

USO DE CONCENTRADOS PARA OPTIMIZAR EL APROVECHAMIENTO DIGESTIVO DE LAS PASTURAS

Cecilia Cajarville Prof. Adj. (DMTV, PhD)
José Luis Repetto Prof. Adj. (DMTV, PhD)
Departamento de Nutrición Animal, Facultad de
Veterinaria, UdelaR. nutrag@adinet.com.uy

INTRODUCCION

En los sistemas de producción semi-intensivos de leche y carne de nuestro país la principal fuente de alimentos de alta calidad lo constituyen las praderas y verdeos que son pastoreados en forma directa. El objetivo de la suplementación con concentrados, así como las cantidades y tipo de concentrado que se utilizan dependen, en gran medida de la relación de precio de los mismos con el producto final. Por esta razón, se presenta en primer lugar una discusión acerca de la utilización digestiva y el aporte de las pasturas, para posteriormente introducirse en el tema de la suplementación y las características de algunos concentrados.

El rumen: usina de proteínas

Es importante recordar que la proteína que llega al duodeno de un rumiante está compuesta principalmente por la proteína microbiana y la proteína de origen alimenticio que no se degradó en el rumen. Mientras que la proteína no degradada posee una digestibilidad y un valor biológico muy variables (ver figura 1), la proteína microbiana es altamente digestible, de muy alta calidad y con una composición en aminoácidos muy estable (Schingoethe, 1996). De esta forma, Stern et al (1994) calculando la contribución teórica de la proteína microbiana generada en rumen concluyen que la proteína microbiana cubriría el 98% de las necesidades proteicas de una vaca de 600 kg de PV, produciendo 25 l de leche si la eficacia de síntesis de proteína microbiana en el rumen fuera alta (40 g N microbiano/kg de materia orgánica fermentada en rumen).

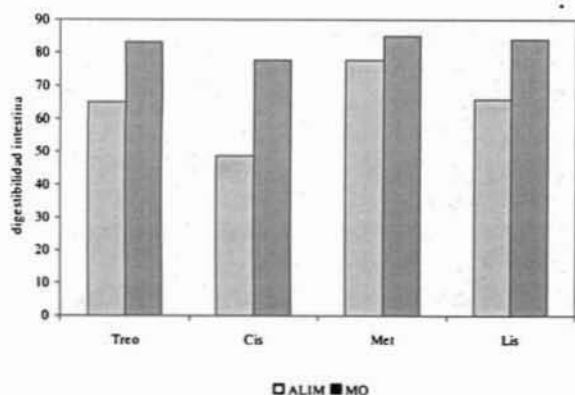


Figura 1: Digestibilidad intestinal en rumiantes de aminoácidos esenciales provenientes de alimentos (ALIM) y de microorganismos ruminales (MO) (Treo: treonina; Cis: cistina; Met: metionina; Lis: lisina) (Adaptado de Toullec y Lallès, 1995)

El metabolismo ruminal y, por lo tanto, la cantidad de proteína microbiana que se genera en el, dependen directamente de la disponibilidad de sustratos para el crecimiento microbiano (Poncet et al., 1995). Por lo tanto, la composición de la dieta - sobre todo en lo que respecta a la concentración y tipo de fuentes nitrogenadas y energéticas - es uno de los factores que más influyen en el ambiente ruminal (Stern y Hoover, 1979; Dewrust et al., 2000). Otro aspecto importante es la forma en que los nutrientes son ofertados a los microorganismos. Diversos estudios confirman que la sincronización en la fermentación ruminal de fuentes energéticas y proteicas aumenta la salida de proteína microbiana desde el rumen (Herrera Saldanha y Huber, 1989; Aldrich et al., 1993; Kim et al., 1999)

En general hay acuerdo entre distintos autores (Kaufmann et al. 1980; Rearte, 1992; Van Soest, 1994; Rémond et al., 1995) en que existen condiciones ruminales óptimas para el crecimiento microbiano, que a su vez no afectan la degradación de los componentes fibrosos de los forrajes. Estas condiciones se caracterizan por un pH cercano a la neutralidad (6.7 - 6.8), concentraciones de amoníaco de al menos 5 a 8 mg/dl (Satter y Slyter, 1974) una concentración de ácidos grasos volátiles de 75 a 90 mmol/l con una relación acético/propiónico de 3.5/1.

El proceso de formación de NH₃ en el rumen

Las proteínas degradables de la dieta sufren una hidrólisis secuencial por parte de las bacterias. En primer lugar actúan las enzimas extracelulares (proteasas y peptidasas) que como producto final liberan al medio ruminal oligopéptidos (di y tri-péptidos) y aminoácidos, los que a su vez son rápidamente absorbidos por las bacterias. En su interior actúan las enzimas intracelulares, que transforman los oligopéptidos en aminoácidos y desdoblan estos últimos -por acción de desaminasas- en NH₃ y esqueletos carbonados (Jouany, 1995). En general se acepta que la degradabilidad de las proteínas depende en gran medida de su solubilidad en el medio, dado que ésta facilitaría la adsorción de las mismas a los microorganismos, condición necesaria para que se lleve a cabo la hidrólisis (Wallace, 1991; Jouany et al., 1995)

Las proteasas bacterianas no están sujetas a los mecanismos de regulación enzimática de tipo sustrato-producto, es decir que un aumento en el rumen de la concentración de aminoácidos o amoníaco no frena la acción hidrolítica (Russell y Hespell, 1981; Jouany, 1995).

