

## FORESTALES DEL BOSQUE ALTO ANDINO, SU COMPOSICION Y DIGESTIBILIDAD

Patricia Rodríguez Unigarro<sup>1</sup>  
Edmundo Apráez Guerrero<sup>2</sup>

### RESUMEN

El trabajo se realizó en el Centro de Investigación Obonuco de CORPOICA, con el objeto de determinar la composición y degradabilidad de las especies arbóreas: Acacia (*Acacia decurrens willd*), Pichuelo (*Senna pistaciifolia*), Quillotocto (*Tecoma stans*), Sauco (*Sambucus peruviana*) y arbustivas: Colla Blanca (*Verbesina arborea*) y Chilca (*Baccharis litifolia*) mediante pruebas de degradabilidad «in situ».

Se utilizaron cuatro animales fistulados de la raza Holstein, en cada uno se colocaron bolsas con muestras de las especies a investigar, los cuales se sometieron a diferentes tiempos de incubación (0,6,12,24,48,72 y 96 horas). Los análisis posteriores se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad de Nariño.

Los análisis bromatológicos mostraron mayor contenido de proteína para Colla blanca (25,06%), Chilca (24,25%), Sauco (22,67%) y menores para Acacia (17,02%), Pichuelo (14,16%) y Quillotocto (12,52%). En cuanto al contenido de Fibra Detergente Ácida (FDA) los valores más altos expresados en porcentaje correspondieron a: Chilca (43,88), Colla (37,14), Quillotocto (35,26), Acacia (31,27) y Pichuelo (30,81), la arbustiva con menor contenido de FDA fue el Sauco (21,59). Los contenidos energéticos más altos, expresados como energía digestible (ED) en Mcal/kg, correspondieron a: Sauco (2,84), Chilca (2,80) y Acacia (2,61); presentaron menores valores: Colla (2,55), Pichuelo (2,51) y Quillotocto (2,41).

La degradabilidad «in situ» de la materia seca (MS) a las 48 horas (punto de inflexión), según el análisis de correlación reveló un marcado efecto del nivel proteico (0,7159) sobre éste parámetro, más que el contenido energético (0,4174).

\* Profesor Hora Cátedra. Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño. Pasto. Colombia

\*\* Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño. Pasto. Colombia

196-144

De la misma manera, el porcentaje de proteína (0,8319) más que el de energía (0,5628), mostró marcado efecto sobre los coeficientes de digestibilidad de los prótidos.

También la fracción nitrogenada presentó un alto índice de correlación (0,7727) sobre la digestibilidad de la fracción fibrosa de los forrajes evaluados. En términos generales, el efecto de la FDA sobre la digestibilidad de los diferentes componentes no es clara, según el análisis de correlación realizado.

Del análisis anterior se concluye que el nivel de nitrógeno tiene un papel mucho más preponderante sobre la digestión de los diferentes constituyentes del forraje.

## INTRODUCCION

La utilización de especies arbóreas y arbustivas, como suplemento de dietas basadas en pastos se perfila como una opción de gran potencial para la alimentación de especies herbívoras. Teniendo en cuenta que más del 50% de los costos totales de una explotación ganadera lo constituye la alimentación, es importante adoptar sistemas de suplementación que reduzcan este rubro. Más aún, si se tiene presente que los valores nutricionales de los pastos utilizados en forma tradicional en la alimentación animal, son superados algunas veces por el follaje de árboles.

Lo anterior es corroborado por Esquivel *et al*, citado por Camero (1995) en un trabajo de investigación con árboles forrajeros, mostró que el follaje de numerosas especies de árboles y arbustos puede mejorar la calidad de las dietas utilizadas en alimentación animal. El contenido en proteína cruda de este follaje generalmente duplica o triplica el de los pastos y en varios casos el contenido energético es también superior, llegando a compararse incluso con el de los concentrados comerciales.

Sin embargo, la digestión y posible aprovechamiento de los nutrientes aportados por éstas especies es desconocido y puede verse afectado, entre otros, por el contenido de fibra, la actividad de la población microbiana del rumen, presencia de antinutricionales, etc.

