



Conviviendo con SARA

En este estudio se pone el foco en el beneficio del empleo de los azúcares como complemento a niveles medios de almidón en las raciones, con el objetivo de diseñar dietas más seguras que reduzcan el riesgo de aparición de la acidosis ruminal subaguda (SARA).

Adrián González Garrido
Consultor nutricionista en vacuno lechero

La acidosis ruminal subaguda (SARA) es una enfermedad sistémica de origen digestivo que sigue estando de máxima actualidad. Sobre SARA se hacen cada vez más estudios para avanzar en el conocimiento de su fisiopatología y concretar las repercusiones que tiene sobre la salud de los animales, la economía de las granjas lecheras y sus implicaciones sobre la salud humana. Aun siendo una enfermedad conocida desde hace muchos años, es tal vez una

de las más difíciles de diagnosticar, puesto que a nivel de campo solo podemos contar con el diagnóstico sintomático y hay muchas enfermedades que cursan con el mismo cuadro, haciendo muy complicado el diagnóstico diferencial. A pesar de ello, tanto a nivel ganadero como técnico, es la enfermedad más ampliamente diagnosticada cuando en una granja nos encontramos vacas con diarrea y bajo porcentaje graso en leche. Esto nos debe motivar a los nutricionistas a trabajar con raciones y establecer sistemas de manejo alimentario que aseguren la no incidencia de la enfermedad, por dos razones:

1. Para evitar las enormes pérdidas económicas que puede generar su presencia en las explotaciones lecheras.
2. Para que cuando haya alteraciones sintomáticas similares en las granjas podamos descartar rápidamente que se trata de SARA y no perder tiempo en un diagnóstico diferencial muy complejo.

La acidosis ruminal subaguda es la consecuencia de la alimentación con dietas altas en almidón. Los rumiantes están adaptados para ser alimentados con dietas forrajeras con alto contenido en fibra y la incorporación de productos concentrados ricos en almidón solo se justifica para cubrir la alta demanda de energía que requieren los rumiantes de alta producción. Sobrepasar el límite aceptable de su inclusión en las dietas es muy rentable a corto plazo, puesto que hay un evidente aumento

► ES LA ENFERMEDAD MÁS AMPLIAMENTE DIAGNOSTICADA CUANDO EN UNA GRANJA NOS ENCONTRAMOS VACAS CON DIARREA Y BAJO PORCENTAJE GRASO EN LECHE

de producción, pero, si es sostenido en el tiempo, a medio-largo plazo se pierde todo lo ganado al comprometerse la salud de los animales.

Es, además, como señala Garret R. Oetzel, un problema cada vez más importante de bienestar animal, puesto que una de las consecuencias de SARA es la laminitis o inflamación de la lámina coriónica de la pezuña, que genera un enorme dolor con cojera, uno de los síntomas más evidentes de falta de bienestar. Y no debemos olvidar que el bienestar animal, tan presente en los últimos años, tiene una doble lectura: asegurar la productividad de los animales (es evidente que animales más cómodos son más productivos) y asegurar la buena imagen del negocio lechero a la opinión pública (nuestros clientes), que son los consumidores del producto final, la leche de vaca y sus productos. Esto cada vez tiene más relevancia, solo hay que ver cómo las grandes industrias lecheras han desviado muchos recursos económicos y humanos a la certificación de las granjas.

En esta misma línea de argumentación, en el año 2001 Russell

y Rychlik en la revista *Science* publicaron un artículo muy interesante sobre los factores que alteran el microbioma ruminal, analizando los diferentes grupos microbianos que conviven en el rumen y las condiciones ambientales que modulan el crecimiento de uno u otro tipo, pero lo que realmente me interesó es que señalaban que las desviaciones en la microflora ruminal como consecuencia de SARA disparan la presencia de *E. coli* enterohemorrágica (O157:H7) en el intestino de las vacas, una variedad muy patógena para las personas, que puede contaminar las canales durante su faenado en el matadero y puede ser ingerida por los consumidores de hamburguesas en EE. UU.