El amoníaco producido puede ser utilizado para la formación de proteína bacteriana (Sauvant et al., 1995). Para muchas especies bacterianas, la presencia de NH₃ es indispensable para esta síntesis. Tal es el caso de a



mayoría de las cepas celulolíticas (Van Soest, 1994). Por otra parte, cuando la cantidad de amoníaco producido excede la capacidad de utilización por los microorganismos, dicho exceso es absorbido a través del epitelio ruminal, transformándose en urea a nivel hepático.

LA PASTURA

¿Cómo contribuyen a este ambiente las pasturas templadas de alta calidad?

Las pasturas templadas son alimentos de alta calidad. Proporcionan al rumiante cantidades importantes de nutrientes que en su casi totalidad son aprovechados en el rumen. De esta manera, juegan un importante papel en la producción microbiana y por lo tanto en el aporte de proteínas al rumiante.

Los componentes nitrogenados de los forrajes son altamente solubles. Según Jarrige et al (1995), en promedio, el 35% de la proteína de los forrajes templados es soluble en el rumen. Analizando datos de praderas frescas (mezcla de gramíneas y leguminosas) liofilizadas Cajarville et al. (2003a) observaron que, como media, el 27% de las materias nitrogenadas era soluble en soluciones buffer, y que esa solubilidad se incrementaba significativamente cuando los forrajes eran ensilados. Consecuentemente, los componentes nitrogenados de este tipo de praderas son muy degradables en rumen, siendo además dicha degradación rápida (Sauvant et al., 1995; Cohen, 2001; Repetto et al., 2005a).

En general hay acuerdo en que cuando los animales consumen pasturas de alta calidad, la cantidad de N degradable en la dieta (y, por lo tanto de NH₃ en el rumen) no opera como limitante para el crecimiento microbiano. Es así que, de acuerdo con distintos trabajos las concentraciones de amoníaco, en bovinos que pastorean forrajes de buena calidad son muy variables (6-30 mg/dl), aunque generalmente superiores a los mínimos mencionados (Van Vuuren, 1986; Nápoli y Sanitini, 1988; Khalili y Sairanen, 2000).

En nuestro país, los trabajos realizados por el Departamento de Nutrición de la Facultad de Veterinaria con bovinos pastoreando praderas implantadas de gramíneas y leguminosas, reflejaron que las concentraciones de amoníaco ruminales son elevadas (20.1 mg/dl en promedio), no habiéndose registrado valores puntuales en ningún momento por debajo de los considerados limitantes (ver figura 2).

Por otra parte, este tipo de pasturas aporta cantidades interesantes de fibras potencialmente degradables. En trabajos realizados en Uruguay estudiando la degradación de las paredes celulares en el rumen de praderas templadas (mezclas de gramíneas y leguminosas) en floración y en prefloración, se ha observado que entre el 55

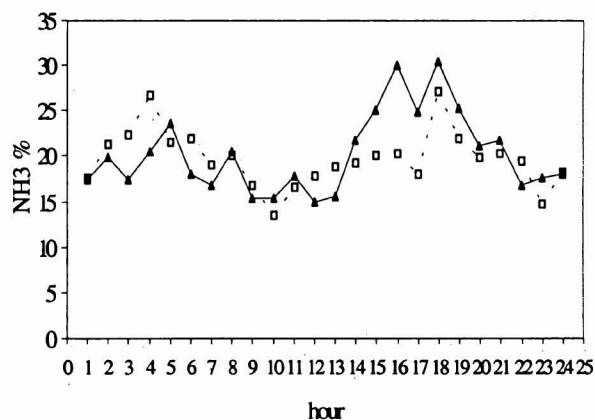


Figura 2: Dinámica de las concentraciones de NH₃ ruminal de vacas pastoreando praderas suplementadas con trigo o con maíz (los granos se suministraban a razón del 33 % de la materia seca total ingerida, a las 8 y a las 20 horas, los animales permanecían encerrados entre las 8-12 y las 20-24 horas). Repetto et al., 2001.

y el 70% de la FND es potencialmente degradable en el rumen, y lo hacen a una velocidad relativamente alta para el tipo de fracción de que se trata (7-10% por hora), aunque dicha degradación disminuye cuando los forrajes son ensilados (Cajarville et al., 2003b; Cajarville et al., 2005). Estos valores son superiores a los comunicados por Spanghero et al. (2003), quienes analizando henos con contenidos en paredes celulares que abarcaban un amplio rango, observaron que entre un 38 y un 65% de la FND se degradó en el rumen

Esta alta degradación de las fibras, lleva a que cuando los animales consumen la pradera se produzcan ácidos grasos volátiles en alta cantidad, los cuales son responsables en última instancia, de la disminución del pH ruminal. Rearte (1992) describe niveles más bajos de pH en animales a pastoreo de praderas templadas relativamente bajas (5.9-6.2), semejantes a los que se presentarían con altos suministros de granos.

En trabajos realizados por el Departamento de Nutrición en los que se medía el pH ruminal durante 24 h, en todos los casos se observaron disminuciones de pH, aún luego de las horas de pastoreo más intenso (ver figura 3).