La relación simbiótica que existe entre el rumiante y la población microbiana que vive en el rumen permite la supervivencia de ambos; el rumiante proporciona las condiciones (alimento, condiciones físicas y bioquímicas) para que los microorganismos puedan crecer, desarrollarse y multiplicarse, a su vez, ellos le proporcionan productos de fermentación necesarios para su subsistencia. Los microorganismos que predominan en la cavidad ruminal son: bacterias que trabajan sobre uno o varios sustratos (celulolíticas, hemicelulolíticas, pectinolíticas, amilolíticas, las que utilizan azúcares simples, ácidos intermedios, proteolíticas, lipolíticas, productoras de amonio, productoras de metano, etc.), protozoarios (ciliados, flagelados) y hongos anaerobios (Church y Pond, 1988).

Los mismos autores, afirman que la información sobre la digestibilidad se utiliza en forma muy extensa en la nutrición de los animales, para evaluar los alimentos o estudiar la utilización de los nutrimentos. La digestibilidad es muy variable, en otras palabras, el mismo alimento que se le proporciona al mismo animal, no siempre se digiere en la misma cantidad. Varios factores pueden alterar el grado de digestión, dentro de los cuales se encuentran el nivel de consumo del alimento, los trastornos digestivos, la frecuencia de la alimentación, las deficiencias de nutrimentos, el procesamiento del alimento y otros efectos que se relacionan con los nutrientes (efectos no aditivos de la combinación de diferentes alimentos).

Los dos métodos de mayor uso para la determinación de la tasa y cuantía de la digestión en el rumen son:

\* Fermentación "in vitro". Apréaz (1992) reporta que ésta técnica consiste, en incubar microbios ruminales en un cultivo continuo o discontinuo con un alimento, fármaco o componente de comprobación.

El mismo autor manifiesta que, el procedimiento "in vitro" más usual es la incubación por lotes descrito por Tilley y Terry. El alimento a comprobar es fermentado primero con fluido ruminal tamponado durante 24 a 48 horas y en segundo lugar con una mezcla de pepsina-HCl para solubilizar la proteína. Se determina la desaparición total del alimento. Este procedimiento se usa comúnmente en los sistemas de valoración de forrajes para evaluar la digestibilidad.

\* Fermentación "in situ". Church (1.996) afirma que el material a estudiar se introduce en una bolsa de polyester con pequeños poros. Esta bolsa se suspende en el rumen durante periodos determinados de tiempo. Microbios, líquidos y productos finales de la digestión entran y salen a través de los poros. El material que desaparece de la bolsa se considera que ha sido digerido. Los resultados se hallan sometidos a errores tanto por entrada como por salida, porque algunos componentes solubles y partículas pequeñas pueden abandonar la bolsa sin ser digeridos y microorganismos pueden entrar en la bolsa durante la fermentación. Sin embargo, la digestibilidad de los forrajes y las fuentes de proteína pueden ser determinadas rápidamente "in situ".

La acción microbiana "in situ" se asemeja mucho a la fermentación ruminal y se evitan las amplias oscilaciones en los tipos microbianos que pueden presentarse en los sistemas de cultivo discontinuo.

Basados en las anteriores consideraciones, se vio la importancia de evaluar la degradabilidad ruminal y características nutricionales de Acacia (*Acacia decurrens Willd*), Colla Blanca (*Verbesina arborea*), Pichuelo (*Senna pistaciifolia*), Quillotocto (*Tecoma stans*), Chilca (*Baccharis litifolia*) y Sauco (*Sambucus peruviana*) (Tabla 1); y despertar el interés para futuros trabajos en la búsqueda de especies promisorias o en la formulación de raciones con diferentes niveles de éstos materiales en las distintas etapas de desarrollo del animal.

