

ESTIMACION DEL VALOR NUTRITIVO DE LOS FORRAJES

Enrique Alarcón M. *

La producción de carne o leche por hectárea depende directamente de la producción por animal y ésta, a su vez, es influenciada por el valor nutritivo del pasto o concentrado: El valor nutritivo puede variar de acuerdo con la especie, variedades dentro de la especie, parte de la planta (hojas, tallos, inflorescencia) edad de la planta y factores ecológicos, principalmente suelo y clima.

El sistema Weende de Análisis Proximal, ha sido utilizado durante más de 100 años en los experimentos de nutrición de rumiantes y no rumiantes y como base para el control de calidad de los diferentes materiales alimenticios. En la actualidad, este sistema se considera obsoleto puesto que involucra graves errores en cuanto a su metodología y distinción entre las fracciones de la materia seca que son verdaderamente disponibles para los animales. En el análisis proximal se determina proteína cruda, fibra cruda, grasa, extracto libre no nitrogenado (ENN), minerales y contenido de humedad. y M.S. La principal falla de este sistema se encuentra en la determinación

* Ingeniero Agrónomo, M.S. Programa de Pastos y Forrajes ICA.

de la fibra cruda y por ende en la importancia nutricional que a ella se le atribuye. Según este análisis, la fibra representa la porción de la materia seca menos disponible y digestible por el animal mientras que el ENN representa la fracción más disponible. En este caso, los valores de digestibilidad para estos dos componentes deben ser diferentes y mayores para el segundo de ellos (ENN).

En los alimentos citados en la Tabla de Morrison (5), se observa que el 10 por ciento de los concentrados, 28 por ciento de los ensilajes, 30 de los forrajes succulentos y 30 por ciento de los heno, presenta un coeficiente de digestibilidad para la fibra cruda igual o mayor que aquel correspondiente al del ENN. Tablas sobre análisis de especies tropicales presentadas por Hardison (4), muestran que el 70 por ciento de ellas tienen un coeficiente de digestibilidad más alto para la fibra cruda que para el ENN. Se ha comprobado que el obtener el ENN por el método de la diferencia en el análisis proximal, se permite que la mayoría de la lignina y hemicelulosa sean incluidas en esta fracción mientras que la celulosa es el principal componente de la fibra cruda. El concepto inicial de fibra cruda está relacionado con la solubilidad de la celulosa la cual determina su disponibilidad. La solubilidad de la celulosa varía con la clase de la misma, componentes químicos adyacentes y edad de la planta. El concepto de solubilidad es más aplicable en los no rumiantes pero, en los rumiantes no lo es necesariamente, puesto que estos poseen la habilidad de digerir la fibra. Uno podría hacer

sus propias conclusiones acerca de la validez de la relación propuesta por Crampton (2) entre el Índice de Valor Nutritivo (IVN) con la tasa de la celulosa, en un sistema de digestión in vitro durante 12 horas. Por otra parte, la determinación de grasa en el sistema Weende, por el método de extracto etéreo, también conduce a errores puesto que no representa el verdadero contenido de triglicéridos ^{que} se encuentran principalmente en la semilla y por lo tanto, su determinación es importante para los concentrados.

Indudablemente, el análisis proximal ha contribuido a la evaluación del valor nutritivo de los forrajes y conjuntamente con los coeficientes de digestibilidad se han obtenido los valores de nutrientes digestibles totales (NDT), de utilidad práctica. Sin embargo, hoy en día existen métodos más precisos y que definen verdaderamente la disponibilidad de las fracciones de la materia seca para los animales. Así mismo, algunos de los nuevos sistemas permiten relacionar los constituyentes químicos con el consumo de forrajes y realizar cálculos más exactos sobre el contenido de energía neta de los mismos.

Antes de describir un nuevo sistema para evaluar el valor nutritivo de los forrajes es necesario explicar brevemente el concepto de uniformidad nutricional. Este concepto está basado en el hecho de que si la materia seca de un forraje puede ser dividida en componentes de disponibilidad uniforme, la evaluación de los forrajes consistirá en sumar la cantidad de cada componente multiplicada por su disponibilidad.