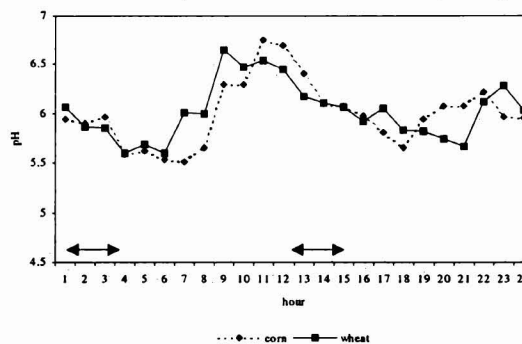


Figura 3: Dinámica del pH ruminal de vacas pastoreando praderas suplementadas con trigo o con maíz (los animales permanecían encerrados entre las 8-12 y las 20-24 horas, las flechas indican las horas de pastoreo más intenso). Repetto et al., 2001.

En un experimento posterior, trabajando con animales que consumían solamente pasturas en forma restringida, a un ritmo de ingestión alto, se estudió el efecto del consumo de la pastura sobre el pH ruminal. Se trabajó con 3 grupos de animales (terneros en crecimiento, corderos en crecimiento y vacas adultas) que eran monitoreados las 24 horas del día. Las curvas se presentan en la figura 4.

Como se observa en la figura 4, el forraje como único alimento, consumido a elevados ritmos de ingestión provoca disminuciones de pH ruminal hasta niveles considerados de acidosis (Nordlund, et al., 2004). Aproximadamente a las 12 horas del inicio de la ingestión de pradera se recuperan los niveles de pH iniciales.

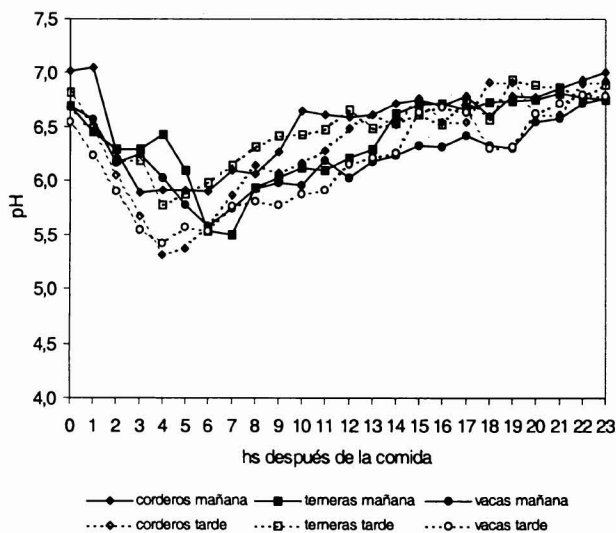


Figura 4: Dinámica del pH ruminal de vacas, terneras y corderos consumiendo praderas mezclas de gramíneas y leguminosas en forma restringida (los animales tenían acceso a la pradera durante 4 horas en la mañana: corderos mañana, terneras mañana y vacas mañana o en la tarde: idem tarde; cada punto representa el valor promedio de 4 animales). Departamento de Nutrición 2004, datos sin publicar.

El otoño: un caso muy particular

En nuestro país, es sabido que el otoño presenta una problemática particular. Una observación muy habitual en esta estación es la obtención de menores rendimientos que los esperados en predios que manejan pasturas de muy buena calidad. Una de las causas es el tenor de humedad de las pasturas, que en esta época fácilmente supera el 80%, sobre todo en las gramíneas anuales. Cuando las pasturas poseen un tenor de humedad excesivo, comienzan a producirse limitaciones en el consumo de forraje (Demment et al., 1995). La baja ingestión de forraje puede solucionarse complementando la dieta con pasturas más sazonadas o con heno. De todas formas, muchas veces el problema se presenta por una subestimación de la ingestión de forraje.

Hay otras particularidades en cuanto a la composición química de los forrajes en esta época del año. En un trabajo realizado en nuestro país, en que se muestrearon

cultivos puros de gramíneas y leguminosas en tres momentos del día durante el otoño, se constató que el nivel de azúcares en las plantas (2.5-7% en base seca) era menor que el referenciado en la bibliografía y que el mismo aumentó más de un 100% en el correr del día (Repetto et al., 2003a). De la misma forma, se registraron por la tarde aumentos importantes de la relación azúcares/N (Repetto et al., 2003b), siendo mayor esta relación en tallos que en hojas (Cajarville et al., 2003c). Este comportamiento se ilustra en la figura 5.

Estas mismas muestras se utilizaron posteriormente en pruebas de producción de gas in vitro. Estas pruebas consisten en incubar muestras de forraje en líquido ruminal dentro de frascos herméticos y con condiciones de temperatura controlada. En estas condiciones se mide la cantidad de gas y a la velocidad que se produce el mismo durante la incubación. El gas producido es indicativo del proceso fermentativo y del valor de la muestra de forraje como sustrato para la fermentación (Menke y Steingass, 1988; Cone et al., 1996).