Tabla 1. Clasificación botánica de las especies arbóreas investigadas

	Acacia Negra	Sauco	Quillotocto	Chilca	Colla blanca	Pichuelo
Clase	Dicotiledóneas	Dicotiledóneas	Dicotiledóneas	Dicotiledóneas	Dicotiledóneas	Dicotiledóneas
Subclase	Arquiclámidea	Metaclamidea	Metaclamidea	Metaclamidea	Metaclamidea	Arquiclámideas
Orden	Mimosáceas	Rubiales	Tubifloras	Campanulada	Asterales	Fabales
Familia	Leguminosas	Caprifoliaceae	Bignoniaceae	Compositae	Asteraceae	Caesalpiniceae
Género	<i>Acacia</i>	<i>Sambucus</i>	<i>Tecoma</i>	<i>Baccharis</i>	<i>Verbesina</i>	<i>Senna</i>
Especie	<i>decurrens Willd</i>	<i>peruviana</i>	<i>stans</i>	<i>litifolia</i>	<i>arborea</i>	<i>pistaciifolia</i>

## METODOLOGIA

El presente trabajo se desarrolló, en el Centro de Investigación Obonuco de CORPOICA del municipio de Pasto, departamento de Nariño, a una altura de 2.710 msnm con una precipitación anual de 840 mm, temperatura promedio de 12,31 °C y una humedad relativa de 87,45%.<sup>1</sup>

El follaje se recolectó en el C.I de Obonuco y se evaluó en el Laboratorio de Nutrición Animal, de la Universidad de Nariño.

Para determinar la prueba de «digestibilidad in situ», se trabajó con cuatro hembras de la raza Holstein, con edades comprendidas entre los dos y cuatro años, con un peso promedio de 420 kilogramos, provistas de cánula ruminal tipo T simple elaborada en acrílico, con un diámetro de cuatro pulgadas y tapa en fibra.

Los animales permanecieron semiestabulados, para lo cual se alojaron en corrales individuales de dos por tres metros, con piso, paredes y comedero en cemento, cada habitáculo provisto de bebedero automático.

Durante el tiempo que se realizó el trabajo de campo (prueba de aceptabilidad y digestibilidad «in situ»), los animales pastorearon praderas de Aubade (*Lolium perenne*)

El follaje recolectado (partes tiernas y tallos menores de 4 mm) se secó en la estufa a una temperatura de 60 grados centígrados por 48 horas, una vez seco se maceró y colocó en frascos rotulados, para su posterior análisis.

Las muestras de follaje se valoraron en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad de Nariño; se realizó el análisis proximal de Weende (materia seca, materia orgánica, nitrógeno). Fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA), celulosa, hemicelulosa y lignina por Van Soest.

**Prueba de degradabilidad.** Los animales fistulados se sometieron a un periodo de adaptación de cinco días al consumo de follaje, esto con el fin de acondicionar la microflora ruminal al sustrato en estudio.

La degradabilidad «in situ» de la MS, proteína cruda, y FDA se determinó por el método de la bolsa de nylon descrito por Orskov (1.982) y su valoración se hizo en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad de Nariño.

En cada animal fistulado se colocaron las bolsas, que de acuerdo a la muestra, se organizaron y amarraron a cuerdas de fibra sintética de diferentes colores para facilitar la identificación de la especie arbórea, la longitud de ésta fue tal que permitió el movimiento libre de las muestras en el medio líquido y sólido del rumen y su aseguramiento a la tapa de la cánula.

**Análisis estadístico.** Una vez obtenidos los datos de composición bromatológica y de degradación ruminal de cada especie arbórea, se realizó la prueba de correlación entre las fracciones: proteína, FDA y energía con sus correspondientes coeficientes de digestibilidad.

## RESULTADOS Y DISCUSION

**Composición bromatológica.** La composición bromatológica del follaje de Acacia (*Acacia decurrens Willd*), Chilca (*Baccharis litifolia*), Colla Blanca (*Verbesina arborea*), Pichuelo (*Senna pistaciifolia*), Quillotocto (*Tecoma stans*) y Sauco (*Sambucus peruviana*), se presenta en la Tabla 2.

Con relación a los contenidos de proteína, el mayor porcentaje lo presentó Colla blanca (25,06%), Chilca (24,25%) y Sauco (22,67%) lo cual corrobora lo investigado por Esquivel (1.996), quien afirma que el contenido de proteína cruda de algunos follajes de arbóreas, es superior a la de los forrajes.

1. Centro de Investigación Obonuco. CORPOICA. Observatorio Meteorológico. Febrero de 1999.

Los rangos de la fracción proteica de las especies arbóreas y arbustivas, se encontraron entre 13,06 y 26,06% lo cual concuerda con Medrano (1998) que encontró concentraciones de proteína cruda entre 13 y 33,3% para 13 arbóreas de clima cálido recolectadas en diferentes sitios.