Lucas (7) ideó una prueba para conocer la uniformidad nutricional: La cantidad digestible de un elemento en el forraje es regresado al porcentaje del mismo. La teoría de Lucas sostiene que la constante de la ecuación de regresión es un estimativo de las excreciones endógenas del componente y, la dependiente, un estimativo de la digestibilidad verdadera del mismo. El tamaño de la correlación y la desviación estandar de la regresión estiman la uniformidad nutricional de los componentes.

En un estudio en que se incluyeron 10 variedades de alfalfa, pasto bromo, paja de trigo y algunos concentrados, se calculó la regresión de Lucas para estimar la digestibilidad verdadera y excreciones metabólicas de la pared celular (PC), contenidos celulares (CC) y proteína. La digestibilidad de la materia seca presentó valores desde 36 hasta 82 por ciento. El contenido de pared celular varió de 11 a 82 por ciento, el contenido de proteína desde 3,2 hasta 36,2 por ciento y su digestibilidad desde 40 hasta 86 por ciento. Las siguientes ecuaciones de regresión fueron obtenidas para los 10 forrajes en estudio.

PROTEINA	Y	=	0.96 x - 4.02
CONTENIDOS CELULARES	Y	=	1.04 x - 16.16
PARED CELULAR	Y	=	0.55 x + 0.46

Y = part digest elements

X = % Element



$$y = b_0 + b_1 x$$

Las desviaciones estándar para los componentes químicos fueron las siguientes:

COMPONENTE	REGRESION	PENDIENTE	FE (D)
PROTEINA	-4.02 ± 0.69	0.022	0.96 ± 0.022
CONTENIDOS CELULARES	-16.16 ± 2.97	0.044	1.04 ± 0.044
PARED CELULARES	6.55	0.100	0.55 ± 0.1

En las ecuaciones de regresión puede observarse que las constantes de regresión (expresiones endógenas) para proteína y CC fueron: -4.02 y -16.16 respectivamente. Las pendientes (digestibilidad verdadera) fueron 0.96 y 1.04 para estos dos componentes. La PC presentó la más baja digestibilidad: 0.55. La proteína y los CC dieron los valores más bajos de desviación estándar. Estas comparaciones permiten concluir que tanto la proteína como los CC son altamente disponibles y pueden considerarse como una fracción uniforme. Esta conclusión se hace más válida si se tiene en cuenta que los valores fueron obtenidos de diferentes forrajes con distinta composición química. La PC no puede considerarse como una fracción de disponibilidad nutricional uniforme sino que varía con respecto a la especie y edad de la planta. Esto no implica que ella no pueda utilizarse como una unidad para estudiar su efecto en la digestibilidad o el consumo.

Una definición adecuada de lo que significa el valor nutritivo debe darse en términos de los factores que influyen en el consumo de nutrientes (6). Este consumo de nutrientes dependerá del consumo de forraje, digestibilidad del forraje y eficiencia en la utilización del forraje digerido. Un sistema de estimación del valor nutritivo que permite identificar en forma rápida y simple estos factores será el más adecuado para realizar estudios tendientes a conocer y aumentar la calidad de los forrajes. Así mismo, este sistema deberá ser válido para la comparación de varias especies. Una de las limitaciones de predecir el valor nutritivo teniendo como base el análisis proximal es la de ser válido en casos particulares pero, no en la generalidad de las situaciones. Por otra parte, el consumo, de forrajes es quizás el factor más limitante de una elevada producción por animal. Este hecho se acentúa más en el caso de los pastos tropicales, los cuales por efecto del manejo, falta de variedades mejoradas y sobre todo el clima (altas temperaturas) presentan un alto contenido de carbohidratos estructurales que limita el consumo por parte de los animales. Con esto, se quiere indicar que se hace más crítica la situación cuando se emplea el análisis proximal para determinar la disponibilidad nutricional, de los pastos tropicales.

Un sistema racional para estimar el valor nutritivo de los forrajes es aquel ideado por Van Soest (7). Este sistema, la materia seca es dividida en dos componentes de distinta disponibilidad

nutricional: la pared celular (PC) y los contenidos celulares (CC). Como se dijo anteriormente, la digestibilidad de los CC puede considerarse en promedio del 96 por ciento. La digestibilidad de la pared celular es variable y depende de sus constituyentes y su proporción. Con el método de Van Soest también es posible conocer los constituyentes de la pared celular (CPC). Los principales son: Celulosa, hemicelulosa, lignina y en algunos casos sílice. Una pequeña cantidad del nitrógeno del forraje se encuentra en la PC combinado con la lignina, y no es disponible para los animales. La proporción de este nitrógeno puede aumentarse considerablemente cuando los forrajes son secados a altas temperaturas por espacios de tiempo prolongado. Este nitrógeno no es digestible debido a su combinación con la lignina mediante la reacción de Maillard. En la figura 1 se presenta un esquema para la obtención de los constituyentes químicos según el método de Van Soest.

