

Estrategias para mejorar la eficiencia de la producción y reducir el impacto de la acidosis ruminal

Evolución y consecuencias de los sistemas de alimentación de ganado vacuno lechero

En la nutrición de vacas lecheras de alta producción es común que se manejen dietas con un elevado contenido de hidratos de carbono y un ratio concentrado/forraje elevado, con el objetivo de cubrir los requerimientos de energía necesarios para conseguir la mayor producción láctea posible; en ocasiones estos ratios se desvían de las recomendaciones de organismos como el NRC (tabla 1).

La mejora de la productividad en términos de litros/kg leche por vaca ha provocado que el balance energético sea realmente negativo (BEN) en momentos productivos como el inicio de la lactación, durante el cual, los requerimientos de energía aumentan considerablemente. Sin embargo, la capacidad de ingestión y la de absorción de AGV ruminal es limitada durante este periodo, ya que las papilas ruminales necesitan tiempo para desarrollarse plenamente. Este BEN compromete la rentabilidad presente y futura de la explotación, ya que se reduce la energía disponible para producción lechera y ovulación. Para contrarrestar el impacto del

BEN sobre la fertilidad, se tiende a aumentar la concentración de hidratos de carbono a partir de una dieta basada en concentrados, lo que aumenta la incidencia de patologías digestivas; en particular, de la acidosis ruminal (principalmente la acidosis ruminal subclínica –SARA–). En el caso de las vacas primíparas debe tenerse aun mas precaución, ya que éstas son particularmente susceptibles al desarrollo de acidosis postparto (Krause y Oetzel, 2006; Penner *et al*, 2007).

Sin embargo, la rentabilidad de las explotaciones no puede desvincularse de la eficiencia y de la sostenibilidad, y éstas comprenden el nivel de salud y de bienestar del ganado como aspectos centrales, los cuales, pueden y deben mejorarse por medio de las estrategias nutricionales. En este sentido, la generalización en la implantación de las dietas comentadas anteriormente, y la subsecuente aparición de acidosis ruminales debe evitarse, ya que constituye una de las principales enfermedades metabólicas en la industria láctea moderna.

Acidosis ruminal: alcance y efectos sobre la salud y la productividad

Así, la acidosis puede comprometer gravemente la función gastrointestinal, ya que los animales que padecen acidosis pueden llegar a sufrir una rápida alteración del epitelio ruminal (Steele *et al*, 2009), lo que provoca daños en la mucosa (Nocek, 1997), reduciéndose la absorción de ácidos grasos (menor energía disponible) (Baldwin, 1998) y, por tanto, la conversión de alimentos. Asimismo, se reduce la barrera protectora a la circulación portal (Graham y Simmons, 2005). Además de las disminuciones de producción, conlleva costes veterinarios derivados de patologías concomitantes como laminitis, abscesos hepáticos y diarrea (Plaizier *et al*, 2008). En resumen, puede producirse un desequilibrio a nivel general que desemboca en los aspectos anteriormente comentados.

La prevalencia de la acidosis es alta. En EE.UU., Garrett *et al* (1999) encontraron prevalencias de 19 y 26% en vacas al inicio y a final de la lactación, respectivamente. Más tarde, Oetzel *et al* (1999) detectaron que la prevalencia de acidosis subaguda (SARA) en vacas al inicio de la lactación y durante



Dr. Alfredo J. Escribano¹ y Juan José Mallo²
Norel S.A.

¹Jefe de Producto de Rumiantes. ²Director Técnico

el pico fue de 20,1%. En cuanto a Europa, los valores son similares. Morgante *et al.* (2007) encontraron que la prevalencia en explotaciones localizadas en Italia fue mayor al 33%. En Holanda Kleen *et al.* (2009) llevaron a cabo un estudio con 197 vacas lactantes, observando que la prevalencia de SARA fue del 13,8% en todas las etapas del ciclo de lactación. En 2013, Kleen *et al.* ampliaron la población bajo estudio a un total de 315 vacas pertenecientes a 26 granjas en Alemania, determinando que la prevalencia de SARA era del 20%.

