



IMPORTANCIA DE LA PROTEÍNA EN LA NUTRICIÓN DE RUMIANTES CON ÉNFASIS EN LA UTILIZACIÓN DE PROTEÍNAS DE ESPECIES ARBÓREAS.

Diego Chamorro Viveros Zootecnista CMSc

INTRODUCCION

La mayor parte de la ganadería en Colombia se encuentra ubicada en regiones donde la época de sequía ocasiona una disminución drástica en la disponibilidad y calidad de la oferta forrajera; el aporte de proteína, se convierte en el factor decisivo para lograr eficiencia durante esta época, dada la drástica disminución del porcentaje de proteína en las gramíneas, factor que incide en bajos consumos voluntarios de materia seca y repercute directamente en la respuesta animal; esto, conlleva a que las empresas ganaderas tradicionales estén limitadas en su productividad. Por lo tanto, es importante rediseñar estos sistemas de alimentación de producción bovina, aplicando los nuevos conceptos en el manejo de la proteína e incorporarlos con nuestros recursos tropicales con énfasis en la utilización estratégica de especies arbóreas multipropósito integradas íntimamente al sistema de producción, disminuyendo así la dependencia de fertilizantes y suplementos alimenticios.

El conocimiento del metabolismo de las proteínas en los rumiantes, la caracterización de las diferentes fracciones de la proteína presentes en los recursos arbóreos permite darles a las arbustivas leñosas perennes un valor agregado como forraje y/o suplemento proteico. Se ha demostrado que la incorporación de arbóreas leguminosas en praderas, en sistemas silvopastoriles de ramoneo y/o sombra es una alternativa sostenible y productiva para la ganadería bovina tropical al aumentar la disponibilidad y calidad de la oferta, incrementar el consumo voluntario y estimular la eficiencia en la utilización de nutrientes.

El reto de los nutricionistas es incrementar el consumo voluntario de los bovinos en pastoreo, este está muy asociado con el flujo de proteína al tracto gastrointestinal, es muy importante el aporte proteico del componente leguminoso, dado la interacción de las diferentes fracciones proteicas, el follaje de leguminosas herbáceas, arbustivas y arbóreas ofrece a los rumiantes proteína soluble, proteína lentamente degradable y un alto porcentaje de proteína de paso principalmente en leguminosas arbóreas. El consumo de leguminosas en praderas depende de

muchos factores, pero principalmente de la precipitación relacionada íntimamente con la disponibilidad total MS, la arquitectura de la pradera y la proporción de los componentes gramínea-leguminosa, la facilidad de acceso al follaje, de metabolitos secundarios presentes en las arbustivas y arbóreas principalmente y de la “cultura de consumo” de los animales.. Los mayores porcentajes de leguminosas en la dieta se presentan durante la época de sequía en un 36.11%, con relación a la época de máxima precipitación 18.21% (Chamorro D. 1999).

Afortunadamente en la mayoría de las fincas ganaderas del trópico bajo Colombiano la biodiversidad de leguminosas nativas herbáceas, arbustivas y arbóreas todavía es alta, estas ayudan directamente al mejoramiento de la producción y calidad nutritiva de la gramínea asociada, principalmente en sus niveles de proteína y minerales (Chamorro D. 1998), adicionalmente las arbóreas ofrecen una oportunidad de reducir el estrés calórico y permitir como en el caso de sistemas silvopastoriles multiestratos ofrecer mayor tiempo de pastoreo, principalmente en las horas de mayor temperatura ambiental, permitiendo una mayor entrada de nutrientes. No obstante, los ganaderos optan por tener pasturas limpias ya que en la mayoría de los casos existe un desconocimiento de las relaciones entre el suelo-pradera-árbol-animal y ambiente, o se cree que existe una competencia entre el recurso herbáceo y arbóreo, con los sistemas silvopastoriles se logra potencializar estas relaciones haciendo un uso óptimo del espacio y de la diversidad biológica y principalmente reteniendo mayor humedad en el suelo situación que permite desencadenar procesos que inciden directamente en la estabilidad y mejoramiento de los componentes del sistema

Es así como las leguminosas arbóreas en los sistemas silvopastoriles ocupan un papel fundamental en la relación suelo- planta,- mejorando la fertilidad del suelo , además favorecen el reciclamiento de nutrientes a los componentes de la pradera , mejoran las poblaciones de micro, meso y macrofauna, mejorando la degradación de la hojarasca que aporta el árbol, incrementan la humedad y porosidad del suelo. Con la fijación biológica del nitrógeno, incrementan los niveles de proteína en la gramínea y en algunas especies con el doble efecto del Rhizobium y Microrrizas mejoran los niveles de minerales principalmente fósforo (Rey, A. 2002 Comunicación personal)

La oferta de forraje y / o frutos de los árboles con alto valor proteico y energético permiten un mejor balance de los ácidos grasos volátiles glucogénicos/cetogénicos, la fracción proteica de las arbóreas presentan baja o media degradabilidad ruminal, lo cual incrementa el flujo de proteína al intestino delgado y mejora el balance proteína energía en los nutrientes absorbidos. Igualmente, con el aporte de micro nutrientes y metabolitos secundarios incrementan la fase logarítmica poblacional y la actividad enzimática de bacterias y hongos ruminales estrechamente relacionado con un aumento en la degradabilidad de los carbohidratos estructurales de la dieta seleccionada. (Beltrán J. C 1993, Cortes J. E 1997, Navas y col 1992, Díaz A y col 1993).

Metabolismo del nitrógeno en rumiantes y fraccionamiento de la proteína

Las proteínas son compuestos orgánicos conformados por aminoácidos unidos por enlaces peptídicos estos que intervienen en diversas funciones vitales esenciales, como el metabolismo, la contracción muscular o la respuesta inmunológica. El metabolismo proteico en el rumen es bastante complejo; los microorganismos degradan los alimentos, destruyendo inicialmente la pared de las células e iniciando el proceso hidrolítico continuo de las proteínas. La destrucción proteica por desaminación fermentativa produce dióxido de carbono, amoníaco y ácidos grasos de cadena corta.