En términos generales, las gramíneas presentan un mayor contenido de PC que las leguminosas pero estas, a su vez, tienen un mayor contenido de lignina. Ambas familias presentan un contenido similar de celulosa pero las gramíneas tienen mayor contenido de hemicelulosa la cual es también más digestible. Algunas especies de gramíneas presentan contenidos elevados de sílice, principalmente en las hojas. Se ha encontrado que la sílice reduce la digestibilidad de la materia seca. Este fenómeno se ha encontrado en el pasto pará (Brachiaria mutica) y otros cultivados en climas templados. Parece que la sílice es un factor de menos importancia en la reducción de

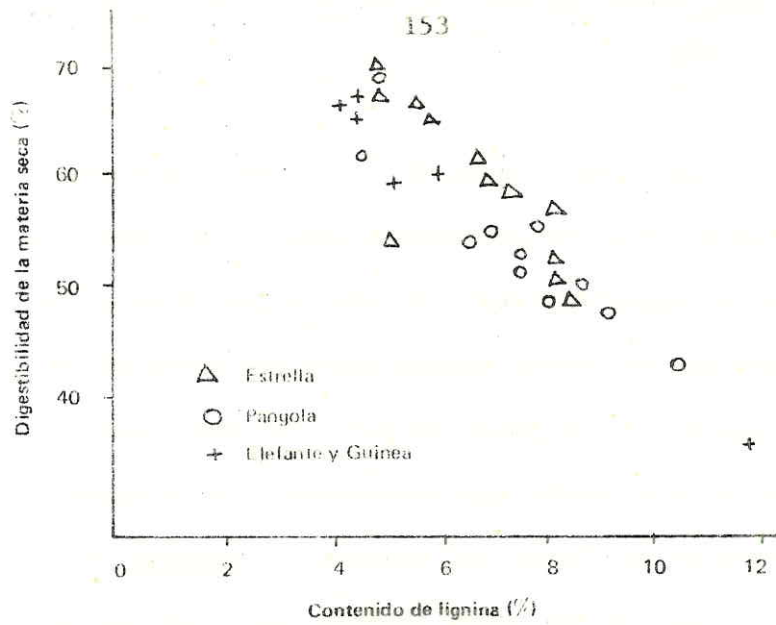


FIGURA 2. Relación entre lignina y digestibilidad *in vitro* de la materia seca en plantas enteras de los pastos Estrella, Pangola, Elefante y Guinea ($r = -0.90$ ++).

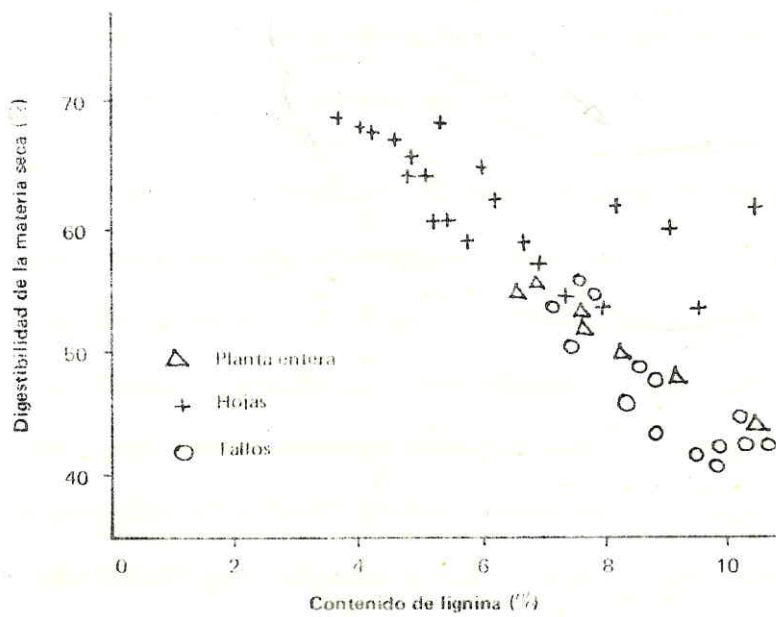


FIGURA 3. Relación entre lignina y digestibilidad *in vitro* en fracciones de la planta del pasto Pangola ($r = -0.87$ ++).