La concentración de proteína cruda fue mayor para Colla, Chilca y Sauco, ya que superó el 22%; los menores contenidos fueron para las leguminosas Acacia, Pichuelo y Quillotocto con 17,75, 14,63, y 13,06% respectivamente.

Estos datos difieren de los valores encontrados por Florez, *et al* (1998) quienes encontraron que las especies leguminosas obtuvieron porcentajes de proteína superiores al 20%.

Al comparar los contenidos de proteína con otros forrajes se deduce que Colla, Chilca y Sauco superan a algunas gramíneas tetraploides como: Raigras 19,88%, Tetralite 20,80% y Aubade 21,31%; a las leguminosas Trébol blanco (*Trifolium repens L.*) 18,9% y Trébol rojo (*Trifolium pratense L.*) 16,1%, y tienen valores más altos o similares a los contenidos proteicos de la Alfalfa (*Medicago sativa L.*) en prefloración (25,3%) (Bernal, 1.988).

Los valores de proteína para Acacia (17,02%), Pichuelo (14,16%) y Quillotocto (12,52%) son mayores a los presentados por los forrajes de maíz (*Zea mays L.*) en estado lechoso (8,8), avena (*Avena sativa L.*) en estado lechoso (6,7), cebada (*Hordeum vulgare L.*) cosechada a 12 semanas (11,3) y trigo (*Triticum aestivum L.*) cosechado a 23 semanas (8,6%) (Bernal, 1.988).

La FDA contiene celulosa y lignina, se diferencia con la FDN en el contenido de hemicelulosa; las especies con mayor porcentaje de FDA fueron Chilca (43,88), Colla (37,14) y Quillotocto (35,26) y las de menor contenido de FDA fueron Acacia (31,27) y Pichuelo (30,81) y Sauco (21,59).

Tabla 2. Composición bromatológica, de seis arbóreas y arbustivas del trópico alto

Arbóreas	Replicas	Proteína (%)	FDA (%)	ED (Mcal/kg.)	CDMS (%)	CDPROT (%)	CDFDA (%)
Acacia	1	17.75	30.61	2.61	41.39	25.65	0.00
	2	16.68	32.9	2.61	39.64	19.72	0.00
	3	16.63	30.31	2.61	43.9	23.21	0.00
Promedio		17.02	31.27	2.61	41.64	22.86	0.00
Pichuelo	1	14.63	30.56	2.51	65	53.35	42.07
	2	13.69	35.02	2.51	63.49	51.29	39.48
	3	14.16	26.86	2.51	63.51	51.32	39.52
Promedio		14.16	30.81	2.51	64.00	51.99	40.36
Quillotocto	1	13.06	35.32	2.41	58.74	37.72	27.82
	2	12.25	40	2.41	59.05	38.21	28.39
	3	12.25	30.47	2.41	55.83	33.15	22.47
Promedio		12.52	35.26	2.41	57.87	36.36	26.23
Colla	1	26.06	40.05	2.55	84.99	88.12	83.15
	2	24.06	38.56	2.55	85.9	88.74	84.22
	3	25.06	32.8	2.55	82.89	86.59	85.95
Promedio		25.06	37.14	2.55	84.59	87.82	84.44
Chilca	1	25.06	42.36	2.8	75.47	78.45	73.25
	2	23.44	41.3	2.8	70.25	79.14	74.12
	3	24.25	47.98	2.8	72.52	75.92	70
Promedio		24.25	43.88	2.80	72.75	77.84	72.46
Sauco	1	23.81	17.28	2.84	82.76	84.93	56.68
	2	22.06	25.9	2.84	82.39	84.66	55.25
	3	22.13	21.59	2.84	82.79	84.93	57.01
Promedio		22.67	21.59	2.84	82.65	84.84	56.31

Laboratorio de Nutrición Animal, Universidad de Nariño (1999)

FDA: Fibra detergente ácida

ED: Energía digestible

CDMS: Coeficiente de digestibilidad de la materia seca

CDPROT: Coeficiente de digestibilidad de la proteína

CDFDA: Coeficiente de digestibilidad de la fibra detergente ácida

Al descartar las pérdidas energéticas en heces, se estableció que los contenidos de energía digestible (ED) fueron apreciables para éstas arbóreas, fluctuando entre 2,41 y 2,84 Mcal/kg; sin embargo, hay que tener en cuenta que durante la digestión de los alimentos, se suceden otras pérdidas en orina e incremento calórico.

