvement. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Cali, Colombia, 288pp.

Minson D.J. 1990, Forage in ruminant nutrition. Academic Press, Inc., San Diego, California, 483pp.

Menke K.H. y Huss W. 1987, Tierernährung und Futtermittelkunde. Eugen Ulmer GmbH, Stuttgart, Alemania, 424pp.

Piatkowski B., Gürtler H. y Voigt J. 1990, Wiederkäuer-Ernährung. Gustav Fischer Verlag, Jena, Alemania, 236pp.

Rincón A., Cuesta P.A., Pérez R., Lascano C.E. y Ferguson J. 1992, Maní forrajero perenne (*Arachis pintoi* Krapovickas & Gregory): Una alternativa para ganaderos y agricultores. Boletín Técnico ICA No. 219. Instituto Colombiano Agropecuario - Centro Internacional de Agricultura Tropical (ICA-CIAT), Cali, Colombia, 23pp.

Vera R.R., García O., Botero R. y Ullrich Ch. 1996, Producción de leche y reproducción en sistemas de doble propósito : Algunas implicaciones para el enfoque experimental. Pasturas Tropicales, 18 (3), 25-32.