Sea cierto o no, hay algo evidente, cada vez hay más líneas argumentales asociando problemas de la humanidad (medioambientales y salud pública) a la ganadería intensiva y buscando limitar su actividad a través de dificultades administrativas, impuestos o, lo más peligroso, alimentos alternativos como las bebidas de soja, avena, etc. o las nuevas ►



MÁXIMA CALIDAD

Picamos paja en varias medidas:

- D.O: hasta 3 cm

- D.1: hasta 5 cm

(otras medidas consultar)

SIEMPRE MÁXIMA CALIDAD

Tabla 1. Comparación de la dieta y el pH ruminal en un estudio de un cebadero de vacuno y en uno de vacas lecheras en lactación

Ítem	Estudio de cebadero ^b	Estudio de vacas en lactación ^a
Animales del estudio, pesos	8 crías Holstein - 1.000 lbs	8 vacas Holstein, - 1.400 lbs
Fase de alimentación o lactación	Ganancia compensatoria	Inicio de la lactación
Diseño del estudio	2x2 diseño cruzado	4x4 diseño de cuadrado latino
pH ^c ruminal diario medio	5,99	5,90
Forraje en la dieta, %	26,3	52,9
Ingesta de materia seca diaria, lbs	29,1	47,1
Fibra neutro detergente, %	20,0	28,9
Carbohidratos sin fibra, d %	58,3	36,9
Carbohidratos sin fibra, lbs/día	17,0	17,4

hamburguesas vegetales. No debemos ser solo buenos y hacer bien las cosas, sino que tenemos que hacer visible a la opinión pública que lo somos y lo hacemos.

En SARA, la alimentación con altos niveles de almidón produce un rápido incremento en la producción de AGV, que determina a corto plazo un aumento en el microbioma ruminal que permite un aumento de la digestibilidad del conjunto de los nutrientes de la ración, un aumento de la superficie de absorción de la mucosa ruminal por el desarrollo de las papilas y un incremento consiguiente de la producción de leche. Sin embargo, la mayor concentración de AGV provoca la reducción del pH ruminal, que será más o menos grave en función de la capacidad inherente de cada animal de absorber los AGV y retirarlos del medio o de aportar suficientes sustancias tampón para controlar el pH. Luego, la primera pregunta que surge es si en la aparición de SARA tiene más importancia la cantidad de AGV generados en rumen por la dieta o la falta de rumia por carencia de fibra física que reduce la entrada de sustancias tampón a través de la saliva disminuyendo la capacidad neutralizadora del animal. En mi opinión pesa mucho más la primera opción.

En el trabajo de Prentice del año 2000 comparando el pH ruminal de diversos grupos de animales con distintas dietas, se observa que terneros de engorde y vacas de leche con dietas formuladas en proporciones muy diferentes de carbohidratos pero con la misma ingesta (kg al día) de carbohidratos no estructurales tenían un pH similar.

Por tanto, es muy determinante la ingesta total de nutrientes y no solo las proporciones, y pensemos que las vacas de leche de alta producción han incrementado mucho su capacidad de ingesta a medida que avanza la selección genética. Ya no vale solo controlar las proporciones de nutrientes en la ración sino que hay que hacerlo de acuerdo con la ingesta estimada de los animales.

En las dos figuras del trabajo de Oetzel [gráficos 4 y 5] (Garrett R. Oetzel; Escuela de Medicina Veterinaria, UW-Madison) se observa la reducción del pH ruminal a medida que se incrementa la ingesta y cómo, al contrario de lo que podemos pensar, el mayor riesgo de SARA se produce en animales con mayor número de DEL debido a que tienen mayor capacidad de ingesta. »

► UNA DE LAS CONSECUENCIAS ES LA LAMINITIS [...], QUE GENERA UN ENORME DOLOR CON COJERA, UNO DE LOS SÍNTOMAS MÁS EVIDENTES DE FALTA DE BIENESTAR

Gráfico 1. Efecto de la ingesta de materia seca en el pH ruminal (vacas Holstein - inicio de lactación)

