

# Consideraciones sobre el uso de almidones en el racionamiento del vacuno lechero



## Introducción

Desde la aparición del último NRC (2001) de vacuno lechero, la producción media en EEUU ha incrementado casi un 20% (1,5% anual). En España, el incremento medio de producción ha sido casi inapreciable, en parte debido a la crisis de precios de los alimentos, pero en las zonas "no-cornisa cantábrica" el aumento ha sido de un 12% en los últimos 12 años (un 1,0% anual) a pesar de la crisis, con el mayor aumento en los últimos 3 años.

La última versión del sistema americano de formulación de raciones (NRC, 2001) introdujo numerosas modificaciones sustanciales, como una ecuación empírica de estimación de la ingestión de materia seca, un nuevo sistema de valoración energética de los alimentos basado en su composición química, la digestibilidad de los nutrientes y los efectos de la ingestión (que afectan a la velocidad de tránsito), las recomendaciones de niveles de fibra y fibra forrajera (FND, FND-forrajera y FAD, entre otras). Sin embargo, algunas recomendaciones para nutrientes específicos no se consideraron, siendo el al-

midón el más obvio por su relevancia y por las dudas y preguntas que genera en el sector, tanto entre ganaderos como profesionales de la alimentación.

El objetivo del presente documento es aportar una serie de evidencias que justifican las estrategias de uso del almidón en el ganado vacuno lechero.

## Beneficios y riesgos de los almidones y recomendaciones

El nivel de almidón en la dieta es un factor determinante del contenido total de energía. Pero además, el almidón juega dos papeles muy relevantes en la alimentación de la vaca: **a)** aporta energía a las bacterias ruminales que favorecen la síntesis de proteína de calidad (con un excelente perfil de aminoácidos); y **b)** aporta glucosa para el animal de forma directa (como almidón bypass ruminal y digestible en el intestino), o indirecta (a través de la producción de propiónico en el rumen como precursor), un metabolito esencial y que está directamente implicado en la producción de leche y la regulación de la aparición de cetosis, e indirectamente en la disponibilidad de aminoácidos para la síntesis de proteína en leche.

En el contexto de los animales de alta producción, un mayor contenido en almidones tiene, indudablemente, ventajas, por su mayor aporte de energía y sus efectos no-energéticos. Sin embargo, su nivel de inclusión está limitado por el riesgo de acidosis, que, a su vez, dependen de su velocidad de degradación y de la capacidad tamponante del rumen. Estos factores, además, están influenciados por la coordinación temporal de la fermentación de los nutrientes, donde el manejo juega un papel fundamental. Así pues, sean cuales sean las recomendaciones, deberá considerarse el contexto de la dieta y el manejo que se realiza.

Respecto a los almidones hay dos aspectos que no están definidos en el NRC (2001) y deberían definirse con mayor precisión:

- a) los niveles óptimos,
- b) su degradabilidad ruminal

Los almidones mejoran el funcionamiento ruminal, estimulan la ingestión de materia seca, incrementan el valor energético de la ración y la ingestión total de energía, favorecen la síntesis de

### Sergio Calsamiglia.

Servei de Nutrició i Benestar Animal  
Universitat Autònoma de Barcelona- 08193-Bellaterra  
sergio.calsamiglia@uab.es

proteína microbiana, y aportan precursores para la neoglucogénesis, que es esencial en los animales de alta producción. Sin embargo, es bien sabido que un exceso de almidones o el uso de almidones de degradación rápida en el rumen conllevan un riesgo elevado de desencadenar una acidosis.

En la bibliografía existe suficiente evidencia para establecer un rango de niveles máximos, siempre limitados por el tipo de cereal y su procesado. Firkins y col. (2001) realizaron un meta análisis de los resultados obtenidos en estudios in vivo y concluyeron que los niveles que optimizaban la producción de leche eran del 28%. Shaver y col. (2008; entre el 24 y el 30%), Bucholz y col. (2006; entre el 24 y el 30%) y Stapels y col. (2007; entre el 24 y el 26%) han establecido otros rangos de recomendaciones.

