



Mejora de la eficiencia ruminal con el uso de minerales de origen marino

En este artículo se aborda la importancia del uso de minerales marinos en la nutrición animal, y más concretamente en las vacas de leche, con base en diversos estudios que han confirmado sus efectos positivos gracias a su mayor biodisponibilidad respecto de otras fuentes provenientes de los minerales terrestres.

Alexandre Udina
Director técnico de Adial
alexudina@adial.es

La eficiencia alimentaria en vacas de leche se puede definir como la fracción de energía del alimento transformada en productos vendibles (VandeHaar, 2016). Así, la eficiencia en producción de leche serán los kg de leche corregida a grasa o energía por kg de ingesta de materia seca consumida. Este

objetivo de mejora en la producción es imprescindible para la mejora en el aprovechamiento de recursos, la sostenibilidad y en reducir el impacto medio ambiental.

El aumento en la eficiencia alimentaria en vacuno de leche reduce las emisiones de gases de efecto invernadero (Knapp y otros, 2014) y un estudio de varios años de Capper (2009) demostró que la reducción del 60 % de las emisiones de gases por unidad de leche producida era debido principalmente a la

mejora de la eficiencia alimentaria (*feed efficiency*, FE). Un reciente estudio de la Universidad de Western (Australia) mostró una reducción del 28 % en la producción de metano en vacuno usando algas marinas calizas (Acidbuf), que, en base a su composición de calcio y magnesio totalmente solubles a pH ruminal, mejoran la fermentación ruminal y la eficiencia alimentaria.

El uso de minerales marinos en la nutrición animal se ha desarrollado en los últimos años y, desde 1993, la empresa Celtic Sea Minerals (Cork, Irlanda) ha abanderado los estudios y la comercialización de estas opciones, teniendo en cuenta los efectos positivos que se reportan al usar fuentes de minerales marinos más biodisponibles que las fuentes de minerales terrestres.

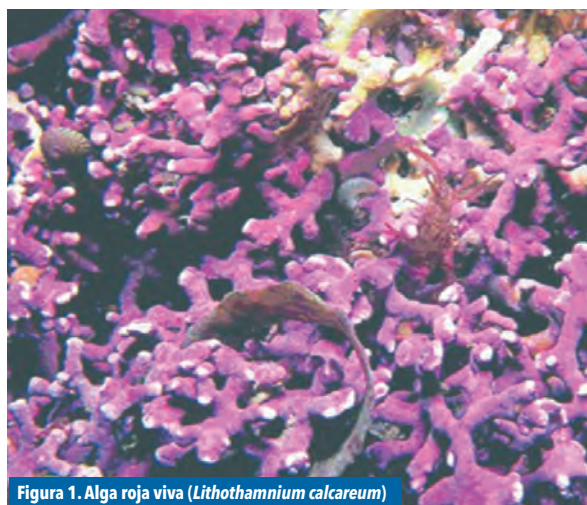


Figura 1. Alga roja viva (*Lithothamnium calcareum*)

► EN LA COMPOSICIÓN DE LAS ALGAS MARINAS CALIZAS, ADEMÁS DEL CALCIO Y DEL MAGNESIO, HAY OTROS MINERALES QUE TIENEN EFECTOS MUY BENEFICIOSOS COMO EL YODO, EL AZUFRE O EL POTASIO

FUENTES DE CALCIO MARINO

El *Maërl* o *Lithothamnium calcareum* es una alga roja que durante su crecimiento absorbe de forma rápida minerales y nutrientes del mar. El esqueleto calcáreo se deposita en el fondo marino y mediante un estricto proceso de recogida, lavado y limpieza para purificar, cribaje y molienda, se obtiene una materia prima que se puede definir como un complejo mineral marino con 74 minerales traza biodisponibles. La composición es variable según la zona de obtención, así los depósitos de algas marinas calizas en aguas frías como las de Islandia son de mucha más calidad que los depósitos en aguas más templadas y, por tanto, nada tienen que ver en composición mineral y en efectividad unas fuentes de *Lithothamnium* con otras.

El *Lithothamnium calcareum* de Islandia es el más estudiado, con más de cincuenta publicaciones en revistas científicas y más de sesenta proyectos de investigación específicos de esta alga marina caliza, comercializada internacionalmente bajo el nombre de Acid Buf. Una de sus características es la estructura tridimensional como un panal de abeja, que le confiere un área de superficie de más de 10,17 m²/g.

