

VALOR NUTRITIVO DE LOS FORRAJES

Saúl Quintero Q. *

1. INTRODUCCION

Una forma de medir el valor nutritivo de los forrajes para rumiantes, es a través de su eficiencia potencial para crecimiento y producción de leche, carne ó lana, cuando el animal lo consume como fuente alimenticia.

Es lógico deducir por lo tanto, que un forraje será de buena calidad si cumple con las siguientes condiciones. Poseer todos los nutrimentos esenciales en proporciones balanceadas, ser de alta digestibilidad, y ser gustoso ó agradable para el animal. La presencia simultánea de estas tres condiciones en la ración diaria del rumiante, significaría entonces, máxima productividad si alguna de ellas es deficiente ó incompleta, se afectará su calidad y disminuirá proporcionalmente su valor nutritivo.

Los conocimientos actuales sobre fisiología digestiva del rumen, explican en forma bastante clara, la manera como operan en el animal los tres factores anotados, incidiendo en la producción y consecuentemente en la apreciación del valor nutritivo de los forrajes. En este orden de ideas, se tratará de establecer la relación causa - efecto de cada uno de estos factores, con el fin de suministrar ideas más claras, más útiles y más amplias que puedan servir de base para comprender mejor los diferentes enfoques con que se ha tratado de discutir este tema. A este respecto, cabe destacar los factores que inciden en el valor nutritivo de los forrajes según varios autores (1, 6) y que son: Especie de planta, partes de la misma (hoja, tallo), edad de las plantas, y factores ecológicos principalmente suelo y clima.

2. FORMA COMO OPERA LA DIGESTION EN EL RUMEN

Los rumiantes son, entre los mamíferos, los animales más capacitados para extraer de pastos y forrajes en general, el mayor provecho posible en razón de sus características anatómicas y fisiológicas. Esta cualidad se

* Ingeniero Agrónomo, Ph D., Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional, Seccional Medellín.

debe a la forma funcional del rumen, que obliga al animal a depender para su subsistencia, de la actividad microbial y de la síntesis que se presenta en la panza.

Un vacuno en buen estado de salud y bien alimentado, posee alrededor de 10.000 millones de bacterias y de 200.000 a 1.000.000 de protozoarios por gramo de contenido rumial. Los microorganismos viven en simbiosis permanentemente con el animal hospedero, extrayendo nutrimentos de la fibra y elaborando aminoácidos esenciales y vitaminas. El rumiante a su vez, provee a la flora ruminal de alimentos y medio apropiado para su proliferación y funciones. Esta actividad digestiva y de síntesis, que ocurre por la acción de bacterias y protozoarios, no la pueden ejercer por sus propios medios fisiológicos, las demás especies explotadas por el hombre.

3. DIGESTION DE CARBOHIDRATOS

Los carbohidratos presentes en las plantas forrajeras han sido agrupados en dos categorías: Insolubles ó estructurales, presentes en la pared celular, y solubles que se encuentran en el contenido celular (11). El primer grupo está formado principalmente por celulosas y hemicelulosas unidas a la fracción lignina, y en algunos casos, a sílice; en el segundo se encuentran entre otros, los almidones y azúcares.

La pared celular ó fibra sólo puede ser digerida por la acción de microorganismos, los cuales secretan enzimas digestivas que no se producen en el aparato digestivo de los animales superiores. Estas enzimas desdoblan la celulosa y hemicelulosa hasta llevarlas a ácidos grasos volátiles: acético, propiónico y butírico, principalmente para ser absorbidos y utilizados como fuente de energía por el rumiante.

El desdoblamiento de los carbohidratos insolubles es lento y se inhibe fuertemente cuando la lignina ó la sílice se encuentran en cantidades altas. Los almidones y azúcares se convierten mucho más rápido a ácidos grasos volátiles (AGV) y sirven como fuente inmediata de energía para la proliferación de los microorganismos.

Uno de los factores que más afecta la digestibilidad de los pastos, es su edad y estado de desarrollo. La celulosa y hemicelulosa se depositan en los tejidos en crecimiento, durante el engrosamiento celular, formando la pared secundaria. Una vez terminado éste, según Wardrop (13), empieza la deposición de lignina que continúa hasta que el tejido adquiere su tamaño final. Este mismo autor indica que la principal función de la lignina es la de proporcionar soporte y rigidez al material vegetal, incrementando la resistencia de la pared celular a las fuerzas de compresión.

Freudenberg (1965) ha descrito la lignina como "sustancia comparable al cemento en el concreto reforzado".