Los aminoácidos, urea y nitratos, son convertidos en amoníaco, usado por los microorganismos para sintetizar sus proteínas; una parte de él se absorbe en el rumen, pasa a la sangre y se excreta en la orina en forma de urea. El sistema de predicción desarrollado por la Universidad de Cornell Cornell Net Carbohydrate and Protein System, (CNCPS); descrito y validado por Russell et al., 1992), define esta fracción como **A**, y esta compuesta principalmente por nitrógeno no proteico (NNP) que en el rumen se transforma en amoníaco; además, el reciclamiento por la saliva y las paredes ruminales se estima como el 15% del nitrógeno ingerido, esta fracción esta incluida dentro la proteína soluble y se la cuantifica dentro de la proteína soluble. El amoníaco liberado por esta fracción en el rumen es absorbido a la sangre, conducido al hígado en donde se forma urea (ciclo de la urea), la cual se puede reciclar en la saliva, o por las paredes del rumen o eliminarse a través de la orina, el proceso de reciclaje es más eficiente cuando la dieta tiene niveles bajos de proteína, permitiendo tener niveles de nitrógeno amoniacal para crecimiento microbiano.

En el rumen se absorben aminoácidos en cantidades pequeñas ya que la mayoría de aminoácidos libres son desaminados para dar lugar a ácidos grasos volátiles de cadena ramificada, CO₂ y CH₄. El nivel de ácidos grasos volátiles de cadena ramificada en el liquido ruminal es un índice de la degradación de aminoácidos en el rumen, ya que estos normalmente se derivan a partir de la fermentación de valina, leucina, isoleucina y prolina, y son conocidos como ácido isobutírico, ácido isovalérico, ácido 2-metilbutirato y valerato. Los AGV de cadena ramificada son utilizados por las bacterias como factores de crecimiento.(Preston y Leng, 1990)

El sistema CNCPS cuantifica la proteína verdadera soluble, cuyos aminoácidos se liberan prácticamente en su totalidad en el rumen. y se define como Fracción **B1**, existe una fracción compuesta por la proteína verdadera insoluble no ligada a la Fibra en detergente neutro (FDN) la cual se utiliza en el rumen entre el 70 y 85%; el resto pasa al intestino delgado donde es completamente digerida es definida como Fracción **B2**.y su cuantificación se realiza utilizando la siguiente formula:

$$\boxed{\text{Fracción B2} = 100 - (\text{Proteína soluble} + \text{B3} + \text{C})}$$

Las fracciones que se degradan en rumen producen principalmente amoníaco, la cantidad de amoníaco que permite una digestión máxima en el rumen y a su vez una población alta de microorganismos, variará de acuerdo a la dieta. El nivel crítico se reporta desde 50 a 250 mg de nitrógeno amoniacal/litro de líquido ruminal, por lo tanto es importante que los niveles de amoníaco en el rumen permanezcan altos. (Preston y Leng, 1990)

La mayoría de los microorganismos ruminales pueden sintetizar proteína a partir de amoníaco proveniente de fuentes no proteicas tales como la urea. Desde un punto de vista nutricional y económico, esto se ha explotado utilizando fuentes nitrogenadas de bajo costo en lugar de proteínas costosas en las dietas de los rumiantes, permitiendo la síntesis microbiana de proteína para satisfacer las necesidades del hospedero.

En el rumen, cierta cantidad de proteína de la dieta puede escapar a la degradación ruminal y pasar al intestino sin modificaciones, a ésta se le denomina proteína de paso o sobrepasante. La proteína microbiana, pasa con las proteínas de la ración que no fueron modificadas a través del omaso, abomaso, hasta el intestino en donde son digeridas por acción de enzimática (Pepsina, tripsina, quimiotripsina, carboxipeptidasa y aminopeptidas). Por lo tanto, la fracción de la proteína de la dieta de mayor eficiencia para el rumiante es el Nitrógeno verdadero ligado a la Fibra en detergente neutro que en el rumen se utiliza del 10-25%; el resto pasa al intestino delgado donde las proteasas intestinales digieren el 80% de esta proteína, se define como la fracción **B3**, o proteína de paso. El rumiante, utiliza las proteínas microbianas y la proteína no degradada en rumen fracción **B3** para metabolizarlas y poder así cubrir sus requerimientos.

Es importante que no solamente las fracciones de proteína que se degradan en rumen estén disponibles para el crecimiento microbiano, el sincronismo entre la fuente de degradación proteica y la fuente energética se debe dar para evitar pérdidas y lograr mayor eficiencia en síntesis celular, por lo tanto este crecimiento está dependiendo estrechamente entre el aporte de nutrientes y la velocidad a la cual los microorganismos del rumen los utilizan, se ha definido que existe una estrecha relación entre los compuestos resultantes del proceso de degradación de carbohidratos y proteínas y la síntesis de proteína microbiana. Las proteínas o el nitrógeno no proteico (**NNP**) y los carbohidratos son utilizados para la producción ruminal de microbios, AGV, amoníaco, metano y bióxido de carbono y generalmente se expresa como gramos de carbohidratos fermentados por gramo de proteína microbiana producida en un determinado tiempo, o gramos de células microbianas sintetizadas por cada mol de ATP disponible.