En la composición mineral hay, por orden de más frecuentes, calcio (en forma de carbonato de calcio), magnesio (en forma de carbonato de magnesio), sodio, potasio, cloro, fósforo, azufre, etc.

El calcio es el mineral más abundante en su composición, con riquezas del 30 al 35 % y en forma de carbonato cálcico, pero no solo en forma de ►



MARÍA HERMIDA SE PONE AL FRENTE DEL LABORATORIO ROCK RIVER EN ESPAÑA

La exjefa de servicio de la Finca Mouriscade (Diputación de Pontevedra) inicia una nueva etapa profesional al llegar a un acuerdo de colaboración con el laboratorio americano Rock River para el desarrollo de su actividad en exclusiva para toda España.

Con sede en Wisconsin (EE. UU.), Rock River cuenta con una potente red de laboratorios especializados en análisis agrícolas por todo el mundo.

María Hermida continuará ejerciendo su labor profesional en el ámbito que mejor conoce, el del análisis de ensilados y forrajes, pero a partir de ahora lo hará con la novedosa metodología del Rock River Laboratory Spain.

Especialistas en el análisis de:

- Ensilados de pradera, maíz y cereales (trigo, cebada, sorgo...)
- Forrajes deshidratados (todo tipo de henos, leguminosas, alfalfa...)
- Forrajes húmedos (*pastone*, bagazo de cerveza...)

Análisis que se adaptan a sus necesidades:

- **Análisis tradicional** de los parámetros más habituales (materia seca, fibras, proteína...)
- **Análisis completo**, que incluye la digestibilidad en distintos periodos de tiempo de la fibra neutra y del almidón (en caso de un silo de maíz, por ejemplo)



ROCK RIVER LABORATORY SPAIN

María Hermida

Polígono Industrial Lalín 2000, Parcela A8
Lalín – Pontevedra (España)

maria@rockriverlab-spain.com

986 597 195 | 629 901 290

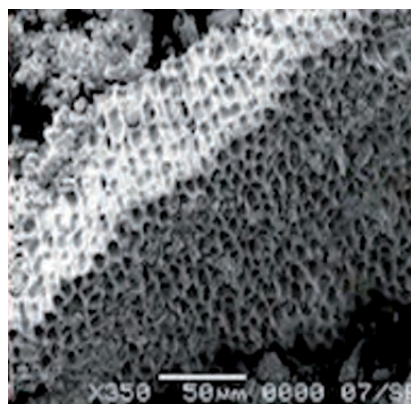
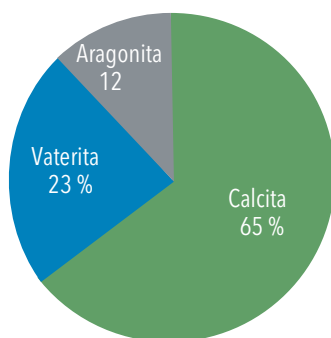


Figura 2. Visión en microscopio del esqueleto calcáreo de *Lithothamnium calcareum*

► LA BIODISPONIBILIDAD DEL MAGNESIO ES MUY IMPORTANTE, PORQUE, SI NO ES SOLUBLE EN EL RUMEN, NI VA A TENER EFECTO ALCALINIZANTE NI TAMPOCO SE VA ABSORBER

Figura 3. Composición de las fases polimórficas del CaCO_3 del Acid Buf



Aragonita y vaterita son polimorfos de la calcita

calcita como ocurre en los carbonatos cálcicos terrestres, sino con dos polimorfos como la vaterita y la aragonita.

Una de las características de los minerales marinos, y en este caso del calcio, es su alta biodisponibilidad, ya que se solubiliza también a pH altos. Esta solubilidad es total en pH ruminal de entre 5,8 y 6,5, por lo que, además, tendrá un efecto tampón en el rumen.

El segundo mineral en abundancia es el magnesio, que se presenta en un porcentaje del 5,5 al 6,5 % en el *Lithothamnium calcareum* de Islandia, mientras que otros *Lithothamnium* tienen porcentajes de solo el 1 %. Está en forma de carbonato de magnesio y también se solubiliza rápidamente el Mg a pH ruminal y, además del efecto alcalinizante en rumen, será absorbido y tendrá efectos metabólicos.