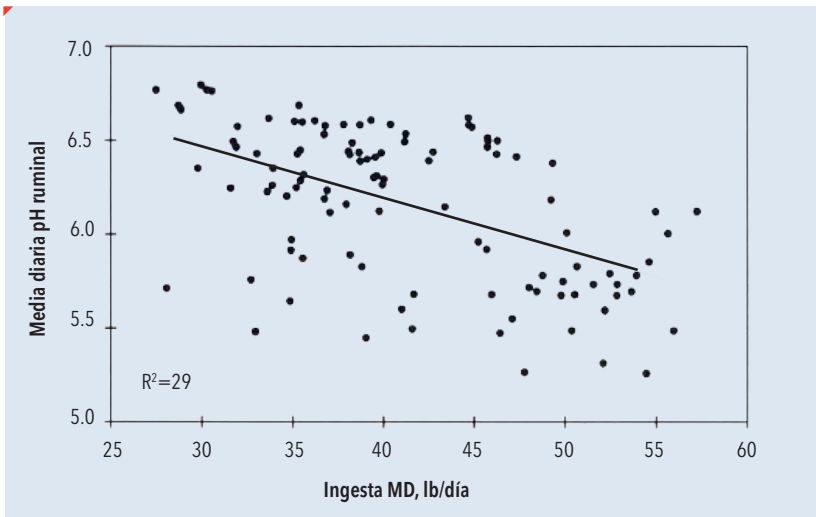
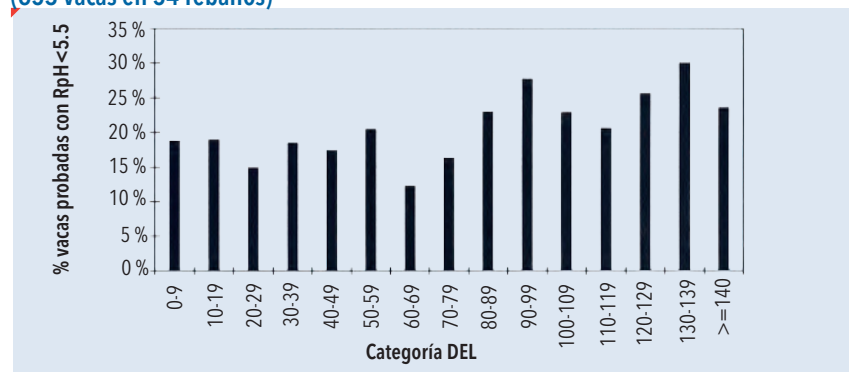
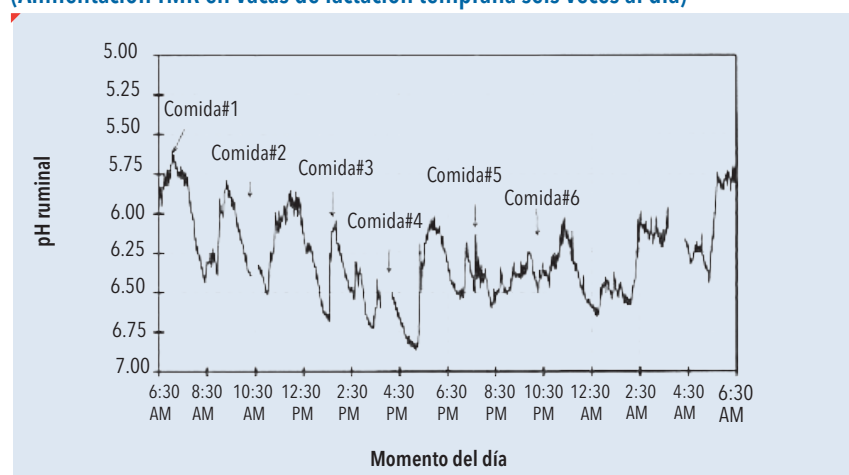


Gráfico 2. Riesgos por bajo pH ruminal en días en leche (DEL) (653 vacas en 54 rebaños)



▶ LA ACIDOSIS RUMINAL SUBAGUDA ES LA CONSECUENCIA DE LA ALIMENTACIÓN CON DIETAS ALTAS EN ALMIDÓN

Gráfico 3. Modelo de ingesta diaria en el pH ruminal (Alimentación TMR en vacas de lactación temprana seis veces al día)



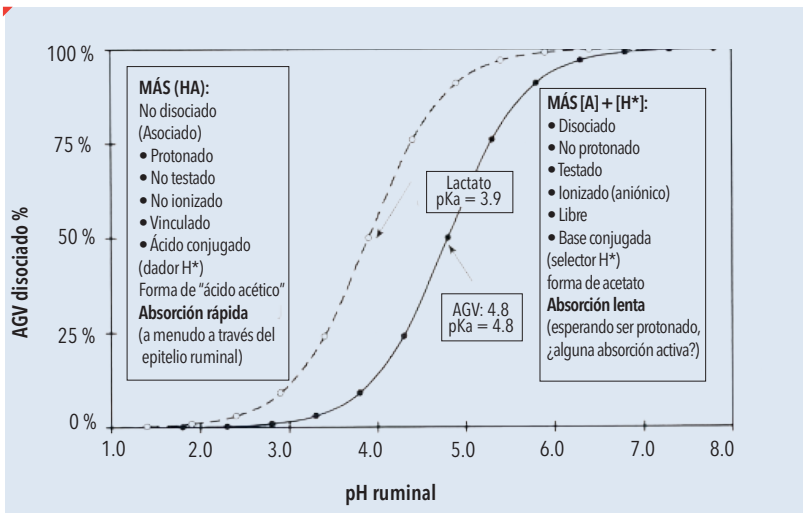
No significa esto que no sigamos teniendo una alta incidencia de SARA como consecuencia de fallos en el programa de transición pre- y posparto, sino que tenemos otro reto importante: vigilar SARA con animales que cada día comen más y la estrategia de repartir o arrimar más veces la comida para aumentar el número de comidas y que estas sean más pequeñas no reduce el riesgo si al final no controlamos la cantidad y el tipo de carbohidratos que aportamos en la ración.