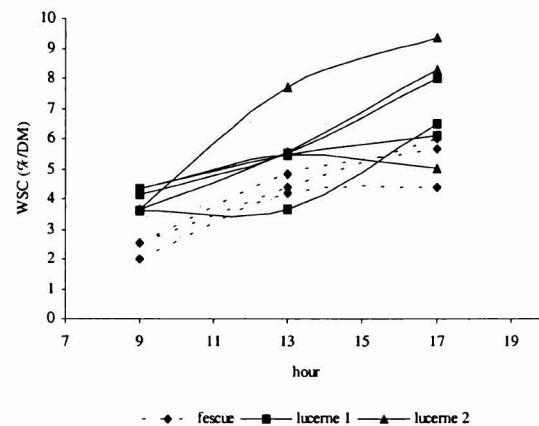


Figura 5: Concentración de azúcares (WSC) de pasturas cortadas en otoño según la hora de corte.

Quando se incubaron las muestras de los cultivos anteriormente mencionados se obtuvieron resultados interesantes (datos aún sin publicar). En primer lugar, se observó que la producción de gas fue diferente entre las distintas pasturas, pero en todos los casos fue menor que las referencias internacionales para pasturas y forrajes templados. Además, tanto la producción total de gas como la velocidad de fermentación aumentaron en forma significativa cuando las pasturas fueron cortadas de tarde, independientemente de la fecha de muestreo. Esta mayor producción por la tarde, coincidió con los horarios de mayor concentración de azúcares.

Resumiendo....

Quando se habla de pasturas templadas mezcla de gramíneas y leguminosas, en general estamos hablando de un alimento de alta calidad. Este tipo de pastura tiene un contenido en proteína alto, la cual además es



muy degradable en el rumen y además se degrada en forma rápida. Como consecuencia, cuando los animales pastorean estas praderas, sobre todo en estados vegetativos tempranos, normalmente el N en el rumen es suficiente como para promover altas producciones microbianas.

Finalmente, a pesar de que los componentes fibrosos de este tipo de material forrajero es altamente degradable, en muchas ocasiones (sobre todo en otoño-invierno) la cantidad de azúcares presentes en el vegetal no es suficiente para optimizar la producción microbiana.

SUPLEMENTACION: ¿SUPLEMENTACION?

La pregunta del subtítulo hace referencia a que, en general, en nuestras condiciones pastoriles de producción, siempre que se agregan a la dieta alimentos concentrados o subproductos se habla de suplementación de pasturas. Sin embargo, aquí es necesario identificar dos situaciones, que llamaremos en forma casi arbitraria «concentrado como suplemento» o «concentrado como alimento base».

Concentrado como suplemento: esta denominación hace referencia a las situaciones en las cuales el principal componente de la dieta lo constituye la pastura. El agregado de concentrados tendrá como objetivo balancear o complementar la pastura. En este caso para nuestras condiciones de producción semi-intensivas pastoriles, en función de lo visto anteriormente, la suplementación tendrá como objetivo optimizar la producción microbiana ruminal utilizando lo más eficientemente posible los componentes nitrogenados que abundan en la pastura. El suplemento debería, fundamentalmente, aportar los carbohidratos de rápida degradación faltantes, y para ello los granos y sus subproductos (afrechillos) serían en principio un complemento adecuado. En este caso, es importante tener en cuenta los distintos ritmos de fermentación de los almidones, sobre todo porque los granos y subproductos se suministran en momentos puntuales. Esto facilita que sucedan casos de acidosis subclínica, aún con cantidades pequeñas de concentrados, sobre todo si se suplementa con afrechillos.

El segundo caso que se plantea, hace referencia a dietas que utilizan altas cantidades de concentrados, lo cual es muy habitual en sistemas de producción intensivos, pero también en los semi-intensivos cuando los granos y subproductos tienen una buena relación de precios. En estos casos cabe la pregunta de ¿quién suplementa a quién? Es decir, ya no son los concentrados y/o subproductos que complementan la pastura, sino que, en muchos casos, la pastura es el verdadero suplemento, corrigiendo principalmente deficiencias en los componentes que forman parte de la fibra efectiva de la dieta.

Algunas puntualizaciones que puede ser interesante re-

marcar con respecto a este tipo de dieta:

- En este caso, a diferencia del anterior, los concentrados representan el principal componente de la dieta. En ese sentido, deberán considerarse más como un alimento completo que como un suplemento. Por lo tanto la mezcla deberá incluir granos, concentrados proteicos, subproductos y aditivos para mejorar la función ruminal.

- En general, cuando se maneja este tipo de dieta, se plantean niveles de producción más elevados. Optimizar la producción microbiana en el rumen será condición necesaria, pero no suficiente. Es conveniente además, tener en cuenta la posibilidad de incorporar nutrientes de pasaje, con lo que surge otro conjunto de elementos a tener en cuenta. El aporte de proteínas y grasas de pasaje, la digestibilidad de las proteínas de pasaje a nivel intestinal, son todos objeto de consideración.

- Debe tenerse en cuenta además, que, en general, a mayor cantidad de granos en la dieta y a mayor nivel de producción, mayor será la velocidad con que los alimentos transitan por el tubo digestivo (ver cuadros 1 y 2). Esto hará que se incremente la cantidad de almidón que escapa a la fermentación ruminal para ser digerido a nivel intestinal. En el próximo ítem se hará hincapié en este punto.