El calcio solubilizado en rumen tiene efectos inmediatos en la integridad de las mucosas y como catión es capaz de neutralizar ácido. Se puede realizar una valoración *in vitro* con un *Metrohm titrino* para comparar la cantidad de ácido (volumen de ácido

clorhídrico) que a un pH determinado una sustancia puede neutralizar durante más tiempo. Así, en los estudios a pH ruminal de 6, un carbonato cálcico marino es capaz de neutralizar el doble de ácido que el bicarbonato sódico, mientras que un carbonato cálcico terrestre prácticamente no tiene ningún efecto, ya que no se solubiliza el calcio si el pH no baja en torno a 3-4. La capacidad tampón del *Lithothamnium calcareum* (Acid Buf) es el doble que la del bicarbonato sódico:

$\text{NaHCO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$: una molécula de ácido acético es neutralizada por cada molécula de bicarbonato sódico.

$\text{CaCO}_3 + 2\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$: dos moléculas de ácido acético son neutralizadas por cada molécula de carbonato cálcico soluble en rumen.

Figura 4. Solubilización a pH 5,8 del calcio y del magnesio del Acid Buf

Liberación de calcio				
	0-2 horas	2-4 horas	4-6 horas	6-8 horas
Calcio	56,71 %	74,57 %	87,55 %	100 %

Liberación de magnesio				
	0-2 horas	2-4 horas	4-6 horas	6-8 horas
Magnesio	86,17 %	87,16 %	95,96 %	96,66 %

En la composición de las algas marinas calizas, además del calcio y del magnesio, hay otros minerales, algunos de los cuales tienen efectos muy beneficiosos como el yodo, el azufre o el potasio. El carbonato de potasio es una fuente muy soluble de potasio y muy beneficiosa para las bacterias fibrolíticas ruminales y para la biohidrogenación de las grasas en el rumen. Los aportes de estos otros minerales son ►►



We are powered by science.

Excelencia en el rendimiento

Minerales marinos biodisponibles para mejorar la eficiencia ruminal



LAS SOLUCIONES QUE OFRECEMOS SON EL RESULTADO DE MÁS DE 50 ESTUDIOS CIENTÍFICOS ESPECÍFICOS PARA NUESTROS PRODUCTOS.

Acid Buf es 100% natural y único, y ofrece soluciones nutricionales para:

- ✓ Mejorar la producción de leche y su calidad (más grasa)
- ✓ Incrementar la productividad por kg de ingesta de materia seca
- ✓ Reducir los riesgos de acidosis en el rumen
- ✓ Reducir las emisiones de metano



adial
Feed Additives

Para más información, póngase en contacto con Adial Nutrición, S.L., distribuidor oficial en España y Portugal.

Adial Nutrición | Girona (España) | T +34 972 546 155 | E adial@adial.es | www.adial.es



Del agua de mar también se pueden obtener las sales minerales que hay disueltas y, concretamente, concentrar el magnesio puro por su alta biodisponibilidad

► EL EFECTO EN EL AUMENTO, TANTO DEL PORCENTAJE DE GRASA EN LECHE COMO DEL TOTAL DE KG DE GRASA/VACA/DÍA, ES POR EL APOORTE DE MAGNESIO SOLUBLE QUE A NIVEL METABÓLICO FAVORECE LA TRANSFERENCIA DE GRASA DE SANGRE A LECHE

Figura 5. Prueba *in vitro* del efecto antiácido de distintas fuentes de magnesio a pH 5,8