Como consecuencia, las pérdidas económicas derivadas de las acidosis son cuantiosas, ya que al margen de las pérdidas de productividad directas, las patologías derivadas de la acidosis, como los abscesos, pueden disminuir la ganancia diaria en un 11% y la eficiencia de la alimentación un 9% (Stock y Britton, 1996), además de reducir el valor de las canales. Otras patologías derivadas, como la laminitis, tienen un coste que asciende a 117€/vaca y 3.190 €/rebaño (Perez-Cabal *et al.*, 2006).

Prevención de la acidosis ruminal y aumento de la eficiencia de la alimentación

La aparición de acidosis ruminal provocada por el cambio de dieta, puede reducirse siguiendo los protocolos existentes para tal fin; los cuales, están basados en la idea de llevar a cabo la transición de manera que reduzca los riesgos: aumento paulatino de hidratos de carbono en la dieta y del ratio concentrados/forraje, además de proporcionar dietas con una granulometría y niveles de fibra adecuados (tablas 1 y 2).

Sin embargo, los altos niveles de producción que se requieren hoy en día para que la explotación sea sostenible económicamente, conllevan que esta adaptación tienda a acortarse, ya que la restricción alimenticia puede ser contraproducente, causando SARA debido a un incremento en la frecuencia de ingestas que, finalmente, puede conllevar una mayor ingesta total y una menor estabilidad del pH ruminal (Zinn, 1995). Además, la restricción alimentaria puede conllevar un mayor estrés como consecuencia de una mayor competencia y comportamientos relacionados con la jerarquía en torno al comedero.

Uno de los momentos de mayor riesgo es la transición a nuevas etapas productivas, en las que el ganado tiene que adaptarse a dietas de alta producción. En concreto, el periodo postparto constituye un contexto de cambios que aumentan el estrés, las necesidades productivas, cambios de comportamiento y pautas de alimentación, reducción de inmunidad, establecer estructura social y adaptación del ecosistema ruminal.

Las principales pautas de manejo de la alimentación orientadas a la reducción del riesgo de acidosis pasan por la formulación de dietas con cantidad suficiente de fibra, con granulometría adecuada y con un contenido de humedad que reduzcan la selección de la dieta. Estos aspectos deben tenerse en cuenta, no solo con el objetivo de reducir el riesgo de acidosis, sino también por su incidencia sobre la producción de grasa láctea (Tablas 1 y 2), y que el porcentaje de grasa puede disminuir de forma drástica en las 24 horas tras iniciarse el proceso de acidosis ruminal (Nicpon y Hejlasz, 1985).

Sin embargo, además de estas pautas básicas, es necesario ir más allá, de modo que pueda alcanzarse el diferencial de productividad y eficiencia tan necesarias, que se producen a partir de una mejor en la eficiencia del proceso (o una reducción en las ineficiencias del mismo), y por lo tanto se con-

Tabla 1. Fibra Neutro Detergente (FND), Fibra Ácido Detergente (FAD) y Carbohidratos No Fibrosos (CNF) recomendados para vacas de alta producción alimentadas con raciones mixtas¹

FND forraje	FND dieta (total)	FAD dieta (total)	CNF ² dieta (total)
	Mínimo		Máximo
19	25	17	44
18	27	18	42
17	29	19	40
16	31	20	38
15	33	21	36

Fuente: NRC (2001). Unidades: % MS. ¹Suponiendo que el tamaño de partícula de forraje es adecuado y que la fuente de almidón es maíz molido. ²CNF = 100 - (FND + PB + GRASA + CENIZAS). Todos los análisis se expresan en base a materia seca.