Es probable que el grado de incertidumbre entre el 24 y el 30% dependa de las características de la fuente de almidón, como su velocidad de degradación en el rumen, y del contexto de la dieta completa respecto a su capacidad de generar capacidad tampón. La información bibliográfica sobre los perfiles de fermentación ruminal de los diferentes tipos de almidón está suficientemente descrita como para incorporarlo al sistema en la misma estructura diseñada para la degradación de la proteína (fracción soluble, potencialmente degradable y velocidad de degradación), y establecer niveles de degradación efectiva en función de la velocidad de tránsito. En este sentido, el lector puede referirse a los trabajos de Offner y col. (2002), que realizaron una revisión sistemática de los parámetros de degradabilidad ruminal de numerosos ingredientes de uso frecuente en vacuno lechero (Cuadro 2).

#### Uso de almidones degradables o bypass

Otro problema más complicado de resolver es la determinación de las recomendaciones en unidades de almidón total y la proporción degradable en el rumen. De hecho, hay argumentos para defender los beneficios de aportar almidón bypass, ya que el cálculo estequiométrico de la eficiencia de utilización de la energía del almidón si éste se utiliza en el rumen o en el intestino delgado demuestra que su utilización postruminal mejora en 17 unidades de porcentaje su valor energético (Cuadro 1).

Pero la respuesta en condiciones de campo no es tan fácil de resolver, ya que la reducción de la degradabilidad ruminal con frecuencia conlleva una reducción de la degradabilidad del tracto total, reduciendo su contenido energético total. El grado de incertidumbre (por no decir desconocimiento) sobre la conveniencia o no de utilizar el almidón en el rumen o en el intestino delgado se refleja en las publicaciones científicas recientes, que presentan estrategias nutritivas con objetivos divergentes, bien sea para aumentar (Klingerman y col., 2008; McCarthy y col. 2011) o reducir (Speight y col., 2007; Blanch y col. 2010) la degradabilidad ruminal del almidón. Indudablemente, cada uno de estos trabajos tiene buenos argumentos para defender su propia propuesta, pero está claro que ambas no pueden ser igualmente correctas.

La degradabilidad ruminal de las diferentes fuentes de almidón se han determinado tradicionalmente por el método in situ (Offner y col., 2002; Cuadro 2). De este tipo de datos se han establecido valores medios de velocidad de degradación del almidón de los diferentes cereales, que varían desde el 10%/h en el grano de maíz entero al 40%/h en el trigo (Sistema de Cornell, CNCPS, 2013), resultando en degradabilidades efectivas del almidón entre el 95% en el trigo y el 65% en el grano de maíz

entero. Sin embargo, si centramos la atención en aquellos cereales de uso frecuente en la alimentación del vacuno lechero, la degradabilidad efectiva de la cebada (88%) y el maíz molido (85%) no es muy distinta.

En contraposición, Firkins y col. (2001) constataron a través de un meta-análisis que la degradabilidad del almidón in vivo es muy inferior al cálculo teórico y mucho más diferenciado entre cereales (51% para el maíz molido y 70% para la cebada). No deja de sorprender que, mientras se asume que la degradabilidad ruminal de los almidones es elevada (80-90% cuando se determina en bolsas de

**Cuadro 1. Valoración estequiométrica de la utilización energética del almidón en diferentes tramos del tracto digestivo (Kcal).**

	Rumen	Intestino Delgado	Intestino Grueso
Metano	-105	0	-100
Microorganismos (hexosas)	-225	0	-225
Fermentación (calor)	-50	0	-50
ED Microbiana	+200	0	0
Digestión (calor)	-2	-6	-2
Transporte	-5	-26	-5
Balance (kcal)	+811	+968	+618
Eficiencia, %	80	97	62

**Cuadro 2. Fracción soluble, velocidad de degradación y degradabilidad efectiva (tasa de dilución del 6%/h) de diferentes fuentes de almidón (Adaptado de Offner y col., 2002).**