Fuente	Descripción	pH (aumento inicial)	Volumen ácido (ml)	% Mg
MgO marino (Irlanda)	Polvo fino blanco	11,09	110,77	56 %
Rusia	Polvo beis	9,3	20,44	
Grecia	Material grueso blanco	9,02	5,31	
Sudáfrica	Material grueso blanco	6,3	1,3	
Sudáfrica	Material grueso beis	9,11	16,48	36 %
Sudáfrica	Polvos beis/marrón	9,2	15,86	
Noruega	Material grueso marrón/beis	9,94	5,77	
Reino Unido	Polvo gris	8,27	12,07	
Reino Unido	Material grueso marrón	8,9	9,04	54 %
Reino Unido	Material grueso marrón	8,84	12,66	
Reino Unido	Material grueso marrón	9,43	10,12	
China		9,59	8,83	58 %
España		9,84	0,25	
España		11,34	16,74	54 %
EE. UU.	Material grueso blanco	8,63	86,81	60 %
EE. UU.	Material grueso marrón	10,53	2,5	
Australia	Material grueso marrón	8,86	3,7	55 %
EE. UU.	Material blanco granulado	11,29	63,59	54 %

0,7 % potasio, 0,7 % azufre, 0,4 % sodio, 0,4 % cloro, hierro 800 ppm, fósforo 500 ppm, manganeso 50 ppm, iodo 30 ppm, cobre 10 ppm, boro 10 ppm, zinc 10 ppm, selenio 1,8 ppm, molibdeno 0,2 ppm, cobalto 0,1 ppm, etc.

Además del aporte de minerales, otra característica única del *Lithothamnium calcaireum* de las aguas frías es la presencia de polisacáridos dentro del esqueleto calcáreo, que no se han observado en otras fuentes de *Lithothamnium*.

FUENTES DE MAGNESIO MARINO

Del agua de mar también se pueden obtener las sales minerales que hay di-

sueltas y, concretamente, concentrar el magnesio puro por su alta biodisponibilidad. El agua de mar contiene aproximadamente un 3,5 % de sales disueltas, de las que un 0,5 % son cloruro de magnesio ($MgCl_2$) y sulfato de magnesio ($MgSO_4$).

Para obtener magnesio marino, se usa primero un sustrato de carbonato cálcico marino, que se calcina a altas temperaturas (1.600 °C) para tener óxido de calcio que se mezcla con agua y se obtiene hidróxido de calcio. Si este hidróxido de calcio se mezcla con agua de mar, se precipitan cristales de magnesio a partir de las sales de magnesio

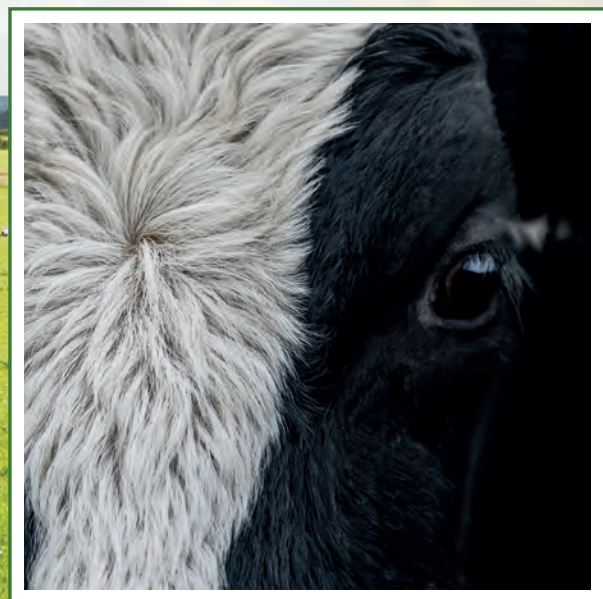
que hay en el mar (cloruro de magnesio y sulfato de magnesio). Estos cristales de hidróxido de magnesio se concentran y se les hace un tratamiento térmico a 1.000 °C para formar óxido de magnesio. De hecho, con esta segunda calcinación se separa el magnesio que por exposición al aire queda como óxido de magnesio y puede tener una riqueza del 54 al 56 % en Mg.

Las distintas fuentes de Mg son muy variables en cuanto a su capacidad de liberar magnesio soluble en los rumiantes. Estudios científicos (Schonewille *et. al.* J. Dairy Sci. 2008, 91:271-278) muestran que los niveles de absorción de magnesio (en porcentaje del Mg ingerido) en vacas de leche es de media del 26,2 %, con variaciones del 9,9 % al 73,7 %, dependiendo de la fuente de magnesio. Esto significa que la biodisponibilidad del magnesio es muy importante, porque, si no es soluble en el rumen, ni va a tener efecto alcalinizante ni tampoco se va a absorber, y en rumiantes adultos solo se absorbe magnesio vía pared ruminal. Los nuevos programas de formulación NDS y CNCPS de la Universidad de Cornell ►►