Tabla 2. Interrelación entre el tamaño de partícula del forraje, el pH ruminal y la grasa de la leche. Neutro Detergente (FND), Fibra Ácido Detergente (FAD) y Carbohidratos No Fibrosos (CNF) recomendados para vacas de alta producción alimentadas con raciones mixtas¹

	Fina (1,0 mm)	Media (1,5 mm)	Grosera (2,1 mm)
pH Ruminal	5,40a	5,80b	6,25c
Acetato/propionato	2,08a	3,20b	3,89c
Grasa de la leche	3,20a	3,50b	3,80c

Fuente: Grant *et al.* (1990)

vierten en utilidades netas - gratuitas.

Para dar respuesta a esta problemática y cumplir con las exigencias a nivel legislativo y de mercado (evitar uso de fármacos con fines zootécnicos), la comunidad científica y el sector privado están centrando buena parte de sus esfuerzos en el desarrollo de aditivos para alimentación animal, cuyo mecanismo de acción (*grosso modo*) es la modulación de los complejos procesos químicos que se producen a nivel ruminal. Dentro de este enfoque, el aprovechamiento y potenciación de ciertas funciones de la microbiota ruminal constituyen el eje central. Este enfoque es pues más aceptable socialmente, a que se reduce el uso de antibióticos y, por extensión, pueden reducirse las resistencias a los mismos y el efecto negativo sobre la biodiversidad de los agro-ecosistemas.

Sales sódico-cálcicas de ácido málico

Bajo esta orientación, las sales de ácido málico (sódicas y cálcicas) son una herramienta útil. Su mecanismo de acción se basa en el hecho de que un

Figura 1. Selenomonas ruminantium.
Fuente: Haya *et al.* (2011)



Estrategias para mejorar la eficiencia de la producción

ambiente rico en estos compuestos aumenta la capacidad de las *Selenomonas ruminantium* (figura 1) de convertir ácido láctico en ácido propiónico (figura 2).

En concreto, estos compuestos estimulan la captación de lactato por parte de la bacteria



Tabla 3. Efecto de la adición de sales de ácido málico sobre la masa microbiana

	Malato de sodio (g/animal/día)			
	0	9	18	27
Total bacterias viables (*10 ⁹ UFC/g contenido ruminal)	4,3a	6,5b	8,2c	14,9d
Amilolíticas (*10 ⁹ UFC/g contenido ruminal)	1,6a	1,9a	5,3b	4,7b
Proteolíticas (*10 ⁹ UFC/g contenido ruminal)	1,0a	1,6b	2,0b	2,3b
Celulolíticas (*10 ⁹ UFC/g contenido ruminal)	1,7a	3,0b	2,9b	6,9b

Fuente: Khampa *et al* (2006)

Tabla 4. Efecto de la adición de sales de ácido málico sobre las poblaciones utilizadoras de lactato

Urea		Malato de sodio (g/animal/día)	
		10	20
Experimento 1 2%		10	20
<i>S. ruminantium</i> (*10 ⁴)		8,7a	13,7b
<i>M. Elsdenii</i> (*10 ⁴)		10,4a	17,3b
Experimento 2 4%		10	20
<i>S. ruminantium</i> (*10 ⁴)		7,1a	13,7a
<i>M. Elsdenii</i> (*10 ⁴)		10,3a	17,0b

Fuente: Khampa y Wanapat (2006)

Tabla 5. Efecto de la adición de malato sobre el N microbiano

Malato (mM)	P-value			
	0	50	100	
N microbiano (g/día)	1,49a	1,89b	2,10c	0,002
N microbiano por kg materia orgánica digerida	34,7a	43,3b	44,3b	0,04
N microbiano por kg carbohidrato digerido	35,1a	43,3b	44,3b	0,001

Fuente: Sniffen *et al* (2006)

hasta 10 veces (Nisbet and Martin, 1990, 1991, 1993, 1994; Strobel y Russell, 1991), reduciendo así la magnitud de la caída de pH ruminal postingesta (Martin *et al* 1999, Newbold *et al* 2005).