	Fracción soluble (%)	Velocidad de degradación (%/h)	Degradabilidad Efectiva (%)
<b>Maíz</b>			
Sin tratar	224	5.9	60
Partido	20	5.7	58
Molido	34	5.5	68
Copos	13	22	80
<b>Sorgo</b>			
Sin tratar	28	4.2	60
Molido	-	4.4	76
<b>Cebada</b>			
Sin tratar	52	35	91
Partido	1	6	50
Molido	46	39	86
Copos	5	34	84
<b>Trigo</b>			
Sin tratar	60	33	94
Subproductos	78	24	94
<b>Otros</b>			
Centeno	67	19	94
Bagazo cerveza	77	17	85
Gluten feed maíz	56	12	88
Triticale	45	58	95
Pulpa remolacha	0	4.9	55
Guisantes enteros	46	12	85
Guisantes troceados	41	19	89
Harina de soja	31	12	77
Patata	45	9.1	78
Silo de maíz	67	8.7	86

## ... uso de almidones en el racionamiento del vacuno lechero

nylon), los resultados de mediciones *in vivo* en animales canulados muestran valores entre el 50 y el 70%. Es más que probable que parte de esta discrepancia se deba atribuir a la metodología *in situ*, que a pesar de haber sido aceptada como referencia, nunca ha sido sometida a un proceso de validación *in vivo*.

En esta técnica hay dos aspectos fundamentales que probablemente contribuyen a la sobreestimación de la degradabilidad ruminal del almidón. En primer lugar, la pérdida de partículas de pequeño tamaño a través de los poros de la bolsa a las 0 h sobreestima la degradabilidad, ya que lo asume como totalmente degradable. Y por otra parte, el uso de una velocidad de paso del 6% (utilizado como estándar) que es indudablemente incorrecta para cereales molidos. E indudable que muchas de las partículas de los cereales molidos transitan por el rumen a una velocidad superior a los forrajes y, probablemente, en algunos casos a velocidades cercanas a la fracción líquida. Por eso, es probable que en harinas molidas y elevados niveles de ingestión, la velocidad de tránsito esté cercana al 12-15%.

Quizás sería necesario consensuar una metodología de determinación y cálculo de la degradación de los almidones que aunque conceptualmente similar a la de las proteínas, asuma valores de tránsito más cercanos a la realidad. Quizás de esta manera los datos derivados del metaanálisis *in vivo* de Firkins y col. (2001) no sorprendían tanto y se acercaría más a la realidad. Trabajos en nuestro laboratorio (Calsamiglia y col., 2008) también observaron que la degradación de la materia orgánica de dietas a base de concentrado con un elevado contenido en almidón (hasta el 45%) para terneros de cebo estaba alrededor del 50-60%, y esos valores no eran distintos a los observados en los estudios *in vivo* desarrollados en nuestro laboratorio (Rotger y col., 2006; Devant y col., 2001).

Otros estudios similares también obtuvieron digestibilidades ruminales de la materia orgánica entre el 43 y el 65%, con una media del 53.0% (Cole y col., 1976ab; Veira y col., 1980; Rahnemasha y col., 1987; Zinn y col., 1995; Choat y col., 2002).

La evidencia de que la degradabilidad del almidón es inferior *in vivo* a la estimada con el método *in situ* es muy evidente. Entonces, ¿Estamos ignorando una realidad que la evidencia científica ha demostrado claramente? ¿Nos hemos dejado convencer por los resultados obtenidos a través de métodos indirectos o *in situ* y nos resistimos a modificar el dogma aunque los datos *in vivo* lo demuestran?