Cuadro 1: Tránsito digestivo de partículas en rumiantes según el tipo de alimento (Adaptado de Cajarville et al., 1999 y Cajarville et al., 2000)

Alimento	kp (%h-1)	TMP (h)
Forraje fresco	2.85	72.1
Forraje seco	2.56	72.3
Paja	1.95	86.9
Semilla	3.44	54.1

kp: ritmo de abandono de las partículas del rumen; TMP: tiempo medio de permanencia en la totalidad del tubo digestivo.

Cuadro 2: Tránsito de partículas por el rumen según el nivel de producción del animal (AFRC, 1993)

Nivel de producción	kp (%h-1)
Mantenimiento	2
Producción media (2 x mant.)	5
Producción alta (>2 x mant.)	8

kp: ritmo de abandono de las partículas del rumen

Por razones de extensión de la temática, en los próximos apartados se hará únicamente referencia al aprovechamiento digestivo de los almidones de granos de cereales y subproductos por el rumiante.



DIGESTION DE LOS ALMIDONES POR EL RUMIANTE

Los distintos granos de cereales y sus subproductos difieren tanto en el contenido de almidón como en las características del mismo en cuanto a la digestión. En el cuadro 3 se presentan datos de contenidos en almidón de granos y subproductos.

Cuadro 3: Contenidos en almidón de diferentes granos y subproductos según Offner et al., 2003.

Alimento	Almidón (% base seca)	DE
Maíz	70.4	4.77
Sorgo	72.3	4.79
Cebada	57.8	4.74
Trigo	67.6	4.76
Avena	44.6	4.76
Gluten feed	20.6	4.79
Afrechillo de arroz	27.9	4.80
Harina de soja	3.20	4.79
Papa	69.1	4.79

DE: desvío estándar

Degradación ruminal de los almidones

Las partículas de almidón que llegan al rumen son atacadas por endo y exoenzimas bacterianas que hidrolizan los enlaces α -1-4 y α -1-6 de amilosa y amilopectinas hasta glucosa. La glucosa es transformada en ácido pirúvico a través de la glucólisis dentro de la célula bacteriana. El ácido pirúvico puede seguir varias vías, una de las cuales

es la formación de ácido láctico y posteriormente propiónico que sale de la célula bacteriana. Es importante recordar que éste es el principal precursor de la glucosa hemática que se genera por gluconeogénesis a nivel hepático.

La magnitud de la degradación en rumen va a variar de acuerdo a la fuente de almidón. Offner et al. (2003), trabajando con 302 muestras de cereales y subproductos provenientes de 48 trabajos, observaron que la degradación de los almidones variaba en un rango de 60 a 95 %, con valores cercanos al 60 para granos como el maíz y el sorgo y de 95 para almidones provenientes del trigo y cebada. Los resultados en la degradabilidad de los almidones tuvieron una muy alta correlación ($R^2=0.8$; $RSD=0.091$) con la degradación de la materia seca total de los granos. Según los autores, los resultados de degradabilidad de los almidones se explican por las diferencias en las fracciones solubles (25 % para sorgo y maíz y hasta 70% para trigo y cebada) y también por la velocidad de degradación (5 %h⁻¹ para maíz y sorgo y 30 %h⁻¹ para trigo y cebada). Los principales factores que afectan la degradabilidad del almidón tienen que ver con la cristalinidad, tamaño y forma del gránulo así como también con los contenidos en amilosa, amilopectina y las características de la matriz proteica que rodea el gránulo.

Huntington (1997) realizó una revisión de los coeficientes de digestibilidad de almidones en rumen y en intestino, publicados por distintos autores, trabajando con distintos granos y tratamientos. Los resultados se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4: Datos publicados entre 1986 y 1995 sobre coeficientes de digestibilidad de almidones en rumen e intestino, según Huntington, 1997.

Grano	Procesamiento	kg/d almidón	dig. rumen (%)	dig. intestino (%)	% digerido en todo el tracto.
MAÍZ	aplastado	2.06	76.2	16.2	92.2
	extrusado	2.2	84.8	14.1	98.9
	ensilado	3.89	89.9	6.3	95.3
	molido	10.65	49.5	44	93.5
SORGO	aplastado	4.81	59.8	26.1	87.2
	extrusado	4.78	78.4	19.6	98.0
	ensilado	3.64	73.2	19.6	92.8
	molido	3.81	70.0	15.4	91.0
CEBADA	aplastado	4.09	80.7	13.7	94.3
	aplastado-vapor	4.53	84.6	13.6	98.2
TRIGO	aplastado	2.94	88.3	9.9	98.2
	aplastado-vapor	2.87	88.1	10.0	98.6
AVENA	aplastado	1.53	92.7	5.6	98.3
	aplastado-vapor	1.49	94	4.5	98.8



Como se observa en el cuadro, en general el procesamiento del grano aumenta su degradabilidad. Este aumento se produce, ya sea por disminución en el tamaño de partícula, gelatinización del almidón o ruptura de la matriz proteica que recubre el gránulo. La disminución en el tamaño de partícula aumentaría la solubilización del material y la disponibilidad para el ataque bacteriano-enzimático.

La gelatinización provocaría cambios físicos y químicos del almidón que también lo hacen más disponible. La ruptura de la matriz proteica se produciría a través de los enlaces de hidrógeno y absorción de agua, lo que también facilita el acceso bacteriano-enzimático (Offner et al., 2003).