El sistema **CNCPS** también, define las fracciones de los carbohidratos dependiendo de su degradabilidad ruminal y los clasifica en cuatro fracciones: dentro de los carbohidratos no estructurales está la fracción **A** compuesta por Azúcares y la fracción **B1** conformada por Almidones y pectinas, cuya degradabilidad ruminal es del 90-100 %, el residuo es prácticamente degradado y

absorbido en su totalidad en el intestino delgado. Dentro de los Carbohidratos estructurales se encuentra la fracción **B2** carbohidratos disponibles para la flora ruminal, la degradabilidad de esta fracción oscila entre el 50-75%, el resto pasa al intestino grueso donde la microflora fermenta el 20% de estos carbohidratos y por último el sistema **CNCPS** considera el Nitrógeno verdadero ligado a la Fibra en detergente ácida no utilizable por los rumiantes. y la define como fracción **C** (lignocelulosa ó lignocarbohidratos).

La relación que existe entre la disponibilidad de carbohidratos y la de proteínas (o nitrógeno) ejerce un fuerte impacto sobre la producción de células microbianas y por lo tanto sobre la nutrición del huésped, por lo tanto se debe buscar que las fracciones de proteína y carbohidratos estén en sincronía, o sea fracción **A** de proteína con fracción **A** de carbohidratos, fracción **B1** con fracción **B1**; así los microorganismos utilizaran el nitrógeno y los ácidos grasos volátiles para conformar su proteína

Por otra parte, para corregir algunos errores de predicción del **NRC** el sistema **CNCPS** clasifica la microbiota ruminal en dos grupos: Bacterias que degradan carbohidratos estructurales, bacterias que utilizan como sustrato energético únicamente los hidratos de carbono que forman parte de la **FND**, y como sustrato nitrogenado utilizan solamente amoníaco y el otro grupo esta conformado por bacterias que degradan carbohidratos no estructurales, bacterias que utilizan como sustrato energético hidratos de carbono (almidón, pectinas y azúcares libres) y como sustrato nitrogenado utilizan tanto aminoácidos del alimento como amoníaco; además, estas bacterias amilolíticas captan muchos más aminoácidos de los que finalmente integran en sus proteínas, desaminando el resto.

Adicionalmente el sistema **CNCPS** permite cuantificar la cantidad de proteína microbiana formada con cada alimento en concreto; la cantidad de bacterias formadas depende de la velocidad de tránsito ruminal del alimento (K_p), oscilando esta velocidad entre 3 a 6%, la composición media de estas bacterias es: 12% grasa, 21% carbohidratos, 4.5% cenizas, 37.5% proteína verdadera digestible en el intestino delgado, 15.5% proteína verdadera ligada a la pared bacteriana y no digestible, y 9.5% ácidos nucleicos que se absorben y se excretan en la orina una vez transformados en purinas.

El sistema **CNCPS** para cuantificar la cantidad de proteína microbiana formada, requiere parámetros de degradación de cada una de las fracciones tanto de proteínas como de carbohidratos, el sistema calcula la biomasa microbiana utilizando las siguientes ecuaciones:

- Bacterias celulolíticas = $(\text{FDN Disponible}) / (0.05/K_p + 2.5)$
- Bacterias amilolíticas = $\text{CNE} / (0.15/K_p + 2.5)$, si la disponibilidad de CHOS no estructurales es limitante.
- Bacterias amilolíticas = $\text{N disponible} * K_p / 0.01$

El modelo determinó los requerimientos de mantenimiento de las bacterias y es así como las bacterias que degradan carbohidratos no estructurales presentan mayores requerimientos (**0.15 g de CHOS/g de bacteria/h**, en relación con las bacterias que degradan carbohidratos estructurales(**0.05 g de CHOS/g de bacteria/h**).

En resumen las proteínas o compuestos nitrogenados que conforman las diferentes fracciones del sistema **CNCPS** y la degradabilidad en rumen y digestibilidad intestinal de las mismas se muestran en la figura 1 y 2

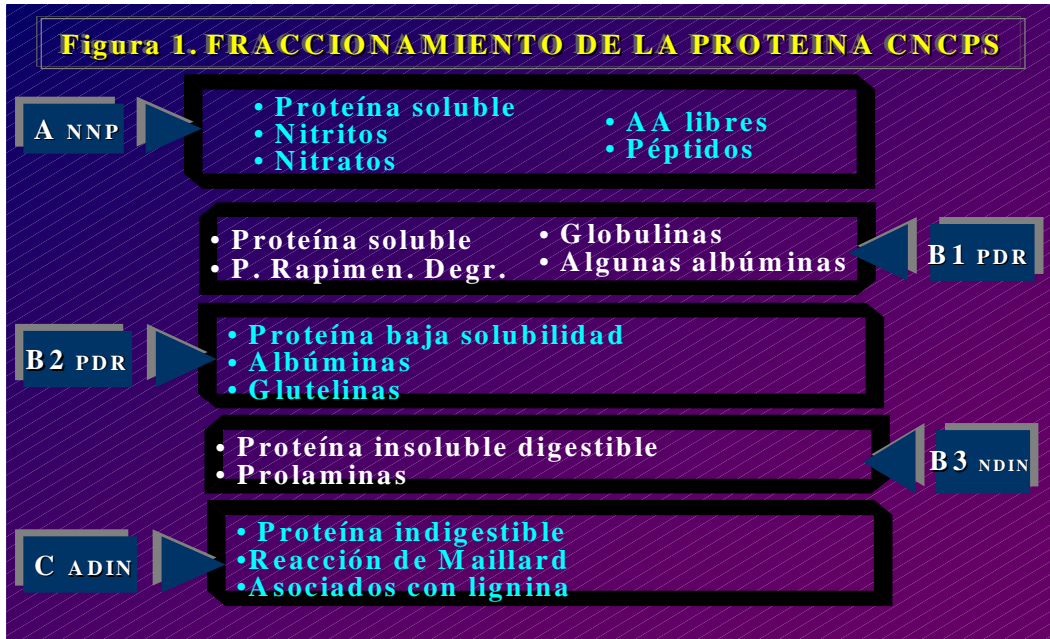


Figura 2. DEGRADABILIDAD Y DIGESTIBILIDAD DE LAS FRACCIONES PROTEICAS

Fracción	Degradabilidad Ruminal (%/hr)	Digestibilidad Intestinal (%)
A	Instantáneamente	-----
B1	200-300	100
B2	5 -15	100
B3	1 – 1.5	80
C	0	0