2020

Se podrá fraccionar el pago de
la prima en 2 veces

Seguro de Ganado Vacuno de reproducción y producción



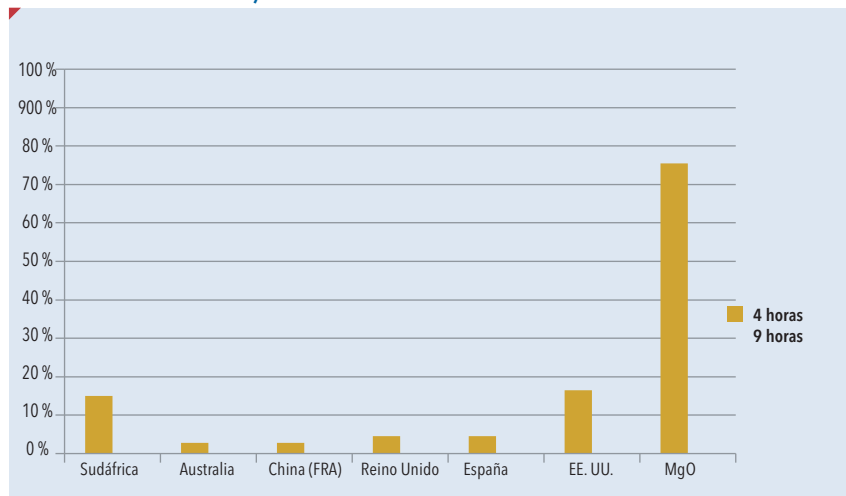
Incluye saneamiento ganadero.
Asegure la calidad de su leche
(células somáticas, aflatoxinas...)



agroseguro
40 AÑOS

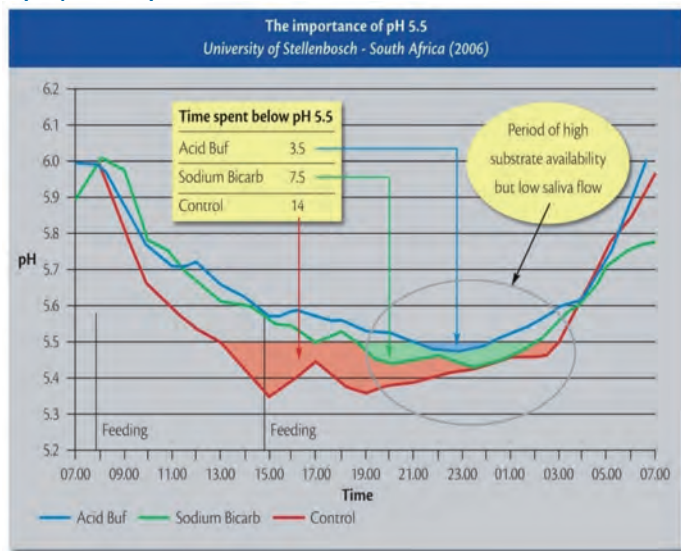
PARA SUSCRIBIR SU SEGURO DIRÍJASE A: • MAPFRE ESPAÑA CÍA. DE SEGUROS Y REASEGUROS • AGROPELAYO SOCIEDAD DE SEGUROS S.A. • CAJA DE SEGUROS REUNIDOS (CASER) • SEGUROS GENERALES RURAL • ALLIANZ, COMPAÑÍA DE SEGUROS • PLUS ULTRA SEGUROS • HELVETIA CÍA. SUIZA S.A. DE SEGUROS • MUTUALIDAD ARROCERA DE SEGUROS • CAJAMAR SEGUROS GENERALES S.A. • GENERALI DE ESPAÑA, S.A. SEGUROS • FIATC, MUTUA DE SEGUROS Y REASEGUROS • BBVASEGUROS, S.A. DE SEGUROS • AXA SEGUROS GENERALES • SEGUROS CATALANA OCCIDENTE • REALE SEGUROS GENERALES • MGS SEGUROS Y REASEGUROS S.A. • SANTALUCÍA S.A. CÍA. DE SEGUROS • MUSSAP, MUTUA DE SEGUROS • AGROMUTUA-MAVDA, SDAD. MUTUA DE SEG. • PELAYO, MUTUA DE SEGUROS A PRIMA FIJA