En línea con esta realidad de los consumos, es muy importante asegurar niveles adecuados de fibra física que permitan una rumia regular para aportar un gran volumen de saliva al medio ruminal, que, gracias a su alto contenido en sodio, potasio, bicarbonato y fosfatos, constituye la primera vía de control de SARA al tamponizar el medio que tiene una alta concentración de AGV. La producción de saliva no aumenta en función del pH del rumen, sino que se produce durante la rumia y esta depende exclusivamente de la estructura física de las raciones.

En cuanto al comportamiento de las vacas, cuando perciben que la alta producción de AGV les está afectando al pH ruminal, dejan de comer, probablemente por un efecto combinado del aumento de la osmolaridad ruminal (que deprime la ingesta) y de la ligera ruminitis asociada al exceso de ácido, y buscan sustancias que puedan “aliviar” sus síntomas, como fuentes de forraje o minerales en el suelo, paredes, orines, etc. Este primer sistema regulador es característico verlo en granjas con vacas con consumos en “picos de sierra” (puesto que al aliviarse vuelven a comer con ansia).

A nivel digestivo, el primer cambio que se produce con dietas altas en almidón es el cambio en la microflora ruminal. Como muy bien señaló la Dra. Gressley en el último congreso de Anembe (Sevilla, 2019), “el uso de PCR para determinar estos cambios demuestra que las raciones de alto contenido en grano resultan en una disminución de las bacterias fermentadoras de fibra incluyendo *Fibrobacter succinogenes* y ▶▶

Gráfico 4. Ácidos grasos volátiles (AGV) y curvas de valoración de lactato



Garrett R. Oetzel, Escuela de Medicina Veterinaria, UW-Madison

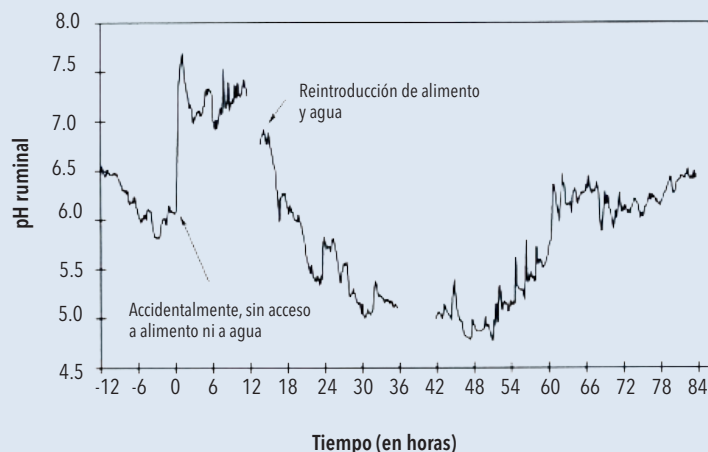
▶ YA NO VALE SOLO CONTROLAR LAS PROPORCIONES DE NUTRIENTES EN LA RACIÓN SINO QUE HAY QUE HACERLO DE ACUERDO CON LA INGESTA ESTIMADA DE LOS ANIMALES

Ruminococcus flavefaciens y un aumento de *Streptococcus bovis*, *Escherichia coli* y *Megasphaera elsdenii*". Esta modificación supone un rápido incremento de la fermentación del almidón, que aumenta la concentración de AGV y la bajada transitoria del pH. El rumen está preparado para controlar esta mayor concentración aumentando su absorción a través de las papilas ruminales y tamponizando el resto, puesto que son ácidos relativamente débiles. El epitelio ruminal se comporta como una barrera selectiva que deja pasar los AGV, pero previene el paso y la colonización de bacterias. Esta barrera permeable a los AGV responde a cambios en el animal o en el rumen y, por ejemplo, aumenta durante el estrés oxidativo, térmico o restricción de comida. Según otros estudios, la acidificación del medio también parece que aumenta la permeabilidad (Tanya Gressley, Anembe 2019). Por otro lado, es bien conocido que la mayor producción de AGV estimula el desarrollo de las papilas ruminales buscando precisamente el aumento en la superficie de absorción para los nutrientes.

Los AGV tienen un pKa sobre 4,9, lo que significa que a pH moderados de 6 son convertidos a su forma no disociada o conjugada, lo cual permite retirar iones H libres del rumen y aumenta su absorción pasiva a través de la pared ruminal (solo en forma conjugada son absorbidos). Ambos sucesos ayudan a mantener el pH del rumen.