Sauco, Colla y Acacia superaron la energía digestible de : Alfalfa en prefloración (2,50 Mcal/kg), Trébol blanco (2,59) y Trébol rojo (2,54) pastoreados a 45 días; todas las especies arbóreas presentaron mayores contenidos de energía digestible que algunas gramíneas como: Kikuyo pastoreado a los 60 días (2,38), Triticale a los 90 días (2,57), Raigras Manawa a los 45 días (2,49) y Maíz verde (2,22 Mcal/kg), información recolectada por Laredo (1988).

**Coefficiente de digestibilidad.** El análisis de correlación, (Tabla 3) reveló, con alta probabilidad que el contenido proteico de las arbóreas y arbustivas es definitivo sobre los coeficientes de digestibilidad de la materia seca (CDMS) (0,7159), proteína (CDPROT) (0,8319) y Fibra Detergente Ácida (CDFDA) (0,7727) de los mismo forrajes.

Según Orskov (1.982), la fuente más importante de nitrógeno para los microorganismos ruminales procede normalmente de la proteína de la ración y del nitrógeno no proteico (NNP). La microflora ruminal es altamente proteolítica, por lo que gran parte de la proteína que llega al rumen es degradada hasta péptidos y aminoácidos, la mayoría de los cuales son desaminados posteriormente hasta amoníaco, el cual es utilizado en la síntesis de proteína microbial. El aporte energético a los microorganismos ruminales incide en la degradación de la proteína, durante la digestión de ésta se libera amoníaco el cual es utilizado para la síntesis de proteína microbial, es decir es usado para el crecimiento, desarrollo y multiplicación de la microbiota ruminal (Church, 1.996).

Por tanto se puede esperar que a mayor síntesis de proteína microbial a partir de amoníaco, aumentará la población microbiana en rumen y por tanto la tasa de degradación de las fracciones de materia seca, proteína y FDA. No se detectó una correlación estrecha del contenido energético sobre la degradabilidad de las mismas fracciones CDMS (0,4174), CDPROT (0,5628) y CDFDA (0,3654).

Las fuentes de energía que utilizan los microorganismos ruminales, pueden provenir de carbohidratos solubles, carbohidratos no estructurales, extracto etéreo y proteína; la gran variedad de fuentes, así como la variación en la disponibilidad de energía, probablemente inciden en la utilización de una fuente o de otra (carbohidratos solubles, carbohidratos no estructurales, extracto etéreo y proteína) por parte de los microorganismos.

Lo anterior está corroborado por Orskov (1.982), quien afirma que los microorganismos proteolíticos, pueden obtener energía de la degradación de proteínas, por lo que su degradación se lleva a cabo en la mayor extensión posible.

Tabla 3. Coeficiente de correlación múltiple de las variables proteína, FDA, ED, CDMS, CDPROT y CDFDA.

	Proteína	FDA	ED	CDMS	CDPROT	CDFDA
<b>Proteína</b>	1.00000 0.0	0.16313 0.5178	0.70468 0.0011	0.71596 0.0008	0.83192 0.0001	0.77270 0.0002
<b>FDA</b>	0.16313 0.5178	1.00000 0.0	(-) 0.15323 0.5438	(-) 0.01106 0.9653	0.05074 0.8415	0.29283 0.2383
<b>ED</b>	0.70468 0.0011	(-) 0.15323 0.5438	1.00000 0.0	0.41742 0.0848	0.56282 0.0150	0.36540 0.1359
<b>CDMS</b>	0.71596 0.0008	(-) 0.01106 0.9653	0.41742 0.0848	1.00000 0.0	0.97269 0.0001	0.92767 0.0001
<b>CDPROT</b>	0.83192 0.0001	0.05074 0.8415	0.56282 0.0150	0.97269 0.0001	1.00000 0.0	0.94876 0.0001
<b>CDFDA</b>	0.77270 0.0002	0.29283 0.2383	0.36540 0.1359	0.92767 0.0001	0.94876 0.0001	1.00000 0.0