Esta utilizadora de lactato llega a constituir el 51% del recuento de bacterias viables totales en el rumen (Caldwell y Bryant, 1966), lo que da idea del potencial de modulación del pH ruminal y de la eficiencia de la alimentación que puede alcanzarse mediante la comprensión y manejo de este género bacteriano. Además de la reducción del pH postingesta (y así, del riesgo de acidosis y de las patologías secundarias), esta conversión del ácido láctico en propiónico supone un aumento de la energía (glucosa) disponible para la producción. Debido a las consecuencias negativas del BEN a nivel de producción, este aumento del nivel de glucosa puede contribuir a la mejora del nivel de glucemia, y así reducir riesgo de cetosis, y la caída de la producción lechera. Por tanto, la utilización de las sales sódico-cálcicas de ácido málico aumenta los ingresos derivados de una mayor producción, y puede reducir los costes veterinarios derivados de laminitis, cetosis, abscesos hepáticos, etc.

Digestibilidad y ácidos grasos volátiles

Adicionalmente, se aumenta la masa microbiana (Khampa y Wanapat, 2006; Khampa *et al*, 2006) – tabla 3-, lo que tiene dos efectos. Por un lado, provoca un aumento de la digestibilidad de la materia seca (Liu, 2009; Sniffen, 2006; Carro, 1999; Newbold, 2005), de la materia orgánica (Liu, 2009; Sniffen, 2006), de la fibra Neutro detergente (Liu, 2009; Sniffen, 2006; Carro, 1999) de la fibra ácido detergente (Sniffen, 2006) y de la hemicelulosa (Carro, 1999) – tabla 4-. Por otro lado, al aumentarse la producción de Ácidos Grasos Volátiles –AGV- (Kung *et al*, 1982; Martin, 1999; Khampa, 2006) y, en concreto, de ácido acético, podría explicarse un aumento de grasa en leche tras el uso de estos compuestos (o al menos, una limitación del efecto dilución). Finalmente, este aumento de población ruminal aporta una mayor cantidad de proteína microbiana en el intestino (Sniffen *et al*, 2006) –tabla 5-, lo que tiene un impacto importante sobre la producción lechera.

Parámetros bioquímicos en el periparto

Wang *et al*, (2009) concluyeron que la adición de malato mejora el balance energético y mejorar el BEN postparto, ya que disminuye la movilización de grasa durante el posparto, así como los valores de los parámetros bioquímicos relacionados con la cetosis (aumento los niveles de glucosa e insulina en sangre y disminuyo los valores de BHBA y NEFA), por lo que el malato puede emplearse como una herramienta para mejorar el BEN durante el parto y el posparto. Por tanto,

Sostenibilidad medioambiental y eficiencia de la alimentación

Como pudo observarse en la figura 1, la conversión de ácido láctico en propiónico por parte de *S. ruminantium* requiere la captación de protones (H) del medio ruminal. Como la adición de malato aumenta las poblaciones de esta bacteria, también se aumenta la eliminación de dichos protones, por lo que se reduce la disponibilidad de los mismos para formar metano (CH₄), que es uno de los principales Gases de Efecto Invernadero, y esta muy asociado a la producción de rumiantes. Ungerfeld y Foster (2011), tras llevar a cabo un meta-análisis de 6 estudios, observaron que el uso de malato redujo

la producción de CH₄ un 0,11 mol/mol.

Estos resultados son de interés, ya que la ineficiencia de uso de la energía por los rumiantes a causa de la producción de metano puede representar hasta un 12% del total de energía ofrecida en la ración (Russell y Strobel, 1989). Por tanto, las estrategias seguidas para reducir las emisiones de metano, también son útiles a la hora de aumentar la eficiencia productiva y la producción lechera, ya que la reducción en la producción de metano conlleva un aumento proporcional de la producción de propionato, lo que mejora la eficiencia energética a nivel ruminal, que se traduce en un aumento de producción lechera.