Fraccionamiento de la proteína de los recursos arbóreos

Con el objeto de conocer el valor nutricional de los recursos arbóreos e incorporarlos en sistemas de alimentación de bovinos se desarrolló a 29 especies de arbóreas multipropósito de la Costa Caribe Colombiana el fraccionamiento de la proteína y de los carbohidratos, según la metodología de Licitra y col 1993, muchas de las especies están presentes en toda la zona del bosque seco tropical Colombiano, las de mayor utilización como forraje se encuentran en la siguiente tabla.

Nombre Común	Nombre Científico
• Caranganito	• <i>Senna atomaria</i>
• Trupillo	• <i>Prosopis juliflora</i>
• Uvito	• <i>Cordia dentata</i>
• Totumo	• <i>Crescentia cujete</i>
• Orejero	• <i>Enterolobium cyclocarpum</i>
• Mora	• <i>Morus tinctoria</i>
• Polvillo	• <i>Tabebuia chrysantha</i>
• Vainillo	• <i>Planifolia andre</i>
• Peralejo	• <i>Curatella americana</i>
• Guasimo	• <i>Guasuma ulmifolia</i>
• Sietecueros	• <i>Trilobium cyclocarpum</i>
• Gallinero	• <i>Pithecellobium sp</i>
• Jobo	• <i>Spondias mombin</i>
• Divi-divi	• <i>Libidivia coriaria</i>

Adicionalmente, se compararon los resultados del fraccionamiento de la proteína según Cornell y el procedimiento de tres pasos desarrollado por Calsamiglia y Stern en 1995 de la técnica *in vitro* para estimar la digestión intestinal de proteínas en rumiantes y validado por Abadía B y Pérez, A. (2001). Esta metodología tiene ventajas sobre las mediciones *in vivo*, puesto que no requiere que los animales sean quirúrgicamente preparados con cánulas en el abomaso o duodeno e íleo, y manejarlo durante toda la fase de evaluación lo cual es costoso y dispendioso. La comparación de las técnicas se realizó con follaje de *Gliricidia sepium*, *Leucaena Leucocephala* (Leu), semilla de algodón y torta de soya.

Dado que la digestión de la proteína que abandona el rumen puede ser diferente del de la proteína original en el alimento, la metodología utilizada cuantifica diferentes fracciones: la proteína ingerida que no se degrada en el rumen llamada también proteína sobrepasante (**RUP** por sus siglas en inglés), la proteína que fue degradada en el intestino con respecto al valor de la proteína que quedó de la incubación ruminal (**ID**) y la proteína que fue degradada en el intestino con respecto a el valor de la proteína cruda inicial (**IADP**), simulándose a nivel de

laboratorio los procesos digestivos que se llevan a cabo en el animal, la (**IADP**), se asemeja dentro del sistema de Cornell a la fracción **B3**

Para realizar la cuantificación de la fracción proteica digerida en intestino la técnica desarrolla tres pasos

1. Incubación ruminal: Las muestras se secan y se muelen a un tamaño de partícula de 2 mm de la cual se pesa aproximadamente 3 g de alimento de en un bolsa de Nylon de 17 x 9 cm; esta se suspende en el rumen durante 16 h. Después del periodo de incubación se lavan las bolsas y se secan en un horno a 55°C durante 48 h. Se remueve el contenido de cada bolsa y se cuantifica la proteína por el método Micro- Kjeldahl (AOAC, 1995).

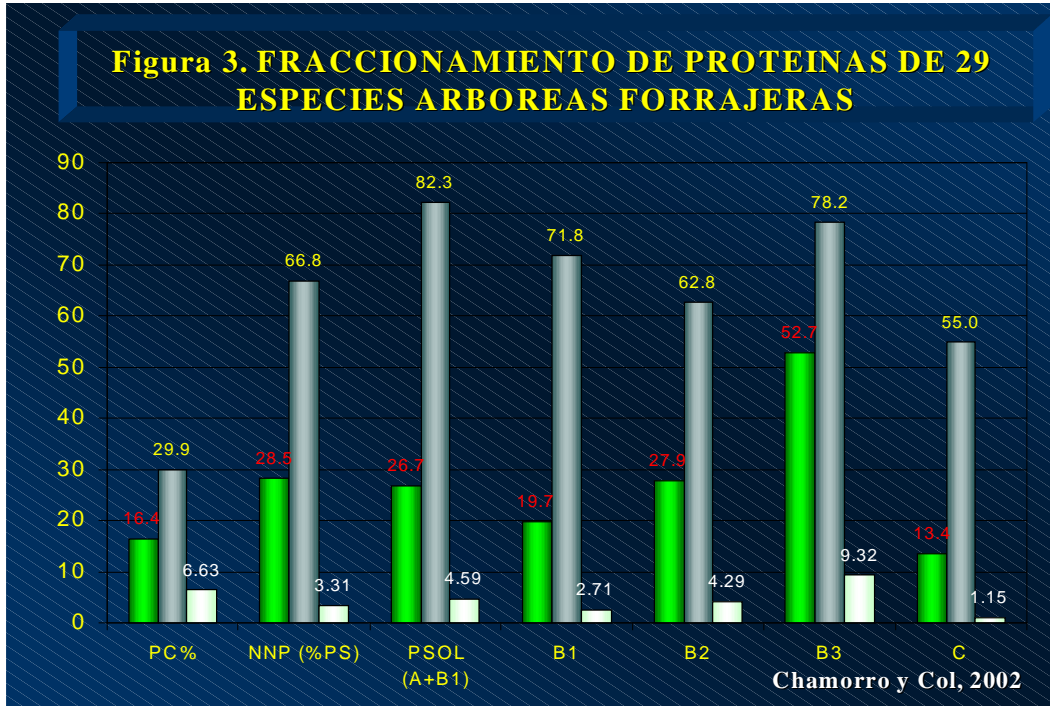
2. Digestión enzimática Abomasal: En un tubo de centrifuga se pesa una muestra de alimento que haya sufrido fermentación ruminal y que provea al menos unos 15 mg de nitrógeno residual. Se adicionan 10 ml de solución de HCl 0.1 N a pH 1.9 que contenga 1g/l de Pepsina (Sigma P- 7012), y se mezcla por vortex. La muestra se incuba durante 1 h a 38°C en baño de maría con agitación; después de la incubación se adiciona 0.5 ml de NaOH 1 N.