Sin embargo, cuando la cantidad de almidón es muy elevada y sostenida en el tiempo, se acumula en el líquido ruminal el ácido láctico por la dificultad de las bacterias del rumen de transformarlo rápidamente en ácido propiónico como producto final de fermentación; el ácido láctico tiene un pKa de 3,9 en lugar de 4,9, por lo que tarda más en conjugarse, tarda más en captar iones H, está más tiempo en el rumen y baja más el pH y durante más tiempo, provocando SARA.

Otra de las adaptaciones microbianas que tienen las vacas para retirar ácido láctico es la proliferación de *Selenomonas ruminantium* y *Megasphaera elsdenii*, captadoras de ácido láctico para transformarlo en propiónico. Son cepas muy eficaces pero de crecimiento más lento que *S. bovis*, por lo que en casos agudos de entrada de almidón tardan tiempo en ayudar. Cuando se restringe el consumo de alimento (falta de comida o accesibilidad) y sube el pH del rumen, estas bacterias cesan su multiplicación (son sensibles a pH elevados) y quedan "en reposo". Cuando el animal vuelve a comer rápidamente y entra mucho almidón en el rumen, *S. bovis* actúa rápidamente produciendo láctico, mientras que *Selenomonas* y *Megasphaera* tardan más tiempo, y el ácido se acumula provocando SARA. Un ejemplo de este proceso aparece cuando hay privación temporal de agua en los animales. ▶▶

Gráfico 5. pH ruminal tras la privación de alimento (crías Holstein)

Garrett R. Oetzel, Escuela de Medicina Veterinaria, UW-Madison

► CUANDO EL DAÑO ES ELEVADO, LAS BACTERIAS MIGRAN DESDE EL TRACTO DIGESTIVO POR EL SISTEMA CIRCULATORIO DANDO LUGAR A SEPTICEMIA

Al principio del artículo decía que una de las grandes dificultades de SARA es su diagnóstico en campo. La prueba de referencia es la punción del saco ventral del rumen para medir el pH del líquido ruminal. Sin embargo, es una técnica invasiva y se necesita hacer en un amplio número de los animales de la granja para que sea significativa, por lo que no es práctica, pero, además, es que una medición puntual en el día tampoco es significativo, puesto que el pH no es un valor estático como demuestran los estudios *in vivo*, sino que está sujeto a grandes variaciones ligado a los momentos de ingesta. De hecho, para valorar la presencia o no de SARA se mide el número de horas que el rumen está por debajo de 5,8, y los programas de formulación dinámica que incorporan la predicción del pH en función de la dieta establecen un índice de riesgo de acidosis en esta misma línea.

Cuando, a pesar de todos los sistemas de control, la dieta ocasiona episodios de SARA en los animales, la mucosa ruminal empieza a sufrir los daños de la acidez. Es importante resaltar que, a diferencia de la mucosa intestinal, el epitelio ruminal no está protegido por moco, por lo que incluso breves episodios de SARA causan inflamación (ruminitis) y posteriormente úlceras. Esto aumenta la pérdida de funcionalidad de las estrechas uniones intercelulares en el rumen, que facilitan el paso de bacterias a las capas inferiores

de la mucosa, alcanzando la circulación sanguínea, lo que permite la llegada de bacterias al hígado. La aparición de abscesos hepáticos ligada a SARA está muy documentada como consecuencia de la proliferación de *Fusobacterium necroforum* en el rumen de vacas con SARA y su posterior migración al hígado. Cuando el daño es elevado, las bacterias migran desde el tracto digestivo por el sistema circulatorio dando lugar a septicemia, con la aparición de focos infecciosos en el pulmón (neumonía), corazón (endocarditis), riñón (pielonefritis) y articulaciones (artritis). La necropsia de los animales en granja es una fuente de información muy valiosa que nos ayudaría a valorar la situación del manejo nutricional en las granjas revisando el estado de la mucosa digestiva y la aparición o no de abscesos en diferentes órganos.

Sin embargo, a pesar de que estos daños localizados como consecuencia de SARA son muy importantes, la mayor preocupación reciente se basa en la evidencia de que alimentos en mal estado y/o dietas formuladas con mucho grano y poco forraje están relacionadas con la activación de una reacción inflamatoria de fase aguda a nivel sistémico, que podría relacionarse directamente con el desarrollo de muchas enfermedades metabólicas tradicionalmente asociadas a los efectos del balance energético negativo posparto. En una estupenda revisión de Ametaj, Zebeli e Iqbal en 2010, se desarrolla ►►

una interesante línea argumental que nos previene de que el empleo de dietas con alto riesgo de SARA puede ser el origen de muchos de los problemas que nos encontramos en las granjas, como si estuviéramos generando una tormenta perfecta que tarde o temprano nos alcanza y nos hace fracasar.