Digestión intestinal del almidón no degradado en rumen

El almidón que escapa a la degradación ruminal es atacado en intestino por α -amilasas pancreáticas que hidrolizan el almidón hasta dextrinas límite y oligosacáridos lineales de 2 o 3 unidades de glucosa. Las oligosacarasas del borde en cepillo de la pared intestinal terminan el proceso. La glucosa proveniente de esta digestión puede ser absorbida al torrente sanguíneo por dos vías principales: transporte activo o difusión paracelular. El transporte activo involucra transportadores Na dependientes (SGLT1) (Harmon y McLeod, 2001), cuya cantidad depende directamente del área de microvellosidades, y es más denso en la porción proximal del intestino.

Cuando la cantidad de almidón que llega al intestino es importante, el sistema digestivo a dicho nivel se ve superado y parte de ese almidón aparece sin digerir en la materia fecal. Según Huntington (1997) el 45% del almidón entrante en el intestino puede no ser absorbido. En estos casos, los factores limitantes pueden ser básicamente dos: la cantidad de amilasa secretada y la disponibilidad de transportadores SGLT1.

Trabajos recientes, indican que un aumento de la proteína disponible en el intestino tendría como efecto un aumento de la digestibilidad intestinal del almidón por una mayor actividad de las enzimas pancreáticas, incluyendo las amilasas (Taniguchi et al., 1995). A partir de estos resultados las deficiencias en la digestión intestinal del almidón estarían relacionadas con una inadecuada actividad pancreática.

Estos problemas se hacen patentes cuando las cantidades de almidón ingeridas son altas y el ritmo de ingestión -y por tanto de tránsito- también es elevado (ver cuadro 2).

El sorgo: ¿alto o bajo valor nutritivo?

En nuestro país, el grano de sorgo es de los cereales

más utilizados en alimentación animal, principalmente debido a la adaptación del cultivo a nuestras condiciones productivas. La casi totalidad del sorgo producido, además se utiliza dentro del país, fundamentalmente en alimentación animal (DIEA, 2001). Aunque tiene un alto contenido en almidón (similar al del maíz, ver tabla 3) es habitual que, a nivel de campo, se observen resultados productivos menores que con este último cuando se utiliza sorgo como suplemento.

Un aspecto a considerar en este grano es la presencia de taninos en algunos genotipos (0.2 a 6.9% según el híbrido), que se asocian positivamente con algunos atributos agronómicos pero negativamente con la calidad nutricional del grano (Russell y Lolley, 1989). Los sorgos oscuros (también conocidos como antipájaros), con altos contenidos en taninos, son más resistentes a las plagas pero como contraparte, tienen una peor palatabilidad y una menor digestibilidad que los sorgos dulces.

En nuestro país, existen muy pocos datos sobre la utilización digestiva de los distintos tipos de sorgo. D'Alessandro et al. (1997) midiendo la digestibilidad de diferentes tipos de sorgo en cerdos, comunicaron valores llamativamente bajos (53.6% de digestibilidad real para la proteína) para los genotipos identificados como altos en taninos.

Existen distintos tratamientos poscosecha, como el ensilado, el tratamiento con soda o urea, que tienden a reducir el contenido en taninos de sorgos antipájaros. Hill et al. (1991) comprando el sitio y la magnitud de la digestión total de sorgos secos, ensilados y tratados con urea llegaron a la conclusión de que los tratamientos más efectivos fueron el ensilaje y el tratamiento con urea. La digestión ruminal y total del almidón, subió 19 y 8 puntos porcentuales respectivamente en el ensilado con respecto al seco, mientras que en el tratado con urea las mismas digestiones aumentaron 13 y 6 puntos porcentuales. Por otra parte, Russell et al. (1988) también comunicaron aumentos en la degradabilidad ruminal por el tratamiento con urea en graos secos, dado que se produce un fraccionamiento de la cutícula externa del grano, quedando además el almidón menos cristalino, lo cual fue evidenciado por el seguimiento de fotografía microscópica. Así es que se ha propuesto que estos tratamientos podrían sustituir la molienda del grano (Russell et al., 1988; Hill et al., 1991; Owens et al., 1997).

En un experimento desarrollado en nuestro país, se estudiaron granos de sorgo de distintos genotipos (sorgos antipájaros y sorgos dulces), que habían sido cosechados temprana (más de 25% de humedad) y tardíamente (menos de 14 % de humedad). El sorgo cosechado temprano presentó en todos los casos una degradabilidad ruminal mucho mayor que el cosechado tardío (65.3 vs 44.1 %; $P < 0.001$). A su vez, la diferencia en la degradabilidad ruminal de los sorgos cosechados tempranos y tardíos fue mayor para los granos corres-



pondientes a la variedad antipájaros (65.3 vs 44.1 % para los cosechados tempranos y tardíos respectivamente; $P < 0.001$), que para los sorgos dulces (65.2 vs 47.4 % para los cosechados tempranos y tardíos respectivamente; $P < 0.001$) (Repetto et al., 2005b). Las bajas degradabilidades ruminales de los sorgos antipájaros (44.1%), pueden explicar, al menos en parte la causa de los bajos rendimientos mencionados. Actualmente el Departamento de Nutrición de la Facultad de Veterinaria efectúa estudios de digestibilidad intestinal de los residuos de sorgo no digeridos en el rumen.