la digestibilidad de las leguminosas. Alarcón (1) encontró porcentajes de sílice muy bajos en hojas de diferentes especies de *Destodium* los cuales no afectaron la digestibilidad. En los tallos no se encontró sílice. Es frecuente que las hojas tengan mayor contenido de PC que los tallos aunque esta situación puede variar. Van Soest encontró que la PC era un factor que estaba muy relacionado con la digestibilidad de la materia seca de las hojas del pangola, (*Digitaria decumbens*) sin embargo, la digestibilidad de las hojas jóvenes fue menor que la de hojas maduras y mayor que la de hojas viejas. Las Figuras 2, 3 y 4 muestran la relación entre digestibilidad de los pastos pangola, elefante, guinea y estrella. Nótese especialmente, en la Figura 4 cómo la celulosa presenta una distribución de puntos desordenada y difícil relacionar con la digestibilidad. Teniendo en cuenta que la fibra cruda en el análisis proximal está compuesta principalmente de celulosa, se puede confirmar el hecho de que no es aconsejable seguir utilizando este sistema como criterio de calidad de los pastos y forrajes.

La división de la materia seca de los forrajes en sus dos componentes principales PC y CC ha sido incorporada por Van Soest (8) en la determinación de digestibilidad in vitro e in vivo para obtener coeficientes de digestibilidad verdadera (DV). El método original de Telley y Terry el cual produce digestibilidad aparentes (DA) fue modificado en su segunda etapa. El siguiente ejemplo ilustra la diferencia entre DV y DA: Supóngase que un animal fue alimentado con 10 kilogramos de materia seca.

Recolectadas las

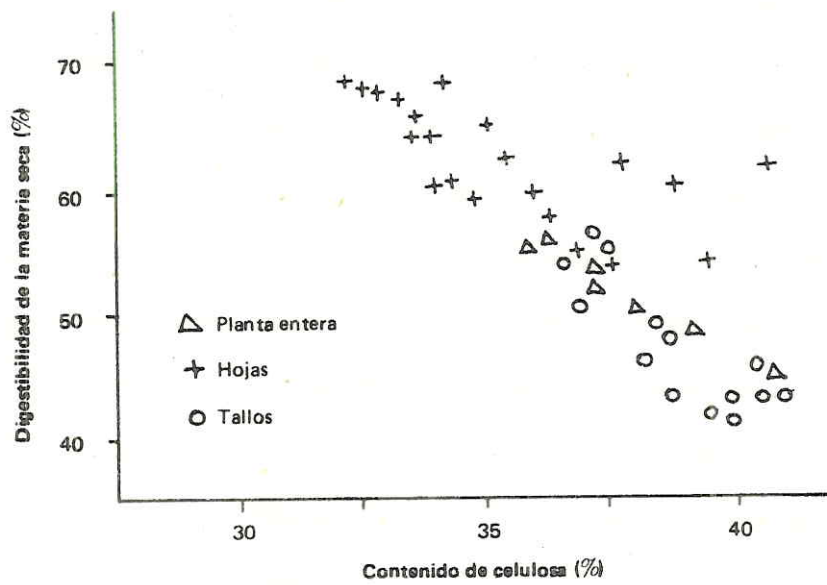


FIGURA 4. Relación entre celulosa y digestibilidad *in vitro* en fracciones de la planta de pasto Pangola ($r = .30$)