Tres son los puntos fundamentales que generan mayor riesgo:

1. El aumento de la población microbiana del rumen con dietas muy concentradas, que en principio no es negativo, puesto que favorece la digestión ruminal de los alimentos, aumenta la producción de AGV y la superficie de absorción de la mucosa ruminal, incrementando el aporte energético a la vaca y, por tanto, las producciones. Sin embargo, tal como demostraron Khafipour *et al.* en 2009, las raciones con mucho concentrado y poco forraje (tanto de grano como *pellet* de alfalfa) aumentan mucho las bacterias gram negativas frente a las gram positivas, especialmente *Streptococcus bovis* y *Escherichia coli*.
2. El incremento en la cantidad de diferentes cepas de bacterias gram- durante SARA explica los resultados previos en los cuales la alimentación con dietas altas en grano se acompañó de un dramático incremento en la concentración de endotoxinas, un componente bioactivo de la pared celular de las bacterias gram-. Estas endotoxinas (lipopolisacáridos LPS) son liberadas al fluido ruminal durante la lisis de las bacterias, tanto por medios naturales como por factores ambientales en el rumen que aceleran su destrucción. A mayor concentración bacteriana gram-, mayor riesgo de aumento brusco de endotoxemia ruminal.
3. La destrucción de bacterias en el rumen se produce por alteraciones en la membrana celular de las bacterias, y el pH del rumen juega un papel central en este sentido puesto que altera el mecanismo de regulación del pH intracelular (Russell y Rychlik, 2001). Ametaj (2010) establece una fuerte correlación entre el pH del rumen y la concentración de endotoxinas en el fluido ruminal en vacas alimentadas con cantidades crecientes de grano de cebada. Según este trabajo, a medida que baja el pH,

aumenta el contenido de endotoxinas (Emmanuel *et al.*, 2008) y en las dietas actuales con alto contenido en concentrado, durante la ingesta de alimento, se baja durante varias horas al día de pH 5,8, que se considera el umbral de SARA. Debemos pensar también que cualquier sustancia tóxica vehiculada a través de los alimentos es potencialmente dañina para la microflora ruminal, provocando la rotura de bacterias por alteraciones en la membrana y generando endotoxinas, del mismo modo que lo hace la bajada de pH y que será tanto más grave cuanto mayor sea el número de bacterias en el rumen. En dietas de alta producción con raciones muy concentradas es cuando el número de bacterias por ml de fluido ruminal es mayor, especialmente de las gram-, las más endotóxicas.

Al igual que ocurre con las bacterias tipo *Fusobacterium necroforum* que atraviesan la barrera ruminal durante episodios de SARA, las endotoxinas liberadas llegan a la circulación portal y alcanzan el hígado. En este órgano la alta concentración de endotoxinas LPS estimula la liberación de citoquinas proinflamatorias por los macrófagos hepáticos (factor de necrosis tumoral, interleukinas 1 y 6), activando una respuesta inflamatoria sistémica de fase aguda (APR), caracterizada por la producción y liberación de proteínas de fase aguda (APP), tales como amiloide sérico A (SAA), proteína ligada a LPS (LBP), proteína C reactiva (CRP) y haptoglobina.

Por tanto, las consecuencias de SARA no son una bajada del porcentaje graso de la leche o la aparición de cuadros más o menos graves de diarreas, ni siquiera los altibajos de consumo de las vacas que sufren los alimentadores, sino problemas mucho más graves y de fondo, tanto para los animales como para las personas. En su trabajo publicado en *Science* en 1998, Russell relaciona los nuevos sistemas de alimentación de vacas y terneros con la explosión de infecciones por *E. coli* enterohemorrágica en la población. Según este autor, una parte del almidón incluido en la dieta no es capaz de ser fermentada en el rumen y alcanza el colon, donde se desencadena un proceso fermentativo que proporciona más nutrientes para las bacterias presentes y una mayor

► LOS AZÚCARES NO PROVOCAN UNA BAJADA DE PH RUMINAL, SINO TODO LO CONTRARIO, NOS AYUDAN A INCREMENTARLO Y A ESTABILIZAR EL AMBIENTE DEL RUMEN

liberación de ácidos. La exposición de *E. coli* a este ambiente ácido potencia la selección de cepas ácido resistentes de *E. coli* O157:H7, las cuales soportan las condiciones ácidas del estómago de las personas multiplicando peligrosamente su capacidad infecciosa a través de alimentos contaminados.