CONSIDERACIONES FINALES

El objetivo de esta presentación era tratar algunos aspectos relacionados con la suplementación en sistemas básicamente pastoriles. Como se desprende de lo anterior las situaciones incluidas dentro del término «suplementación» pueden ser diversas y conceptualmente diferentes. Tal es lo que se intentó transmitir al hablar de «concentrado como suplemento o concentrado como alimento base». No se pueden establecer reglas fijas, ya que las condiciones que determinan una suplementación son extremadamente variables. Como muestra, alcanza con comparar las relaciones de precios concentrado/leche y concentrados/carne en los últimos años. Por esta razón, siempre será necesario que el técnico conozca los mecanismos intrínsecos de la nutrición y de la alimentación (procesos digestivos, destino de los productos terminales, valor nutritivo de los alimentos), que son los que le permitirán adaptarse a la realidad, que siempre es cambiante.

BIBLIOGRAFIA

AFRC 1993. Energy and Protein Requirements of Ruminants. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.
Aldrich J.M., Muller L.D., Varga G.A. 1993. Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76: 1091.
Cajarville C., González J., Repetto J.L., Rodríguez C., Martínez A. 1999. Nutritive value of green forage and crop by-products of *Cynara Cardunculus*. *Ann. Zootech.* 48: 353-365.
Cajarville C., González J., Repetto J.L., Alvir M.R., Rodríguez C. 2000. Nutritional evaluation of cardoon (*Cynara Cardunculus*) seed for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 87: 203-213.
Cajarville C., D'Alessandro J., Soto C., Curbelo A., Garín D., Repetto J.L. 2003a. Ruminal N degradability of fresh, wilted and ensiled forages. *Proc. of the British Society of Animal Science*, 172.
Cajarville C., Aguerre M., Echarri V., Repetto J.L. 2003b. Ruminal degradation of cell-wall constituents of lucerne as fresh forage and ensiled with different doses of fresh cheese whey as additive. *Proc. of the IX World Conference on Animal Production*, 26.

Cajarville C., Errandonea N., Britos A., Cozzolino D., Topolansky M., Repetto J.L. 2003c. Nutritive value of Lucerne and Fescue during autumn II: Chemical composition of different parts of the plant. *Proc. of the IX World Conference on Animal Production*. 2003: 26.
Cajarville C., Azanza G., Aguirre N., Fagalde D., Repetto J.L. 2005. Ruminal degradation of cell-wall constituents of temperate grass and legume mixtures ensiled with fresh cheese whey. *VI Congresso Brasileiro de Buiatria* (enviado).
Cohen D.C. 2001. Degradability of crude protein from clover herbage used in irrigated dairy production systems in northern Victoria. *Aust. J. Agric. Res.* 52: 415-425.
Cone J.W., van Gelder A.H., Visser G.J.W., Ouldahorn. 1996. Influence of rumen fluid and substrate concentration on fermentation kinetics measured with a fully automated time related gas production apparatus. *Anim. Feed Sci. Technol.* 61: 113.
D'Alessandro J., Barlocco N., Peinado R., Garín D. 1997. Digestibilidad, balance nitrogenado y energía de granos de sorgo alto y bajo en taninos para cerdos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol 17, Sup. 1.
Demment M.W., Peyraud J.L., Laca E.A. 1995. Herbage intake at grazing: a modelling approach. En: *Recent developments in the nutrition of herbivores*. INRA editions, Paris.
Dewhurst R.J., Davies D.R., Merry R.J. 2000. Microbial protein supply from the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.* 85: 1-21.
DIEA 2001. Anuario Estadístico Agropecuario 2001. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Estadísticas Agropecuarias, Uruguay.
Harmon D.L., McLeod K.R. 2001. Glucose uptake and regulation by intestinal tissues: Implications and whole-body energetics. *J. Anim. Sci.* 79:E59-E72.
Hill T.M., Schmidt S.P., Russell R.W., Thomas E.E., Wolfe D.F. 1991. Comparison of urea treatment with established methods of sorghum grain preservation and processing on site and extent of starch digestion by cattle. *J. Anim. Sci.* 69: 4570-4576.
Herrera Saldanha R., Huber J.T. 1989. Influence of varying protein and starch degradabilities on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 72: 1477.
Huntington G. B. 1997. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *J. Anim. Sci.* 75: 852-867.
Jarrige R., Grenet E., Demarquilly C., Besle J.M. 1995. Les constituants de l'appareil végétatif des plantes fourragères. En: *Nutrition des ruminants domestiques*. Ed. INRA, Paris.
Jouany J.P., Broudicou L., Prins R.A., Komisarezuk-Bony S. 1995. Métabolisme et nutrition de la population microbienne du rumen. En: *Nutrition des ruminants domestiques*. Ed. INRA, Paris.
Kaufmann W., Hagemeister W., Dirksen G. 1980. Adaptation to changes in dietary composition, level and frequency of feeding. En: *Digestive physiology and metabolism in ruminants*. Ed. Ruckebusch Y., Thivend P. AVI Publishing Co., Westport, CT.