FDA: Fibra detergente ácida

ED: Energía digestible

CDMS: Coeficiente de digestibilidad de la materia seca

CDPROT: Coeficiente de digestibilidad de la proteína

CDFDA: Coeficiente de digestibilidad de la fibra detergente ácida

La síntesis de proteína es un proceso que necesita energía (ATP); cuando los aportes energéticos no son adecuados, el proceso se altera. Al respecto Church (1.996) manifiesta que la deficiencia de energía puede provocar desacoplamiento de ésta, aunque prosigue la fermentación, el ATP producido no es usado por los microbios para su crecimiento.

Orskov (1.982) reporta que la energía se origina en la fermentación de glúcidos, la actividad microbiana es encausada hacia la producción de ATP necesario para el mantenimiento y crecimiento de la misma población microbiana.

El mismo autor al referirse a la sincronización de la liberación de energía y nitrógeno, afirma que las proteínas degradadas hasta  $\text{NH}_3$  desaparecen rápidamente, mientras que la proteína restante desaparece mas lentamente o no desaparece. La liberación de componentes celulósicos o la disponibilidad de ATP para el crecimiento microbiano tiene lugar mas lentamente, entonces es posible que la falta de sincronización en la disponibilidad de nitrógeno y energía, sea el factor responsable de los bajos rendimientos microbianos.

La gran variedad que existe entre la fibra de un forraje, características que no se midieron como las proporciones de fibra y quizás las características morfológicas, etc., impiden mirar un efecto claro a pesar de que la literatura reporta una correlación negativa entre este componente y las fracciones estudiadas.

Karp (1.988) corrobora lo anterior al afirmar que uno de los factores que afectan la digestibilidad de los vegetales es la presencia de lignina en su estructura, la lignina hace parte de la pared celular la cual desempeña funciones de protección y soporte; esto por cuanto la membrana plasmática que recubre la célula ofrece mínima protección para el contenido celular.

Además según Church (1.996) existen diversos compuestos vegetales secundarios que influyen sobre el lugar, velocidad y cuantía de la digestión de los carbohidratos y otros nutrientes, así como la utilización de los mismos por el animal, entre los cuales se incluye lignina, es el componente químico de la fibra que se asocia con mayor fuerza a la indigestibilidad de los nutrientes y se ha demostrado su utilidad para predecir la cuantía de la digestión de la fibra.

La lignificación de la materia vegetal ha sido asociada también con un bajo rendimiento de los animales. La baja digestibilidad aparente de la lignina y el mayor contenido de ésta asociado con un avance en la maduración, constituyen la base para suponer que la lignificación, es uno de los principales factores responsables del escaso valor nutritivo de las plantas forrajeras maduras.

El mismo autor reporta que la matriz de las paredes de las células vegetales se compone fundamentalmente por polisacáridos entre los que se incluye la hemicelulosa (un polímero que contiene principalmente xilosa y glucosa), pectina (polímero compuesto por arabinosa, galactosa, ácido galacturónico y raminosa) y lignina (polímero fenilpropanoide), proteína y agua.

Los datos no son contundentes significando con esto que se necesita seguir trabajando en la caracterización de la fibra de estos forrajes y su efecto sobre la degradabilidad.

## CONCLUSIONES

Existe una correlación estrecha entre el contenido proteico de las arbóreas y arbustivas, sobre los coeficientes de digestibilidad de la materia seca, proteína y fibra detergente ácida.

No se detectó una elevada correlación entre el nivel energético de los forrajes, sobre la digestibilidad de las diferentes fracciones.

El papel de la fibra detergente ácida sobre la digestibilidad de los nutrientes no presentó una correlación convincente, que pudiera permitir dilucidar su efecto sobre el ataque microbiano.

## BIBLIOGRAFIA

- APRAEZ, E. El análisis químico de los alimentos. Pasto, Colombia, Editorial Universitaria Universidad de Nariño, 1992. 179 p.
- BERNAL, J. Pastos y forrajes tropicales: producción y manejo. Bogotá, Banco Ganadero, 1988. 495 p.