A medida que un pasto madura, su digestibilidad decrece como consecuencia probablemente, de la deposición de la lignina, la cual protege la celulosa y hemicelulosa contra los ataques bacteriales, reduciéndose en esta forma la disponibilidad de energía y consecuentemente la actividad microbial en el rumen.

Asociada con la lignocelulosa de las plantas, se presenta en muchos casos la sílice (SiO_2). Esta sustancia parece que actúa en la misma forma que la lignina, aumentando la resistencia a la pared celular e impidiendo su digestibilidad (9, 12).

Como se puede observar, existen razones realmente lógicas que explican la forma cómo las plantas forrajeras disminuyen su valor nutritivo a medida que avanzan en edad. Sería de gran importancia para el trópico, poder seleccionar variedades de pastos que presenten lignificación retardada; con ellos se lograría proporcionar al animal mayor cantidad de forraje por unidad de superficie y mayor cantidad de energía digerible.

4. DIGESTION DE LA PROTEINA

En los rumiantes, la proteína que llega al rumen es atacada por los microorganismos en forma similar a lo que ocurre con los carbohidratos. Los compuestos proteícos se descomponen por acción de enzimas microbiales (proteasas y deaminasas) hasta llegar a sustancias simples como son AGV y amoníaco. Este último compuesto constituye la fuente principal de nitrógeno con que se nutren las bacterias para la síntesis de los aminoácidos que forman su proteína celular. Se requiere entonces que el amoníaco esté presente en cantidades apropiadas, al tiempo que la microflora hace uso de la energía para proliferar.

Cualquier deficiencia de amoníaco durante el proceso digestivo, afecta el estado de desarrollo microbial y por ende la utilización de fibra y síntesis de proteínas y de vitaminas. Otro tanto ocurre con deficiencia de nutrientes energéticos.

La intensidad de la proliferación microbial, a que se ha hecho referencia, es un factor importante en la nutrición del rumiante, ya que la proteína celular de la microflora es fuente principal de aminoácidos para el organismo hospedero, cuando los microorganismos se digieren en el tracto digestivo posterior al rumen.

La digestibilidad de la proteína de los pastos, también es afectada por el estado de madurez y lignificación de las plantas (Tabla 1). Aparte de que el contenido de proteína disminuye con la edad, los pastos maduros pueden presentar hasta un 10% de su ya reducido nitrógeno total, involucrado a la lignocelulosa. En tal forma, la disponibilidad de este elemento es baja para los microorganismos y para el animal hospedero (11).

TABLA 1. Influencia de la estación y estado de crecimiento sobre el valor nutritivo del pasto guinea (Panicum maximum).

Estado vegetativo	Estación	Proteína cruda (%)	
		Contenido	Digestibilidad
Prefloración	Lluviosa	9,6	71,0
	Comienzo sequía	9,3	73,0
	Sequía	7,4	
Inicio floración	Lluviosa	8,0	52,0
	Comienzo sequía	7,5	51,0
	Sequía	7,1	
Floración completa	Lluviosa	6,6	47,0
	Comienzo sequía	6,2	41,0
	Sequía	6,5	50,0

Tomado en forma abreviada de Johnson, et al. 1967. Citados por Gallo (4).

La anterior discusión, muestra claramente que existe una interacción en la digestión de carbohidratos y proteínas, que afecta recíprocamente la utilización de ambos grupos de nutrimentos. Actualmente se sabe que el aprovechamiento óptimo de la proteína y los carbohidratos por rumiantes, ocurre cuando la fermentación de ambos se presenta al mismo tiempo y con igual rata de velocidad fermentativa. Cualquier factor suelo-planta-animal que cause alteraciones en las condiciones anotadas, afecta en forma negativa el valor nutritivo de los pastos.

5. EFECTO DE LOS MINERALES EN LA DIGESTION

La actividad microbiana del rumen ocurre en forma permanente, siempre y cuando la microflora reciba los nutrimentos que necesita para su desarrollo. Ya se indicó, como los carbohidratos y las proteínas proporcionan energía y nitrógeno; sin embargo, estos dos nutrimentos no son los únicos indispensables para los microorganismos; se requieren además minerales.

Desafortunadamente, los conocimientos que se tienen sobre las necesidades nutritivas específicas de cada elemento en las diferentes especies microbiales son pocos, incompletos y en algunos casos contradictorios. De los 15 elementos esenciales para el organismo del rumiante, se ha reportado, al menos, que 12 de ellos (Ca, P, K, Mg, S, Cl, Fe, Mn, Cu, Co, Mo, I) provocan máxima digestibilidad de fibra y/o máximo estímulo del crecimiento bacterial (2, 7).