Lo que parece indudable es que en las condiciones del vacuno lechero de alta producción (y en los terneros de cebo a base de concentrado), una proporción relativamente elevada de almidón no se degrada en el rumen, y ello puede comprometer la disponibilidad de energía fermentable para la síntesis de proteína microbiana y, en consecuencia, limitar el aporte de proteína total. Y los resultados de estudios *in vivo* demuestran que las producciones máximas se producen con niveles de almidón entre el 25 y el 27%, y que a mayor la degradabilidad ruminal y digestibilidad en el tracto total de ese almidón, mayor es la producción de leche (litros/d), de grasa (kg/d) y de proteína (kg/d), aunque el contenido en componentes (%) pueda disminuir (Firkins y col., 2001). Y cuanto más degradable sea el almidón, mayor será la producción.

En este contexto, el maíz debe utilizarse en molido muy fino o en forma de copos. Y los límites a los

niveles de almidón de la dieta los pondrá la capacidad de controlar el riesgo de acidosis, que dependerá del uso de sustancias tamponantes o aditivos, del nivel de fibra efectiva y de las condiciones de manejo. Y siendo que los niveles de almidón son determinantes en el cálculo del contenido energético de la ración, no es descabellado reducir el énfasis en el contenido energético de las raciones *per se* y centrar esfuerzos en maximizar el contenido de almidón sin caer en acidosis. Es en este contexto donde el manejo de la alimentación y el bienestar (ocasionalmente el uso de aditivos) pueden jugar un papel determinante en el aporte total de energía al animal. En este sentido, sería de mucha utilidad incorporar valoraciones de riesgo de acidosis o predicciones del pH ruminal en la nueva versión del NRC, aunque este objetivo es difícil.

El sistema de Cornell (CNCPS) ha incorporado dichas predicciones, y existen varios modelos en la bibliografía (Pitt y col., 1996; Fox y col., 2004), pero son probablemente insuficientes como para establecer unas recomendaciones suficientemente justificadas científicamente, ya que factores como el tamaño de partícula de los forrajes o el comportamiento, difíciles de parametrizar, pueden tener un impacto determinante en el pH ruminal.



Aún así, considero relevante aportar valores de orientación que permitan valorar el riesgo, pero es improbable que el NRC asuma esta incertidumbre. Así que, alternativamente, nos quedará valorar el riesgo a partir de la interpretación de los diferentes nutrientes de la ración, de la valoración de las condiciones de la explotación, o a partir de las evidencias productivas. En este sentido, la interpretación tradicional del nivel bajo de grasa o la inversión grasa:proteína deberá revisarse.

Ya sabemos que la presencia de grasas insaturadas puede ser motivo de depresión de la grasa, pero se va acumulando evidencia de que es posible conseguir producciones con una inversión grasa:proteína de la leche sin el uso de grasas poliinsaturadas y sin generar problemas tradicionalmente asociados a la acidosis (reducción de la ingestión, reducción de la producción o aparición de laminitis).

En este sentido, es casi sorprendente constatar que algunas explotaciones de alta producción mantienen los niveles de grasa y proteína invertidos

sin que suponga la aparición de efectos negativos a largo plazo y/o síntomas asociados a la acidosis (laminitis, por ejemplo).

Octavio Fargas (VLAP, Tona, Barcelona; comunicación personal) ha mantenido niveles medios de producción muy elevados y una inversión grasa:proteína durante periodos muy prolongados de tiempo sin otro problema aparente asociado a la acidosis. Es indudable que en las condiciones de pago de leche y sus componentes actuales, es mucho más rentable la producción de litros que la producción de componentes, y estas estrategias permiten optimizar los ingresos e incluso reducir el posible efecto del balance energético negativo sobre la reproducción, ya que dicho balance se reequilibra en la medida que se reduce el contenido en grasa de la leche se reduce. Finalmente, una nota de aclaración. Estas observaciones se basan en datos desarrollados con animales de alta producción, donde la ingestión es muy elevada y el tránsito a través del rumen es mucho más rápido. Las interacciones entre ese contexto y la dieta son probablemente la causa de este cambio de paradigma. No ha cambiado la ciencia como la aprendimos hace unos años, sino que nos han cambiado las circunstancias.



