

# Mejoramiento de la calidad forrajera de la alfalfa

⇒ Ing. Agr. Daniel BASIGALUP  
INTA Manfredi · emanfre@inta.gov.ar

El concepto de "calidad forrajera" es complejo e involucra no sólo al forraje en sí sino también al animal que lo consume. La calidad forrajera determina la contribución de un forraje a la producción animal, reconociendo al menos cuatro componentes: a) **consumo**, es decir qué cantidad de ese forraje es voluntariamente consumido por el animal; b) **digestibilidad**, o sea cuánto de lo consumido es absorbido a través del aparato digestivo; c) **eficiencia**, que es la relación entre la producción animal y el suministro de nutrientes; y d) **factores de anti-calidad**: todos aquellos componentes presentes en el forraje que pueden disminuir el consumo, la digestibilidad y la eficiencia (1). La manera ideal de estimar la calidad forrajera es por medio de ensayos con animales en donde se mida su respuesta productiva. Siendo esta vía impracticable y sumamente costosa, se han desarrollado métodos de análisis que, basados en las propiedades físicas y químicas de los forrajes, permiten inferir su calidad.

Un grupo importante de técnicas de análisis de calidad forrajera tienen como objetivo determinar la cantidad relativa de pared y de contenidos celulares. La pared celular está compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, que contribuyen al basamento estructural de la planta y que constituyen la fibra del forraje. A medida que la planta avanza en su madurez, se incrementa el contenido de lignina, confiriendo mayor resistencia a la estructura. Para los rumiantes, la celulosa y la hemicelulosa son sólo parcialmente digestibles, en tanto que la lignina es indigestible. Por eso, el contenido de fibra se asocia negativamente con la calidad. Por otro lado, los contenidos celulares (citoplasma) son la parte de mayor valor nutritivo y de más alta digestibilidad, proveyendo la mayor parte de la proteína cruda, los carbohidratos solubles y los lípidos (grasas). Las hojas y el tercio superior de los tallos son siempre más ricos en calidad y contenidos celulares.

Cuando se analizan químicamente los forrajes en el laboratorio, se obtienen una serie de fracciones o productos. La fracción "fibra detergente neutra" (**FDN**)

contiene fundamentalmente celulosa, hemicelulosa y lignina, y se utiliza para estimar el consumo voluntario de materia seca (MS) por parte del animal. La fracción "fibra detergente ácida" (**FDA**), que se compone principalmente de celulosa y lignina, se utiliza para estimar la digestibilidad de la MS (**DMS**). Otra forma de estimar más directamente la digestibilidad es por medio de técnicas in vitro (**DIV**), que consisten en la fermentación de la muestra con microorganismos del rumen. Los valores de FDA y digestibilidad se utilizan a su vez para estimar el contenido total de nutrientes digestibles (**TND**) o energía neta del forraje. El residuo que queda después del tratamiento con ácido sulfúrico de la FDA, contiene la lignina propiamente dicha (**LDA**) y representa la fracción totalmente insoluble. La "proteína cruda" (**PC**), que resulta de determinar el contenido total de Nitrógeno de la muestra y multiplicarlo por el factor 6.25, estima no sólo el contenido de la verdadera proteína sino también de aminoácidos y otros compuestos nitrogenados (como clorofila y ácidos nucleicos). En los últimos años se están utilizando en forma creciente otros procedimientos de análisis, entre los que se destaca la utilización de la espectroscopía del infrarrojo cercano por reflectancia (NIRS) o por transmitancia (NITS), basadas en ecuaciones de calibración desarrolladas a partir de muestras analizadas por las técnicas tradicionales de laboratorio. Las tecnologías NIRS/NITS permiten estimar con exactitud, en poco tiempo y con bajo costo operativo, un gran número de muestras, lo que las hace particularmente apropiadas para su empleo en programas de mejoramiento genético.

## Mejoramiento genético de alfalfa por alto valor nutritivo

La mayoría de los programas de mejoramiento del valor nutritivo de la alfalfa tienen en cuenta algunos de los siguientes criterios de selección: a) alto Valor Nutritivo Relativo (VNR) en prebotón/principios de floración; b) mantenimiento de un aceptablemente alto VNR en estados más avanzados de madurez (30% de floración); c) relación hoja/tallo; d) contenido de PB y

PB pasante; e) presencia de hojas multifolioladas; f) menor potencial timpanizante; y g) otros criterios.