heces y analizado su contenido de materia seca, se encontró que ésta era de 4 kilogramos. De esta manera, se diría que la digestibilidad fue del 60 por ciento puesto que 6 kilogramos fueron obtenidos por el animal. Esta digestibilidad se denomina aparente, puesto que los 4 kilos de materia seca encontrados en las heces están compuestas tanto de alimento no digerido como de excreciones endógenas del animal, las cuales son principalmente de origen bacterial. Aplicando el sistema de Fibra en detergente Neutro al residuo después de la digestión in vitro, en el método de Telley y Terry a las heces, se comparan las dos fracciones, una proveniente del alimento y las otras excreciones endógenas para obtener finalmente como residuo el alimento verdaderamente no digerido el cual corresponde enteramente a pared celular. Así, en el ejemplo anterior, 1.2 kilogramos podría corresponder a excreciones endógenas y 2.8 a forraje indigestible. De esta manera la DV sería 72 por ciento. Aunque la digestibilidad y las excreciones metabólicas varían con el consumo, constituyentes químicos y tipo de animal (ovino o bovino), el hecho de poder conocer en forma más precisa la verdadera digestibilidad de un alimento permite tener un índice muy aceptable del valor nutritivo. Para el mejorador de pastos, este sistema es un arma muy valiosa para la distinción de cientos de genotipos y la definición de la superioridad de algunos de ellos. Igualmente sería útil para el nutricionista, con el objeto de conocer el por qué de la superioridad o inferioridad de las dietas que él estudia. Existen ecuaciones apropiadas,

las cuales basadas en estos sistemas, permiten la obtención de DA, energía neta así como predecir el consumo de materia seca. Estudios de esta clase pueden ser realizados con especies tropicales.

La digestibilidad verdadera de la materia seca también puede ser obtenida directamente a partir de los constituyentes químicos. Este sistema comprende un proceso de adición basado en el hecho anteriormente discutido de que los factores químicos individuales limitan la digestibilidad. De esta manera, Goering y Van Soest (3) han establecido una ecuación sumativa en la siguiente forma:

$$DV = 0.98 \times CC + DPC \times PC \text{ en donde}$$

DV = digestibilidad verdadera (%)

0.98 = digestibilidad de los CC

CC = contenidos celulares (%)

DPC = digestibilidad de la pared celular basada en la relación Lignina/FDA (Ver Figura 1)

PC = Pared celular (%)

La ecuación anterior comprende la adición de dos cantidades. Sin embargo, cuando otros componentes químicos (sílice metabolizable o nitrógeno) se encuentran en apreciables cantidades en la pared celular, deberán considerarse como factores a restar de la ecuación original. De esta manera la ecuación se convertiría en un conjunto de (+) y (-).

Es importante señalar que la ecuación sumativa no pretende reemplazar el sistema in vitro para obtener coeficiente de DV. El objeto es comparar los dos valores (in vitro y el de la ecuación) para conocer si los constituyentes de la pared celular determinados para el forraje bajo estudios, estuvieron o no verdaderamente limitando la digestibilidad.

Así, por ejemplo, Alarcón (1) encontró que en hojas de 27 especies de *Desmodium*, la lignina estuvo estrechamente correlacionada en forma negativa y altamente significativa con DV in vitro. En los tallos, el PC y la celulosa estuvieron inversamente relacionados con la DV in vitro de los mismos. Al comparar los valores in vitro con aquellos obtenidos con la ecuación sumativa, se encontraron diferencias muy pequeñas para las hojas, pero no así para los tallos. Se pudo concluir que en *Desmodium* existen otros factores mucho más importantes que la lignina y principalmente que la celulosa responsable de la reducción de la digestibilidad, los cuales posiblemente son compuestos aromáticos (de estructura similar a la lignina) tales como los taninos.

BIBLIOGRAFIA.

1. ALARCON, M.E. 1971. Variation in digestibility among and within *Desmodium* spp. Masters Thesis. 99 p.
2. CRAMPTON, E.W., DONEFER, E. and LLOYD, L.E. 1960. J. Animal Sci. 19: 538 - 544.
3. GOERING, H.K. and P.J. VAN SOEST. 1970. Forage Fiber Analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications) U.S. D.A. Agricultural Handbook. No. 379. 20 p.
4. HARDISON, W.A. 1966. Chemical composition nutrient content and Potential Milk producing capacity of fresh tropical forage. FAO-UNIV. Philippines. Dairy Train. Res. nst. 50 p.
5. MORRISON, F.B. 1959. Feeds and Feeding 22 nd. Ed. Morrisson Publishing Co. Clinton, Iowa. 1. 165 p.
6. RAYMOND, W.F. 1969. The nutritive value of forage crops. Adv. Agronomy 21: 3 - 109.

7. VAN SOEST, P.J., R.H. WINE and L.A. MOORE. 1966. Estimation of the true digestibility of forages by the in vitro digestion of cell walls. Proc. X Intern. Grassland Congr. Helsinki, Finland. pp. 438 - 441.