3. Digestión enzimática Intestinal: Al residuo obtenido en el paso 2, se le adiciona 13.5 ml de Buffer Pancreatina (0.5 M KH_2PO_4 de buffer estandarizado a pH 7.8 que contiene 50 ppm de Timol y 3g/l de Pancreatina (Sigma P-7545)) y mezclar, Incubar durante 24 h a 38°C en un baño de maría con agitación mezclando cada 8 h aproximadamente. Adicionar 15 ml de TCA al 10% para precipitar las proteínas sin digerir, mezclar e incubar a temperatura ambiente durante 15 minutos, se centrifuga 7500 rpm durante 15 minutos y cuantifique el sobrenadante para proteínas por Micro-Kjeldahl (AOAC, 1995). (Abadía B y Pérez, A. 2001)

Fracciones Proteicas de las Especies Arbóreas Seleccionadas

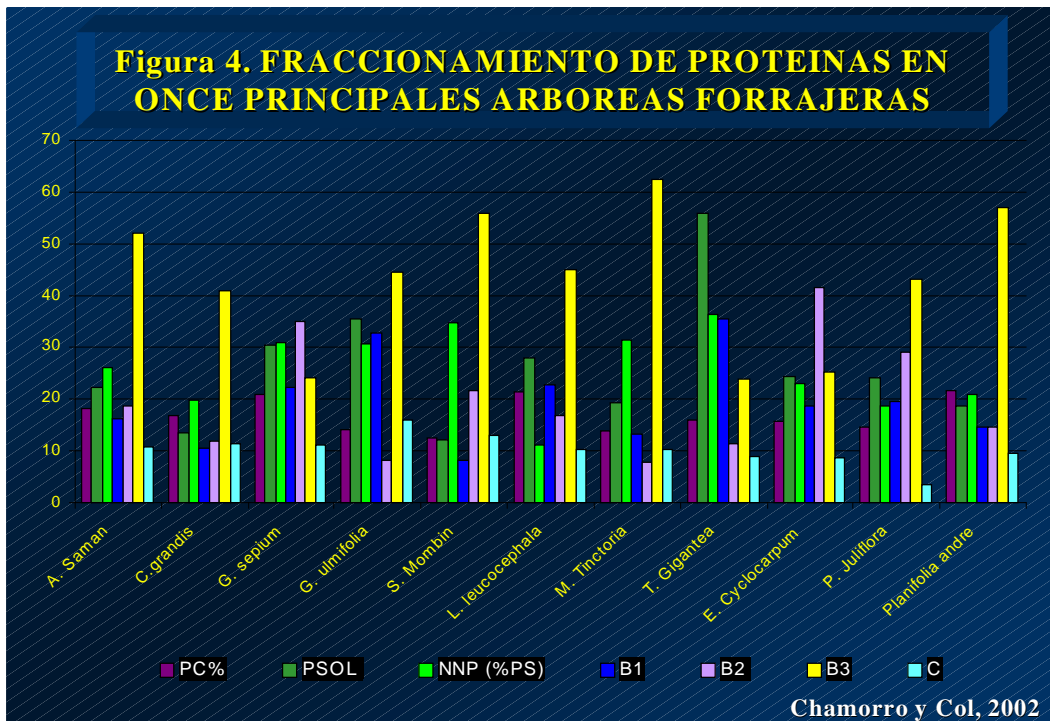
La comparación entre las fracciones de 29 recursos arbóreas usados en algún momento del año en la Región Caribe como forrajes, se pude ver en la figura 3. En ella se indican los promedios el máximo y el mínimo valor, observándose valores contrastantes en la mayoría de las fracciones.

Figura 3. FRACCIONAMIENTO DE PROTEINAS DE 29 ESPECIES ARBOREAS FORRAJERAS



En este artículo haremos la comparación y análisis de las once especies más utilizadas en los sistemas de producción de bovinos y de las cuales tenemos un número representativo de análisis de fraccionamiento en el laboratorio, almacenados en la base de datos del programa de fisiología y nutrición animal de Corpoica Figura 4.

Figura 4. FRACCIONAMIENTO DE PROTEINAS EN ONCE PRINCIPALES ARBOREAS FORRAJERAS



Los valores de la PC inicial para todas las especies están en un rango aceptable a los reportados en la literatura (Flores, 1975; ICA, 1974; Cheftel, 1989; J. Bernal, 1994; Chamorro et al., 1998). El mayor valor fue de 21.60%, el menor de 12.58% para un promedio de 16.92%.

Se destacan las especies *Planifolia andre* (Vainillo) con 21.60%; 98 *L.leucocephala*. con 21.50% *Gliricia sepium* con un valor de 20.98%. En el fracción de la proteína soluble se presentaron valores que fluctuaron entre 12.25 y 55.9%, con una media de 25.87%, en esta fracción las especie *T. gigantea* presento los valores más altos 55.9%, seguido de *Guazuma ulmifolia* (35.52%), los valores mas bajos los presentó *S. Mombin* (Jobo) con un valor de 12.58%.