En cuanto a los animales, como señala Ametaj en su revisión, hay cada vez más evidencia científica que soporta la idea de que las endotoxinas generadas en SARA están envueltas en el desarrollo de enfermedades como hígado graso, fiebre de leche, laminitis, retención de placenta, desplazamiento de abomaso, mamitis o el síndrome de la vaca caída. ►►

Tabla 2

Azúcar (% de la materia seca)	4,7	8,4
Almidón (% de la materia seca)	20,6	18,5
pH mínimo	5,42	5,62
pH medio	6,06	6,21
pH máximo	6,65	6,83

► LA UTILIZACIÓN DE LOS AZÚCARES COMO NUTRIENTE EN LA FORMULACIÓN DE LAS RACIONES AYUDA A PREVENIR PROBLEMAS DIGESTIVOS COMO SARA

Mientras se continúa investigando y se demuestran o no estas teorías, creo que lo más sensato es formular las raciones con menos riesgo de SARA sin perder rendimiento, aprovechando las mejoras en formulación que nos ofrecen los sistemas dinámicos, los nuevos laboratorios con análisis de digestibilidad de los forrajes, aditivos científicamente probados y nutrientes no acidóticos, como los azúcares o las grasas.

CONTROLANDO SARA CON AZÚCAR

Sabemos que los azúcares son fermentados muy rápidamente en el rumen y esto nos lleva a pensar automáticamente que dará lugar a una rápida e inmediata bajada de pH. Sin embargo, los resultados obtenidos por estudios científicos en años recientes nos indican todo lo contrario, que los azúcares añadidos tienen un efecto positivo sobre el pH ruminal, dándole mayor estabilidad y reduciendo por tanto el riesgo de SARA.

En 2009, Penner y Oba alimentaron vacas Holstein con dietas experimentales comparativas con o sin la adición de sacarosa para obtener una dieta con bajo (2,8 % SS) o alto (5,8 % SS) contenido de azúcar; el aumento de azúcar se hizo retirando la cantidad equivalente de almidón de maíz. El mayor contenido en azúcar de la ración aumentó el pico mínimo de pH diario (de 5,42 a 5,61) y el pH promedio (de 6,17 a 6,3).

Los mismos autores, de nuevo en 2009, estudiaron los efectos de los azúcares en vacas recién paridas incrementando su proporción en la dieta; en este caso hay que destacar que el aporte de azúcar fue más elevado en las dos dietas, y que la cantidad de almidón era muy baja con respecto a lo que habitualmente estamos empleando en España. Como se observa en el cuadro con los resultados (tabla 2), llama mucho la atención que la dieta experimental que aporta mayor cantidad de CNF (26,9 % frente a 25,3 %) mejore el pH mínimo diario, el pH medio y el pH máximo.

Antes de este trabajo, en 2004, Broderick y Radloff compararon dietas con diferentes concentraciones de melaza añadida para reemplazar harina de maíz. La producción de ácidos grasos volátiles fue mayor con la dieta que llevaba melaza, especialmente ácido butírico. En este caso, aun teniendo en cuenta que la suma de azúcar + almidón en la dieta con melaza era muy alta (36,1 %), un 3 % mayor que la dieta control, el pH ruminal permaneció constante a pesar de la mayor producción de AGV, demostrando que los azúcares representan una fuente de energía no acidogénica incluso cuando son usadas en cantidades superiores a las recomendadas. Los resultados se muestran en la tabla 3. ►►

Tabla 3

Total azúcares (% MS)	2,6 (0 % de melaza añadida)	10 (9 % de melaza añadida)
Almidón (% MS)	31,4	26,1
Almidón + azúcar (% MS)	33	36,1
pH promedio	6,07	6,06
AGV mM	112,0	117,0

Tabla 4

Azúcares (% MS)	6,4 (0 % melaza añadida)	8,9 (5 % melaza añadida)
Almidón (% MS)	36,3	32,9
pH promedio	5,73	5,87
Butírico (mol/100 mol)	16,7	17,7
Acético (mol/100 mol)	46,3	46,9
Propiónico (mol/100 mol)	28,7	27,4

Martel *et al.* en 2011 hicieron otra prueba con vacas Holstein alimentadas con dietas muy altas en almidón a las que se añadía melaza para ver el efecto de cambiar el tipo de carbohidrato en este tipo de dietas, sustituyendo parte del almidón de maíz por sacarosa de la melaza. Una vez más, los resultados fueron equivalentes a los casos citados antes, lo que demuestra que el efecto es el mismo, independientemente del nivel de almidón de las raciones. El pH promedio mejora de 5,73 a 5,87 y aumenta la producción de butírico y acético (tabla 4).