### **Estrategias para incrementar el aporte de almidón degradable**

Según lo discutido en el apartado anterior, es necesario formular raciones con el máximo almidón posible limitado por el riesgo de acidosis (entre el 24 y el 28%), y con la mayor degradabilidad ruminal posible, ya que el contexto se encarga de limitarla. Existen tres caminos para incrementar el aporte total de almidón degradado en el rumen:

- a) incrementar la ingestión total de materia seca;
- b) incrementar la concentración de almidón en la ración;
- c) incrementar el grado de utilización (fermentación) del almidón en el rumen.

El aumento de la ingestión total de la materia seca depende del manejo, y el aumento de la cantidad total de almidón en la dieta depende de la formulación. Con una misma fórmula, la degradación del almidón puede mejorarse mediante el procesado de los alimentos ricos en almidón (molido fino, copos,...), o el procesado del grano de maíz en el silo.

La bibliografía sobre los efectos del procesado (molido o copos) de los cereales sobre la fermentabilidad del almidón es extensa y supuestamente conocida, por lo que no entraremos en detalle. Pero el impacto del procesado correcto del grano en el ensilado de maíz ha sido menos interiorizado por los ganaderos. En las raciones de alta producción con silo de maíz como forraje principal, hasta el 50% del almidón total lo aporta el silo. Datos de los laboratorios DairyOne (Ithaca, NY, EEUU) indican que la digestibilidad in vitro a las 7 horas del almidón del silo de maíz varía entre 52 y 72%, y dicha variabilidad justifica la búsqueda de los factores responsables. Sniffen y col. (2009) establecieron que la degradabilidad ruminal del almidón del silo de maíz disminuía con el grado de madurez (de 80 a 73% cuando el porcentaje MS aumentaba del 30 al 38%), siendo dicha reducción más importante cuando la materia seca de silo supera el 30%. Sin embargo, es bien sabido que el momento óptimo para maximizar la producción de mega calorías por hectárea de maíz es en un estado relativamente maduro (3/4 de la línea de leche del grano), con una materia seca por encima del 30-32%.

Una revisión bibliográfica de 10 estudios muestra que el procesado del grano de maíz en los silos mejora la degradabilidad ruminal del almidón en un 5,5% (con un rango entre el 3 y el 12%), y esta mejora parece ser más importante en la medida que el grano está más maduro (Bal y col., 1997). Es más, Cooke y Bernard (2005) demostraron que el procesado del grano de maíz de los silos (rodillos de 8mm vs 2 mm) mejoraba la producción de 34 a 38 litros, atribuido a una mejora en la degradabilidad del almidón (que pasó del 75 al 87%). En consecuencia, parece haber una oportunidad de mejora en el procesado del maíz del silo.

Por último, el aumento de precios de los cereales en los últimos años ha generado interés en la reducción de los niveles de almidón por debajo de lo habitual. La línea de discusión anterior lo desaconsejaría, por lo menos desde el punto de vista técnico. Pero en cualquier caso, de reducirse los niveles de almidón sería recomendable que éste fuera muy degradable en el rumen (molido muy fino o copos), y que fuera substituido por fibras digestibles (CGM o DDGS<sub>m</sub>, por ejemplo) y no por forrajes. Hay que considerar que el procesado del maíz en forma de copos aumenta su aportación energética entre el 5 y 10%, y que la conveniencia depende no solo de factores técnicos (riesgo de acidosis), sino de las condiciones económicas. Así, es más justificable económicamente su uso cuando el coste de la energía es bajo o cuando el precio del maíz es elevado.

### **Resumen**

Parece necesario establecer recomendaciones de niveles máximos de almidón, aunque estos deberán establecerse en rangos de recomendación sujetos al riesgo de acidosis de la ración, el uso de aditivos para el control de acidosis, y al manejo de la explotación. Dicho almidón debe ser preferentemente de elevada degradabilidad en el rumen mientras el riesgo de acidosis lo permita. En condiciones de precios de cereales elevado, la utilización de copos está más justificada, y el procesado del grano de silo de maíz (rodillos) es una oportunidad que debe considerarse, sobretudo en contextos económicos difíciles.