Las especies de mayores contenidos de **NNP** fracción **A** fueron *T. gigantea* con un valor de 36.37% seguida de *Spondias mombin* (34.75%), en esta fracción se presento un promedio de 25.77%

La fracción **B1**, proteína verdadera soluble se presentaron unos rangos de 8.07 a 35.56%, con un promedio de 19.52%, los mayores valores los reporto la especie *T. gigantea* 35.56%, seguido de *Guazuma ulmifolia* (32.95%), en la fracción **B2** la especie de mayores niveles de proteína lentamente degradable fue *E. cyclocarpum* con un valor de 41.60%, superando al *G. sepium* con 34.95%, seguramente estos valores están asociados con niveles bajos de taninos, que le permite a la fracción proteica mayor permanencia en el rumen. La proteína que se degrada lentamente proporciona aminoácidos y peptidos para el crecimiento microbial y actúa como fuente de nutrientes sobrepasantes.

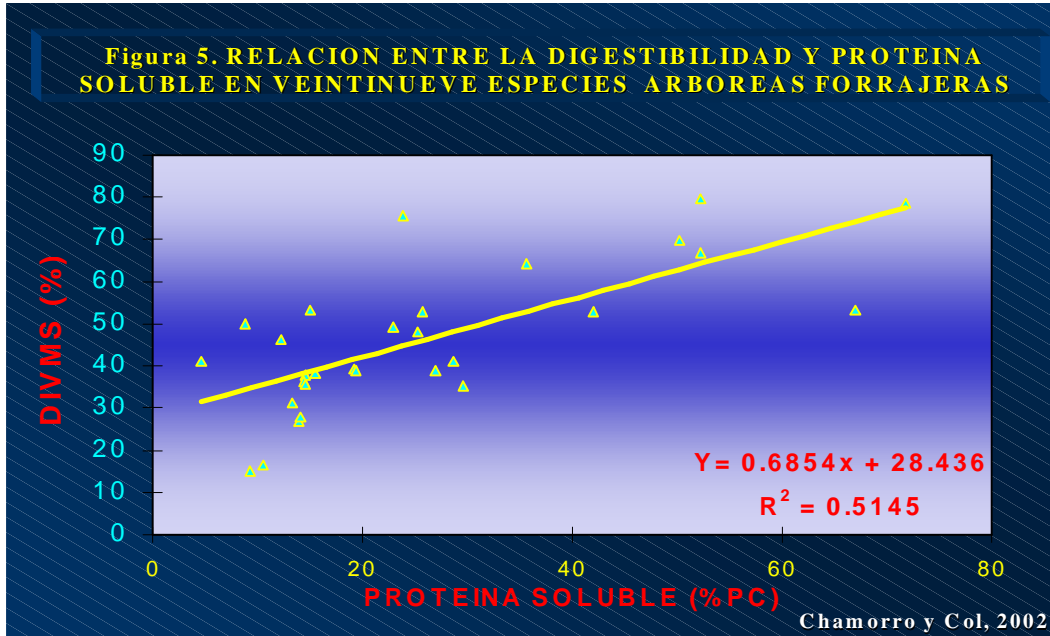
Una de las fracciones de mayor importancia es la fracción **B3** o proteína de paso, en esta fracción el valor mayor lo presentaron las especies *Morus tinctoria* con un valor de 62.47% y *Planifolia andre* con un porcentaje del 57.06%, esta fracción esta muy ligada a los niveles de taninos en el follaje, los menores valores los presento *T. gigantea* 23.8%, el promedio de las especies fue de 43.10%, indicando que existe una gran oportunidad de utilizar estas fuentes de proteína protegida como suplementos para animales de alta producción.

La fracción que no se utiliza en ningún compartimiento del tracto gastro intestinal es la fracción C, en esta los valores de las especies fluctuaron entre 3.55 y 15.9%, los menores valores los reportaron las especies *P. juliflora* con un valor de 3.55%, seguido de *T. gigantea* y *E. cyclocarpum* con promedios de 8.81 y 8.83 respectivamente

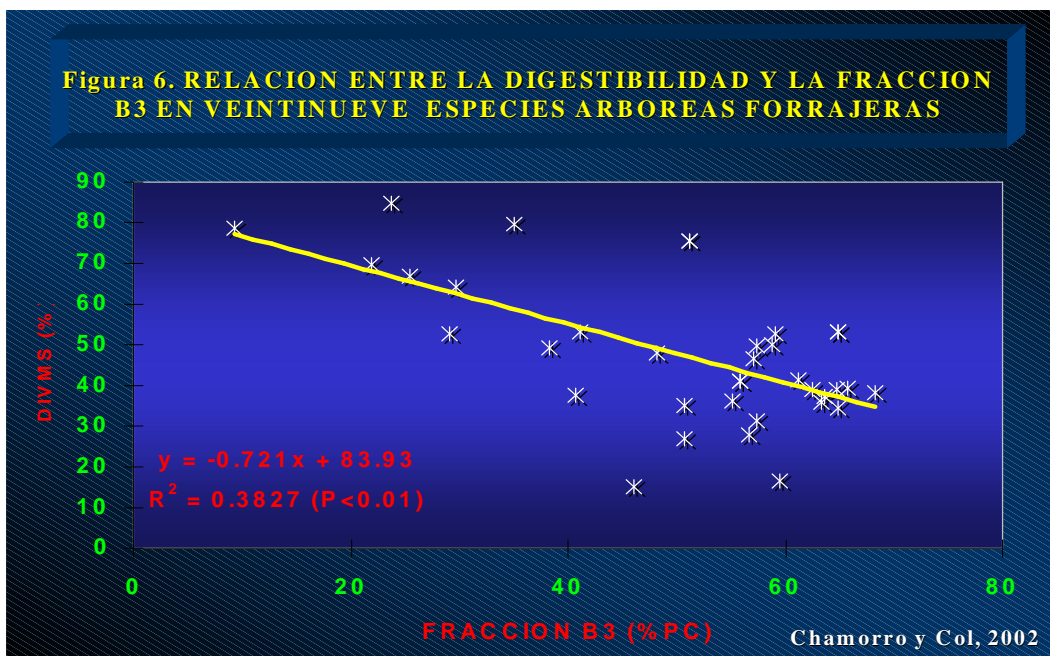
Relación Entre La Digestibilidad Y Las Fracciones Proteicas En Recursos Arbóreos.