Más reciente es el trabajo de Baurhoo y Mustafa (2014), que hicieron un planteamiento experimental similar sustituyendo almidón por azúcar; el resultado fue menos claro, el pH de la dieta control fue 5,92 frente a la experimental con melaza que fue de 5,97, pero en este caso había dos diferencias interesantes: el forraje base de ambas dietas era el ensilado de alfalfa y la melaza añadida era en polvo. La melaza en forma líquida podría tener un mayor efecto positivo la modulación ruminal porque estimula una ingesta más homogénea a lo largo del día (Krause *et al.*, 2002), y, además, la melaza líquida contiene también ácidos orgánicos que puede estimular la salivación y dar una mayor estabilidad al pH ruminal.

Todos estos trabajos corroboran otros muchos realizados hace años, como los de Chamberlain *et al.* (1993), Heldt *et al.* (1999), Mc Cormick *et al.* (2001) y De Fraire *et al.* (2004), y todos en conjunto nos dan seguridad en la idea de que los azúcares no provocan una bajada de pH ruminal, sino todo lo contrario, nos ayudan a incrementarlo y a estabilizar el ambiente ruminal.

¿CÓMO PODEMOS EXPLICAR ESTOS EFECTOS?

Desde el principio, estos resultados fueron muy inesperados incluso para los mismos autores y en todos los artículos buscan dar una explicación a este efecto a la vez que insisten en continuar con

las investigaciones. A continuación, se resumen los argumentos que emplean los investigadores para fundamentar sus resultados:

1. La primera explicación es que los azúcares favorecen el desarrollo y el mantenimiento de poblaciones bacterianas que se alimentan a partir de ácido láctico.

Antes veíamos que el ácido láctico es el ácido graso volátil (AGV) más fuerte de los generados en el rumen de acuerdo a su mayor constante de disociación; un mol de ácido láctico tiene el poder de reducir el pH en alrededor de una unidad comparado con el resto de AGV y su acumulación es, por tanto, la responsable de la acidosis ruminal aguda.

Investigaciones llevadas a cabo desde hace varios años (Counotte *et al.* 1981; Scheifinger *et al.* 1973; Marounek *et al.*, 1989) demostraron que la disponibilidad de azúcares simples en el rumen es fundamental para el desarrollo de *Megasphaera elsdenii* y *Selenomonas ruminantium*, bacterias especializadas en el empleo de ácido láctico en el rumen, y estabilizadoras del pH ruminal.

El crecimiento de estas bacterias es también estimulado en presencia de ácido málico, que es un componente presente en los forrajes verdes, y también es el ácido orgánico encontrado en mayor concentración en las melazas (Emanuele y Sniffen, 2014) que se emplean como fuente de azúcares en las raciones.

En 2011, Aikman *et al.* demuestran que determinadas cepas de *M. elsdenii* podrían ser usadas como probióticos en la alimentación de las vacas dado que reducen los casos de acidosis ruminal subaguda (SARA) durante los periodos de transición a dietas altas en concentrado.

2. Otro argumento que explica el efecto de los azúcares sobre el sostenimiento del pH ruminal es que son fermentados a ácido butírico y este es un potente factor de crecimiento de

las vellosidades ruminales y, por lo tanto, potencian la absorción de los AGV a través de la mucosa ruminal evitando su acumulación. Como concluye Martel en el trabajo de 2011, la mayor y más rápida absorción de AGV ayuda a mantener el pH en valores más elevados.

3. La tercera teoría y más novedosa fue presentada en 2007 por Hall y Weimer, 2007. Estos autores encontraron que los azúcares pueden ser convertidos en glucógeno por las bacterias ruminales y almacenarlos como fuente de reserva. Este mecanismo podría reducir la inmediata producción de AGV evitando una caída brusca de pH si son aportados en cantidades muy elevadas.

4. Por último, aunque más relacionado con la forma de aportar los azúcares, es que los suplementos azucarados con base en la melaza, hacen que las raciones *unifeed* sean consumidas de forma más homogénea reduciendo el efecto selección en el comedero, algo muy importante en raciones ricas en concentrado, especialmente cuando se usan forrajes secos. Un consumo homogéneo de la dieta favorece que las fermentaciones sean regulares al ingresar en el rumen todos los nutrientes a la vez y, además, favorece la ingesta del forraje que asegura el estímulo de la rumia y, por lo tanto, la salivación.

CONCLUSIÓN

Por todo ello estoy convencido de que la utilización de los azúcares como nutriente en la formulación de las raciones ayuda a prevenir problemas digestivos como SARA a través de un mejor manejo de las fermentaciones ruminales y su empleo se irá especializando en el futuro a medida que vayan apareciendo trabajos que nos digan cuáles son los azúcares más eficientes. ■