Una deficiencia leve ó aguda de uno o varios minerales esenciales para el buen desarrollo microbial, redundará en baja digestibilidad de la fibra en los pastos y un aprovechamiento deficiente de sus carbohidratos y proteínas.

Al analizar un alimento para rumiantes, se debe considerar, no sólo su efecto fisiológico y nutritivo para el animal, sino la acción que pueda ejercer sobre la microflora. Un cambio brusco en los componentes de una ración, provoca también cambios bruscos en el sustrato de los microorganismos y una alteración temporal del balance ecológico ruminal. Sobreviven, como consecuencia, períodos de fermentación deficiente en el rumen, menor ataque a la fibra y menor síntesis de nutrimentos. Al respecto, Church (2), anota que el tiempo requerido para la adaptación del rumiante a un simple cambio de pasto verde por heno, oscila entre 10 y 14 días. Esta adaptación involucra tanto al animal como a la microflora, quienes deben hacer los ajustes enzimáticos necesarios para la buena digestión y utilización metabólica de los productos digeridos.

Los pastos en general pueden presentar en muchos casos, contenidos deficientes de nutrimentos, debido a factores incontrolables ó difíciles de corregir en un momento dado como son: especie forrajera, edad de la planta, factores ecológicos, etc.

La respuesta del animal a los pastos llevaría a clasificarlos como forrajes de baja calidad, cuando en realidad, la sola suplementación con los nutrimentos deficientes, cambiaría completamente la apreciación. Esta circunstancia demuestra claramente la relatividad de las escalas de clasificación de los forrajes e indican la necesidad de que el Agrostólogo y el Zootecnista piensen más en la relación pastos-fisiología ruminal que en cada uno de los factores de clasificación por separado.

6. DIGESTIBILIDAD Y GUSTOSIDAD COMO FACTORES QUE AFECTAN EL VALOR NUTRITIVO

La discusión anterior sobre la forma operativa del rumen, es una demostración de la importancia que tiene la buena digestibilidad como condición imperativa en la valoración de los forrajes. Se sabe de otro lado, que la alta producción de carne ó leche exige que, además de una buena utilización de los pastos por el animal, aquellos tengan una buena gustosidad.

A través de muchas observaciones se ha encontrado que existe una correlación bastante estrecha entre digestibilidad y gustosidad. Reid y Col (1959) citados por Gallo (4) muestran algunos datos que pueden referirse a esta interrelación (Tabla 2).

TABLA 2. Respuesta de vacas lecheras a forraje de primer crecimiento cortado del mismo origen en dos fechas diferentes.

Fecha de corte	Rendimiento de las vacas		Heno	
	Leche (LCG 4%) kg/día	Cambio de peso g/día	TND %	Consumo* kg/día
Día 0	19,5	+ 180	66	12,8
Día 30	13,9	- 45	51	9,9

Fontenot y Blaser (3) recalcan que los animales seleccionan, para comer, aquellas plantas ó partes de la misma que poseen la mayor digestibilidad. Sin embargo, otros autores no comparten este pensamiento debido a la interpretación, bastante refinada, que le han querido dar al término "gustosidad". Gordon (5), en una revisión bibliográfica sobre gustosidad de forrajes, descarta la correlación que puede existir entre ésta y la digestibilidad; da como factores de gustosidad, entre otros, los siguientes: sentidos (gusto, olfato, tacto lingual y vista), acostumbramiento previo respecto al pasto, razas, especie de la planta y composición de la planta.

En este trabajo se entiende por gustosidad, el potencial de un alimento para ser consumido con avidez por los animales y, en consecuencia, se acepta como factor de gustosidad, la capacidad intrínseca que tiene un pasto para que los rumiantes lo consuman abundantemente. A ésto se le ha llamado "consumo voluntario".

El consumo voluntario es otro factor de producción animal bastante estudiado que tiene que ver con el valor alimenticio de los forrajes y el estado fisiológico del animal. Un ejemplo notable que puede ilustrar este punto, es el efecto nutricional que provoca el cobalto en el apetito de los rumiantes. Una ración deficiente en este mineral, afecta la digestión de fibra y teóricamente el aprovechamiento integral del pasto consumido.

En el rumen se sintetiza a partir del cobalto, la vitamina Cobalamina (B₁₂). Una de las funciones de esta vitamina en rumiantes es la de metabolizar el nutrimento energético "ácido propiónico" que se genera en la digestión ruminal (14). Cuando el cobalto no se presenta en cantidades apropiadas en un pasto, los vacunos u ovinos afectados van perdiendo apetito de acuerdo a la intensidad de la deficiencia, hasta morir aparentemente de inaniación originada por el bajo valor nutritivo del forraje.