Una de las variables más importantes en la caracterización de recursos alimenticios y en la predicción de respuesta animal es la digestibilidad in vitro de la materia seca (**DIVMS**), en esta investigación encontramos que existe una

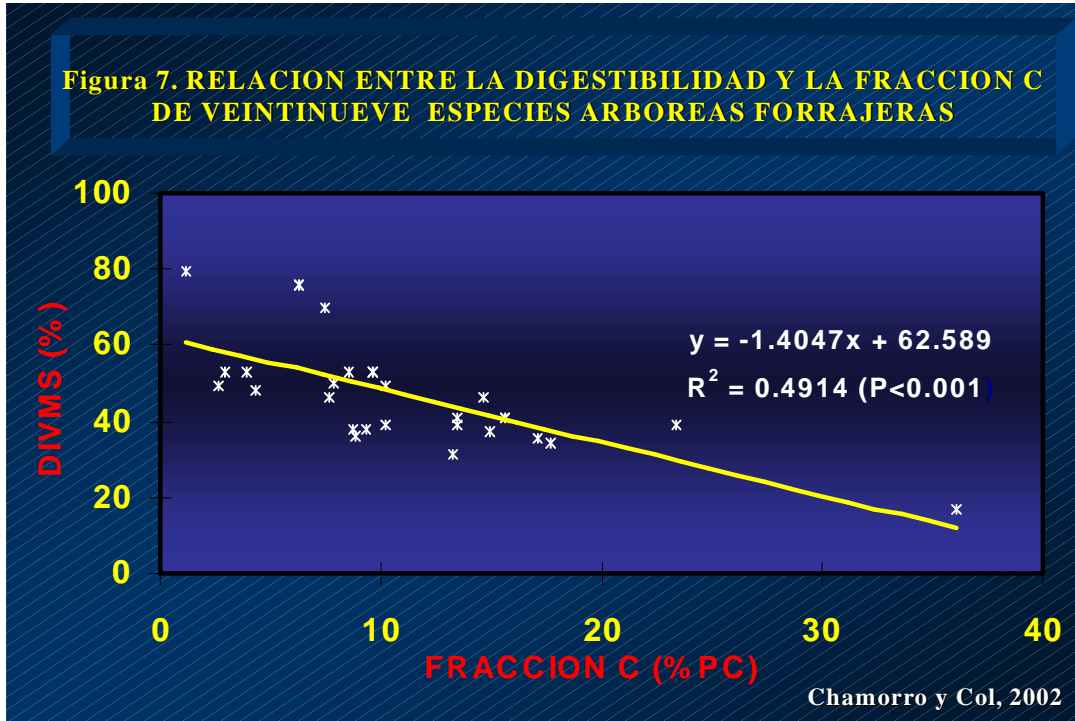
relación lineal muy estrecha entre la fracción soluble y la **DIVMS** (figura 5), esta es explicada en un 51.4% por la fracción soluble ($P < 0.001$), presentando la ecuación: $y = 0.6854x + 28.436$.



Cuando se relaciona la fracción **B3** con la **DIVMS**, se reporto que existe una relación lineal y el porcentaje de la fracción **B3**, explica en un 38% la respuesta en la **DIVMS** en las 29 especies analizadas con la ecuación: $y = -0.721x + 83.93$ según Figura 6.



En esta investigación la fracción C define en un 49% la **DIVMS**, $R^2 = 0.4914$ ($P < 0.001$) en las 29 especies analizadas con la ecuación: $y = -0.721x + 83.93$ según Figura 7).



Relación entre la Digestibilidad intestinal de la proteína y la fracción B3 de algunos recursos arbóreos.

Para las especies de arbóreas evaluadas, la protección a la degradación ruminal se puede ver influenciada por los contenidos de taninos que se encuentran recubriendo las moléculas proteicas del forraje y hace que la proteína pueda ser utilizada solo parcialmente por las bacterias existentes en el rumen, actuando como sobrepasante o proteína protegida. Estos compuestos son muy resistentes a la acción enzimática con la consiguiente disminución de la digestibilidad de la proteína, inhibiendo la hidrólisis de los enlaces peptídicos y disminuyendo la disponibilidad de aminoácidos (Fenema, 2000), adicionalmente el proceso de secado de la muestra puede incrementar el porcentaje de proteína de paso. Leucaena tuvo absorción intestinal de proteína o IADP con un valor promedio de 34.59% con respecto a la PC inicial, coincidiendo con los valores de B3 reportados por Cornell de 33.9%, y lo encontrado en este estudio de 44.97%, al parecer el efecto del ambiente influye el fraccionamiento de la proteína así como las partes de la planta a la cual se realizó el análisis.

Con relación a los valores de B3 y IADP en *G. sepium* fluctuaron más que en *L.leucocephala*, los valores de B3 reportados por Cornell son de 25.4% y los valores de IADP fueron de 44.58%, en este estudio se reporto un valor de 24.01%.