**a) Alto VNR en prebotón/principios de floración:** El VNR (en inglés RFV = Relative Feed Value) es un parámetro calculado a partir de la digestibilidad estimada de la materia seca (DEMS) y del consumo potencial estimado de materia seca (CPEMS), vale decir que se basa en las determinaciones de FDA y FDN, respectivamente. El VNR no tiene unidades y se expresa simplemente por una cifra que cuanto más alta sea mayor será el valor nutritivo del forraje en cuestión. En el caso de la alfalfa, se buscan valores que superen un VNR de 150. Mediante la tecnología NIRS o NITS se seleccionan plantas que tengan contenidos de fibra (FDN y FDA) significativamente más bajos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos menores contenidos de fibra no siempre son consistentes ni necesariamente se corresponden en forma directa con una mayor producción animal. En ensayos conducidos por la Universidad de California-Davis, se comparó el contenido de PC, FDA, FDN y TND de algunos cultivares seleccionados por mayor valor nutritivo (HQ = High Quality) con cultivares tradicionales (sin seleccionar o testigos), determinándose que el supuestamente mayor VNR de los materiales seleccionados no siempre se mantuvo a lo largo de los cortes ni fue significativamente superior en muchos casos (4, 5). En nuestro país, es posible que el adecuado manejo del alfalfar tenga una incidencia mucho más marcada en la producción animal que un ligeramente menor contenido de fibra. De todas formas, el mayor VNR ofrece un potencial promisorio para los sistemas más intensivos de producción bovina -particularmente el tambo- y merece ser profundizado.

**b) Mantenimiento del VNR en estados avanzados de madurez:** Sería deseable que una alfalfa seleccionada por alto VNR fuera capaz de mantener esta característica en estados de floración avanzada, permitiendo una mayor flexibilización en el manejo del corte o pastoreo, aumentando los rendimientos de forraje sin perder calidad. De este modo, una variedad de alfalfa al 30-40% de floración podría tener un VNR comparable a otra sin seleccionar al 10% de floración. Hay indicios de la existencia de suficiente variabilidad genética para seleccionar por este carácter. Como en el caso anterior, la tecnología NIRS/NITS constituye una herramienta de gran valor.

**c) Relación hoja-tallo (H/T):** Es bien sabido que las hojas tienen mayor valor nutritivo que los tallos.

En consecuencia, cuanto mayor sea la proporción de éstas en relación a la cantidad de tallo, mayor será la calidad. La mayoría de los programas de mejoramiento por calidad forrajera no han seleccionado directamente por una mayor relación H/T, sino que ésta es una consecuencia de haber seleccionado por menor FDN y FDA. Si bien es posible seleccionar directamente por mayor H/T (llevando esa relación a poco más del 60%), la utilización de la tecnología NIRS o NITS ha dado hasta el momento resultados sólo parcialmente satisfactorios. Atendiendo a la naturaleza genéticamente compleja del carácter, el progreso de selección es en general lento. Por otro lado, al disminuir la proporción de tallos (fracción más pesada), sería esperable una disminución de los rendimientos totales de forraje; de todas formas, el rendimiento nutritivo final sería mayor.

**d) Contenido de PB y PB pasante:** Por lo común, la alfalfa no presenta deficiencias en su contenido de proteína bruta (PB). Sin embargo, el tema central es determinar la proporción de esa PB que no es degradada en el rumen y alcanza el intestino del animal. Esto último es lo que se conoce como "proteína pasante" (en inglés: "by-pass protein"). En general, poco menos de un 20% de la PB es PB pasante. Un objetivo deseable en un programa de mejoramiento sería llevar ese valor a más del 40%, a fin de tener un impacto importante en la alimentación del ganado. La tecnología NIRS se ha empleado con resultados suficientemente satisfactorios para esa finalidad. Existen materiales experimentales que registran avances significativos en la proporción de PB pasante. Los mayores inconvenientes radican en la naturaleza compleja de carácter y en su gran variabilidad, con importante influencia de factores ambientales en su expresión.

**e) Presencia de hojas multifolioladas:** La alfalfa tiene hojas compuestas, formadas normalmente por tres folíolos (hojas trifolioladas), aunque es posible encontrar hojas con 4 a 8 folíolos (hojas multifolioladas). Existen en el mercado cultivares con porcentajes variables de hojas multifolioladas (alfalfas "multileaf"), que se publicitan como poseedores de un mayor valor nutritivo como consecuencia de haber sido seleccionados por ese carácter. Sin embargo, el valor nutritivo de las variedades multifolioladas no ha demostrado ser estadísticamente superior al de las alfalfas comunes (trifolioladas) seleccionadas por menor contenido de FDN y FDA (2). Hay evidencias de que la planta compensa fisiológicamente el mayor número de folíolos en las hojas con tallos más pesados o con una menor pro-


ducción de forraje por ha, de manera que el resultado final es comparable al de las alfalfas trifolioladas seleccionadas por mayor VNR. Por razones de marketing, en algunas variedades se ha buscado mayor expresión del carácter multifoliolado a partir de materiales previamente seleccionados por menor contenido de fibra, promocionando de ese modo productos con supuestamente mayor VNR por ser multifoliolados.