*Corregido en base a 90% de materia seca.

Algunos estudios, revisados por Church (2), muestran que la presencia de ácido propiónico en el organismo de los rumiantes, provoca pérdida de apetito. Por lo tanto, la deficiencia de cobalto afecta el consumo voluntario a través de pérdidas de apetito, ocasionadas por acumulación de ácido propiónico que no puede metabolizarse debido a deficiencia fisiológica de la vitamina B₁₂.

7. MEJORAMIENTO DEL VALOR NUTRITIVO DE FORRAJES POR TRATAMIENTOS QUIMICOS

Los carbohidratos, celulosa y hemicelulosa se encuentran presentes en maderas y plantas lignificadas formando el complejo "lignocelulosa", que ha sido considerado como el compuesto orgánico más abundante sobre la tierra. En los últimos años, se han intensificado bastante los estudios tendientes a obtener la forma de aprovechar la energía de la lignocelulosa en la alimentación de rumiantes. Forrajes lignificados como tusa de maíz, bagazo de caña ó residuos de cosechas, cuando se tratan con álcalis, mejoran su digestibilidad y palatabilidad.

En un estudio de levante de corderos, con tusa de maíz tratada (36% NaOH + 1% KOH), se logró durante 84 días, un aumento diario promedio de 150 g contra 86 g para los corderos que recibieron la tusa sin tratar. El consumo voluntario y la digestibilidad de la materia seca aumentó con el tratamiento en un 30% y 14%, respectivamente. En otro experimento con novillos de levante (Hereford x Angus), alimentados con el mismo material, se logró en 140 días, aumentos promedios de peso de 910 g/día (8).

El mecanismo por el cual los álcalis aumentan el valor nutritivo de los materiales lignocelulósicos, no se conoce en forma clara. Según Tarhow y Feist (10) el tratamiento con hidróxidos destruye enlaces entre la hemicelulosa y la lignina, a la vez que aumenta la capacidad del material tratado para absorber agua y posiblemente enzimas digestivas.

8. REFERENCIAS

1. ALARCON, E. 1972. Estimación del valor nutritivo de los forrajes. ICA. Temas de Orientación Agropecuaria No. 76.
2. CHURCH, D. C. 1969. Digestive physiology and nutrition of ruminant. Vol. 1. Oregon State University Book Stores, Inc.

3. FONTENOT, J.P. and R.E. BLASER. 1965. Symposium on factors influencing voluntary intakes of herbage by ruminants: Selections and intake of grazing animals. *J. Anim. Sci.* 24:1202.
4. GALLO, J.T. 1972. Valor nutritivo de los forrajes. In: Curso de Pastos y Forrajes. ICA. pp. 179-192.
5. GORDON, C.M. 1969. Measurement and significance of forage palatability. National Conference on forage quality evaluation and utilization, Lincoln, Nebraska.
6. HUGHES, H.D.; M.E. HEATH and D.S. MECALFE. 1962. Forages The Iowa State University Press.
7. HUNGATE, R.E. 1966. The rumen and its microbes. Academic Press, London.
8. QUINTERO, S.E. 1972. Animal responses to sodium hydroxide treated corn cobs when fed to ruminants. Ph.D. Thesis. University of Nebraska.
9. SMITH, G.S.; A.B. NELSON and J.A. BOGGINO. 1971. Digestibility of forage in vitro as affected by content of "silica". *J. Anim. Sci.* 33: 666.
10. TARKOW, H. and W.C. FEIST. 1969. A mechanism for improving the digestibility of ligno-cellulosic material with dilute alkali and liquid ammonia. In: Cellulases and their applications. Adv. Chem. Ser. No. 95 R.F. Gould, Ed. Amer. Chem., Washington, D.C.
11. VAN SOEST, P.J. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fiber residues of low nitrogen content. *J. Assn. Off. Agr. Chem.* 46:825.
12. _____ and L.H.P. JONES. 1968. Effects of silica in forages upon digestibility. *J. Dairy Sci.* 51:1644.
13. WARDROP, A.B. 1965. Cellular differentiation in xylem. In: Cellular ultrastructure of woody plants. W.A. cote Ed. Syracuse University press.
14. WHITE, A.; PH. HANDLER and E.L. SMITH. 1968. Principles of Biochemistry. McGraw Hill Book Company, New York.