Es claro que las leguminosas arbóreas pueden ofrecer una solución a bajo costo para proporcionar proteína sobrepasante, adicionalmente las especies evaluadas son altamente productiva y son recursos perennes. En la mayoría de las situaciones en nuestro país la ventaja de utilización de proteína protegida naturalmente se relacionan con la mayor eficiencia en la utilización de nutrientes absorbidos y fundamentalmente el incremento en el consumo voluntario de materia seca.

CONCLUSIONES

- Las fracciones de proteína difieren notoriamente entre especies arbóreas, dándoles ventajas comparativas de acuerdo con su utilización.
- La mayoría de las especies arbóreas leguminosas utilizadas en la Costa Caribe presentan niveles altos de proteína de paso condición que se debe utilizar en procesos de formulación y suplementación.
- Existe una estrecha relación entre las fracciones de proteína soluble (**A + B1**), proteína de paso (**B3**) y proteína indigerible (**C**) con la **DIVMS**.
- El valor de **IADP** obtenido en la evaluación de las especies puede ser usado como un criterio para seleccionar fuentes de proteína para rumiantes
- Los valores de **IADP** de los recursos arbóreos evaluados son muy similares a los porcentajes de la fracción **B3** del **CNCPS**.
- El valor de **IADP** y la fracción **B3** provee un índice de calidad de los suplementos proteicos como fuentes de proteína sobrepasante en el rumen.
- Debido a que la degradación de la proteína es afectada por la variación de la degradación ruminal y el tipo de alimento a la vez, los valores que se obtengan de mediciones simultáneas, es decir, aplicando este procedimiento de tres pasos, son datos más confiables que tomar un factor constante de degradación ruminal para calcular el valor de **IADP**.
- El uso de valores de digestión intestinal proteica en combinación con valores de degradación proteica en el rumen suministra valores de proteína intestinalmente absorbida. Estos datos son útiles para el control de calidad de proteínas procesadas y para determinar valores de suplementación proteica en rumiantes.

BIBLIOGRAFÍA

1. AOAC. 1995. Official Methods of Analysis (15 Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
2. Atkinson, J., Y Carpenter. 1970. Nutritive value of meat meal: II. Possible growth depressant factors. J. Sci. Food Agric. 21:266.
3. Belrán Juan Carlos. 1992 Efecto de la suplementación con orejero (*Enterolobium Cyclocarpum*) sobre el funcionamiento ruminal, tesis Corporación Universitaria de ciencias Agropecuarias, facuLad de medicina veterinaria Pág. 151-247
4. BERNAL, Javier. 1994. Pastos y forrajes tropicales, producción y manejo. Tercera edición. P 544.
5. Calsamiglia, S., Stern, M. A Three-Step in vitro procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. En: J Amin. Sci (1995). 73:1459-1465. CORPOICA, 1996. Pasturas tropicales. Memorias del curso. Doc 17638.
6. Cortes Javier Eduardo Y Gutiérrez Eduardo Alberto 1997. Efecto de la reducción de protozoarios ciliados sobre el funcionamiento ruminal de ovinos alimentados con tamo de trigo. Tesis, Universidad de la salle facuLad de zootecnia, Pág. 69-122.
7. Chamorro, Diego. Gallo, Jorge. Arcos, Juan. Vanegas, Miguel., 1998. Gramíneas y Leguminosas, consideraciones agrozootécnicas para ganaderías del trópico Bajo. Boletín de investigación. CORPOICA. Regional 6. Doc. 18405. Capítulo 6.
8. Cheftel. Proteínas alimentarias. Editorial Acribia.
9. Diaz A, Avendano M And Escobar A 1993. Evaluation of *Sapindus saponaria* as a defaunating agent and its effects on different ruminal digestion parameters. Livestock Research for Rural Development, Vol 5, n°2, 4 pags
10. Fenema, O. 2000. Química de los alimentos. Segunda edición. Cap. 3,6,16. Editorial Acribia.
11. FLORES, J. A. 1975. Bromatología animal. Capítulo 9. Editorial Limusa.
12. ICA, 1974. Ingredientes de uso común en Colombia en dietas para monogástricos. Instituto Colombiano Agropecuario. Programa de estudios para graduados. Tibaitatá. Doc 752.

13. Licitra, G., T. M. Hernandez, and P. J. Van Soest. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57:347-358.
14. Navas Alberto, Laredo M. A, Cuesta Aurora, Anzola Hector And Leon J. C 1992. Evaluation of *Enterolobium cyclocarpum* as dietary alternative to eliminate protozoa from the rumen. *Livestock Research for Rural Development*, Vol 4,nº1 4 pag.
15. Abadía B y Pérez, Giovanna. 2001. Cuantificación de la digestibilidad intestinal proteica de diferentes recursos alimenticios para contribuir a las tablas de composición alimenticia para rumiantes. Tesis de grado. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. CORPOICA TIBAITATÁ. Laboratorio de Fisiología y Nutrición animal.
16. Preston T, y Leng R. 1990. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles. Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. *Condit. Colombia*.312 p
17. RUIZ, Manuel. 1990. Nutrición de rumiantes: Guía metodológica de investigación. San José, Costa Rica.
18. Russell, J. B., J. D. O'Connor, D. G. Fox, P. J. Van Soest, and C. J. Sniffen. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. *J. Anim. Sci.* 70:3551-3561.
19. Skurray, G. R., Y L. S. Herbert. 1974. Batch dry rendering: Influence of raw materials and processing conditions on meat meal quality. *J. Sci. Food Agric.* 25:1071.
20. Stock, R., N. R. Merchen, T. Klopfenstein, Y M. Poos. 1981. Feeding value of slowly degraded proteins. *J. Anim. Sci.* 53:1109.
21. Vanhatalo, A. 1995. Assessment of intestinal feed nitrogen digestibility in ruminants by the mobile-bag method. Ph.D. Dissertation. Agric. Res. Center of Finland, Institute of Anim. Prod., Finland.