**f) Menor potencial timpanizante:** Existen dos formas principales de disminuir genéticamente el potencial timpanizante de una alfalfa: 1- promover la síntesis de taninos condensados en el follaje a través de la ingeniería genética; y 2- reducir la velocidad inicial de desaparición ruminal de la materia seca (DIMS), a fin de disminuir su tasa inicial de digestibilidad pero sin alterar mayormente su alta digestibilidad final. El primero de los caminos es costoso y complejo, pero tiene la ventaja indirecta de aumentar también la proporción de PB pasante. Para su concreción exige la dilucidación de todos los pasos metabólicos en la síntesis de los taninos condensados y la identificación, clonación y transferencia desde otra especie del gen (o los genes) responsable/s de los pasos metabólicos interrumpidos en el follaje de alfalfa. Existen actualmente en el mundo sólo dos proyectos que están trabajando en este sentido: uno en Australia (CSIRO) y otro en EE.UU. (compañías privadas). Existía un tercero en Canadá, pero se ha dejado de financiar desde 1997. Respecto del segundo camino (reducción de la tasa inicial de desaparición ruminal), en Canadá se ha desarrollado una variedad de reposo invernal sumamente largo que posee 15% menos de DIMS y que ha disminuido la incidencia del empaste en 62% (valores promedio). En Argentina, el CVT INTA-Produsem ha desarrollado una población experimental sin reposo invernal que tiene una DIMS un 22% menor y que será probada en ensayos de pastoreo a partir del próximo año a fin de determinar su supuesto menor potencial timpanizante.

**g) Otros:** Además de los anteriormente mencionados, existen otros criterios de selección que podrían utilizarse para mejorar genéticamente el valor nutritivo de la alfalfa. Entre ellos, sin pretender agotar el tema, pueden mencionarse: mayor digestibilidad de tallos; resistencia al vuelco (en especial en las alfalfas seleccionadas por menor contenido de fibra); retención de hojas (retardando la senescencia); y mayor sanidad foliar (resistencia a enfermedades de hoja, principalmente en alfalfas sin reposo invernal).

## Perspectivas para el futuro

Desde el punto de vista de los requerimientos nutritivos de una vaca lechera de alta producción, la alfalfa tiene bajo contenido energético y excesivas cantidades de proteína bruta y de fibra (3). A fin de producir verdaderos impactos en la producción animal (especialmente láctea), los principales desafíos que los fitomejoradores y los nutricionistas animales deberán enfrentar en los próximos años incluirán seguramente: i) la disminución de la degradación ruminal de la PB a través de la incorporación de moderadas cantidades de taninos condensados (altas cantidades de taninos pueden sobreproteger la PB y comprometer la producción animal; ii) incrementar la cantidad de fibra potencialmente digestible (como fuente de energía), al tiempo que se debería reducir la cantidad de fibra de los tallos; y iii) incrementar el contenido de pectina (un polisacárido de la pared celular) como mejorador de la energía disponible y de las tasas de fermentación ruminal.

La biotecnología también ofrece un potencial muy interesante para el mejoramiento del valor nutritivo de la alfalfa. En EE.UU. existen trabajos orientados a incorporar ciertas enzimas que alteren la composición de la lignina y/o disminuyan su cantidad. En Australia se introdujo en la alfalfa un gen del girasol que codifica para la síntesis de una proteína rica en aminoácidos azufrados, con el objetivo primordial de aumentar la tasa de crecimiento de la lana de oveja 

### Bibliografía

- 1- Fick, G.W. and S.C. Mueller. 1989. *Alfalfa: Quality, Maturity and Mean Stage of Development*. Information Bull. 217, Dept. of Agronomy, Cornell Univ., Ithaca, NY, USA.
- 2- Juan, N. A., C.C. Sheaffer, D.K. Barnes, D.R. Swanson and J.H. Halgerson. 1993. *Leaf and Stem Traits and Herbage Quality of Multifoliolate Alfalfa*. *Agronomy Journal* 85(6): 1121-1127.
- 3- Jung, H.G. 1996. *Breeding for Improved Forage Quality in Alfalfa: An Animal Nutritionist's View*. Report of the 35th North American Alfalfa Improvement Conference, Oklahoma City, OK, USA, p. 70.
- 4- Putnam, D., C. Lamb, G. Peterson, S. Orloff and D. Kirby. 1997. *Alfalfa Cultivar Forage Quality Trials: 1996 Results*. *Agronomy Progress Report, AES-Coop. Ext. Bull* 261, UC Davis, USA.
- 5- Putnam, D., S. Orloff, C. Lamb, G. Peterson and D. Kirby. 1996. *Alfalfa Cultivar Forage Quality Trials: 1994 Results*. *Agronomy Progress Report, AES-Coop. Ext. Bull* 253, UC Davis, USA.