- Khalili H., Sairanen A. 2000. Effect of concentrate type on rumen fermentation and milk production of cows at pasture. *Anim. Feed Sci. Technol.* 84: 199.
- Kim K.H., Choung J.J., Chamberlain D.G. 1999. Effects of varying degrees of synchrony of energy and nitrogen release in the rumen on the synthesis of microbial protein in cattle consuming a diet of grass silage and cereal based concentrate. *J. Sci. Food Agric.* 79: 1441-1447.
- Menke K.H., Steingass H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Develop.* 28: 7-55.
- Nápoli G.M., Santini F. J. 1988. Suplementación energético-proteica de forrajes frescos en condiciones de pastoreo: I. Efecto sobre el medio ambiente ruminal y la degradabilidad proteica. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 8 (Sup 1): 39.
- Nordlund K.V., Cook N.B., Oetzel G.R. 2004. Investigation strategies for laminitis problem herds. *J. Dairy Sci.* 87: 27-36.
- Offer A., Bach A., Sauvant D. 2003. Quantitative review of in situ starch degradation in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.* 106: 81-93.
- Owens F.N., Secrist D.S., Hill W.J., Gill D.R. 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 75: 868-879.
- Poncet C., Michalet-Doreau B., McAllister T., Rémond D. 1995. Dietary compounds escaping rumen digestion. En: *Recent developments in the nutrition of herbivores. Proc. of IVth International Symposium on the Nutrition of Herbivores.* Ed. INRA, Paris.
- Rearte D.H. 1992. En: *Alimentación y composición de la leche en los sistemas pastoriles.* Ed. CERBAS-INTA, Argentina.
- Rémond B., Brugère H., Poncet C., Baumont R. 1995. Le contenu du réticulo-rumen. En: *Nutrition des ruminants domestiques.* Ed. INRA, Paris.
- Repetto J.L., Aguerre M., Alonso M., Curbelo A., Errandonea N., Cajarville C. 2001. Concentración de amoníaco ruminal en vacas a pastoreo, suplementadas con distintos granos. VII Congreso Nacional de Veterinaria. Montevideo.
- Repetto J.L., Errandonea N., Britos A., Cozzolino D., Cajarville C. 2003a. Changes in water soluble carbohydrate contents during the day in Lucerne and Fescue cut in autumn. *Proc. of the British Society of Animal Science*, 176.
- Repetto J.L., Britos A., Cozzolino D., Errandonea N., Cajarville C. 2003b. Nutritive value of Lucerne and Fescue during autumn I: relationship between water soluble carbohydrates and nitrogen contents throughout the day. *Proc. of the IX World Conference on Animal Production.* 26.
- Repetto J.L., Cajarville C., D'Alessandro, Curbelo A., Soto C., Garin D. 2005a. Effect of wilting and ensiling on ruminal degradability of temperate grass and legume mixtures. *Animal Research*, 54 (en prensa)
- Repetto J.L.; Curbelo A.; Melogno E.; Ortiz R.; Cajarville C. 2005b. Ruminal degradation of different genotypes of sorghum grains harvested with high or low moisture. *Congresso Brasileiro de Buiatría.* Buzios, Mayo 2005.
- Russell J.B., Hespel R.B. 1981. Microbial Rumen Fermentation. *J. Dairy Sci.* 64: 1153-1169.
- Russell R.W., Lolley J.R. 1989. Deactivation of tannin in high tannin milo by treatment with urea. *J. Dairy Sci.* 72: 2427-2430
- Russell R.W., Lin J.C.M., Tomas E.E., Mora E.C. 1988. Preservation of high-moisture milo with urea: grain properties and animal acceptability. *J. Anim. Sci.* 66: 2131-2139.
- Satter L.D., Slyter L.L. (1974) Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *Br. J. Nutr.* 32: 199-208.
- Sauvant D., Grenet E., M-Doreau B. 1995. Dégradation chimique des aliments dans le réticulo-rumen: cinétique et importante. En: *Nutrition des ruminants domestiques.* Ed. INRA, Paris.
- Schingoethe D.J. 1996. Balancing the amino acids needs of dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 60: 153.
- Stern M.D., Hoover W.H. 1979. Methods for determining and factors affecting rumen microbial protein synthesis: a review. *J. Anim. Sci.* 49: 1590.
- Stern M.D., Calsamiglia S., Endres M.I. 1994. Dinámica del metabolismo de los hidratos de carbono y del nitrógeno en el rumen. En: *Nuevos sistemas de valoración de alimentos y programas alimenticios para especies domésticas.* Ed. FEDNA, Madrid.
- Spangero M., Boccalon S., Gracco L., Gruber L. 2003. NDF degradability of hays measured in situ and in vitro. *Anim. Feed Sci. Technol.* 104: 201-208.
- Taniguchi K., Huntington G.B., Glenn B.P. 1995. Net nutrient flux by visceral tissues of beef steers given abomasal and ruminal infusion of casein and starch. *J. Anim. Sci.* 73:236.
- Toullec R., Lallès J.P. 1995. Digestion dans la caillette et l'intestin grêle. En: *Nutrition des ruminants domestiques.* Ed. INRA, Paris.
- Van Soest P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant.* Ithaca, N.Y. Cornell University Press.
- Van Vuuren A.M., van der Koelen C.J., Vroons de Bruin J. 1986. Influence of level and composition of concentrate supplements on rumen fermentation patterns of grazing cows. *Netherlands J. of Agric. Sci.* 34: 457.
- Wallace R.J. 1991. Rumen proteolysis and its control. En: *Rumen microbial metabolism and ruminant digestion.* Ed. Jouany J.P. INRA, Paris