Efectos sobre la producción en vacas de leche

Esta reducción en la producción de metano, junto con todos los resultados expuestos anteriormente, provoca que los animales suplementados con malato tengan una mayor producción lechera. Así, Kung *et al.* (1982) observó que la adición de malato aumentaba la persistencia de la curva de producción. Posteriormente, Sniffen *et al.* (2006) detectaron aumentos de producción de 1,5 litros tras la adición de malato (36,8 grupo control vs 38,3 grupo experimental). En el mismo año, Khampa *et al.* (2006), tras el uso de sales de ácido málico observaron incrementos en la ingesta de materia seca, en la producción láctea, la grasa láctea, el pH ruminal, los AGV y la digestibilidad. Wang *et al.* (2009) observaron respuestas (producción de leche) lineales al aumento de dosis de malato.

Recientemente, Vazquez y Haübi (2014) observaron que tras la adición de 25,5g de sales sódico-cálcicas de ácido málico/vaca/día, la producción de leche se incrementó hasta un 4,99%. Esto supone que la adición de sales de ácido málico en un rebaño con nivel de producción de 10.000 kg/lactación, conllevaría un incremento de casi 500 kg de leche/vaca/lactación (o bien 1,6 kg/vaca/día). En términos económicos, esto supone un ROI (Retorno sobre la Inversión) de 2,38.

Ácido vs Sales

En los estudios científicos se han empleado tanto ácido málico como sus sales. Sin embargo, los efectos de estas formas químicas difieren en la mayoría de estudios. Así, Castillo *et al.* (2004) afirmaron que el uso de sales sódico-cálcicas de ácido málico parece ser más efectiva; lo cual, es coherente con el estudio que esta misma investigadora llevó a cabo en 2007: la absorción del ácido debe atra-

viesa la pared celular de *S. ruminantium* por difusión pasiva, mientras que la sal se disocia, y el ion malato queda libre, y este actúa como sumidero de protones. Además, las sales sódico-cálcicas incrementan la supervivencia celular. Los cationes procedentes de la sal aumentan la tasa de dilución del rumen y la capacidad de *S. ruminantium* para convertir el ácido láctico en propiónico; y suponen una fuente de calcio y sodio (Castillo *et al.*, 2007). A estos beneficios, Liu *et al.* (2009) añadieron más ventajas a las sales respecto al ácido: las sales no son abrasivas (son más seguras y fáciles de manipular) y que no disminuyen el pH ruminal (al contrario que el ácido).

El ácido málico, empleado a dosis habituales (2 kg/tonelada) puede reducir el pH ruminal en 0,2 puntos.

Conclusiones

El empleo de sales sódico-cálcicas de ácido málico reduce la bajada de pH debida a la ingesta de concentrados, de manera que previene el riesgo de acidosis y las patologías asociadas a este proceso. Esto puede suponer un ahorro de gastos veterinarios importante.

De forma paralela, la adición de malato en vacas de leche aumenta la flora microbiana amilolítica y celulolítica, mejorando la digestibilidad de diferentes nutrientes, aumentando la producción de proteína microbiana y la producción de AGV, y mejorando el metabolismo energético y proteico de los rumiantes. En este sentido, el uso de malato aumenta la producción de propiónico, mejora el estado de los animales en relación con el BEN y la cetosis, lo que de nuevo, puede suponer importantes ahorros, y mantiene a las vacas en un estado fisiológico más adecuado para la producción lechera.

Por otro lado, el uso de malato aumenta la eficiencia energética de la ración y reduce las emisiones de CH₄.

Finalmente, se ha observado que estos compuestos mejoran la producción lechera (kilos), lo que representa un beneficio económico interesante.

En términos generales, estos beneficios parecen ser más pronunciados con el empleo de sales de ácido málico que con el ácido *per se*. Además, el uso de sales posee otras ventajas con respecto al ácido.