Figura 6. Solubilidad del magnesio en rumen artificial (MgO es el Marine MgO, magnesio marino de alta solubilidad)



Alimetrics (Finlandia, 2013)

Figura 7. Comparativa Acid Buf (90 g/vaca/día) vs. bicarbonato (180 g/vaca/día) vs. control (sin tampón) sobre el pH ruminal



ya usan al formular una corrección para el magnesio según su solubilidad, ya que en este caso será sinónimo de biodisponibilidad o absorción. La diferencia es que una magnesita terrestre solo tiene solubilidades del 20 %, mientras que un magnesio de origen marino puede llegar al 98 % de solubilidad a pH ruminal.

A nivel laboratorial (*in vitro*) se pueden hacer valoraciones de la efectividad de distintas fuentes de magnesio a un pH determinado durante un determinado periodo de tiempo. La prueba más sencilla es añadir 0,25 g de una fuente de magnesio en una solución a pH 5,8 y valorar durante dos horas la cantidad de ácido que hay que agregar para mantener el pH inicial, es decir, es

una forma de medir cómo se solubiliza el magnesio y, por tanto, a mayor volumen de ácido más magnesio solubilizado. Una vez que se añade la muestra en la solución, hay un aumento inicial de pH y la cantidad necesaria de ácido que hay que ir añadiendo para volver al pH inicial de 5,8 se mide en ml ácido.

Para realizar una prueba de simulación *in vivo* se puede usar el sistema Alimetrics (rumen artificial) y, en el caso del magnesio, se han desarrollado distintas pruebas en Finlandia, donde se han comparado las solubilidades ruminales de distintas fuentes de magnesio a las 4 h y a las 9 h (en la prueba Alimetrics-2013 se usaron las fuentes de la figura 5 en amarillo [pág. ant.]).

► SU ALTA SOLUBILIDAD RUMINAL Y, POR TANTO, SU ALTA BIODISPONIBILIDAD AYUDAN A REDUCIR LOS RIESGOS DE ACIDOSIS EN RUMEN, AUMENTAN LA DIGESTIÓN DE LA FIBRA Y MEJORAN LA EFICIENCIA ALIMENTARIA, LAS PRODUCCIONES Y LAS CALIDADES DE LA LECHE

La conclusión en todas las valoraciones *in vitro* e *in vivo* es que la solubilidad (biodisponibilidad) de los óxidos de magnesio terrestres a pH de 5,5 a 6,5 son relativamente bajas, con porcentajes del 5 al 25 %, mientras que si el óxido de magnesio es de origen marino (Marine MgO) su solubilidad aumenta por encima del 90 %.

VALORACIONES EN VACUNO DE LECHE DEL USO DE MINERALES MARINOS EN LA RACIÓN

En las distintas pruebas que se han llevado a cabo con la incorporación de las algas marinas calizas, el magnesio marino o la combinación de ambos en la ración de rumiantes,

► UNO DE LOS OBJETIVOS DEL USO DE ESTOS MINERALES ES SUSTITUIR AL BICARBONATO SÓDICO, EL ÓXIDO DE MAGNESIO Y PARTE DEL CARBONATO CÁLCICO TERRESTRE, PARA GANAR ESPACIO EN LA RACIÓN Y PARA REDUCIR EL NIVEL DE CENIZAS TOTALES

Figura 8. Estudios de las mejoras en eficiencia alimentaria con el uso de Acid Buf en vacas de leche

Incremento de Acid Buf en la eficiencia alimentaria		
Referencia	Localización	Descripción de la dieta
Bernard <i>et al.</i> , 2014	Universidad de Georgia, EE. UU.	Nivel alto de FND* en sistema <i>unifeed</i> basado en ensilado de maíz
Cruywagen <i>et al.</i> , 2015	Universidad de Stellenbosh, Sudáfrica	Nivel bajo de FND en sistema <i>unifeed</i> basado en maíz en grano y heno
Neville <i>et al.</i> , 2019	Universidad de Dublín, Irlanda	TMR basada en ensilado de raigrás, ensilado de maíz e ingredientes típicos del sistema de alimentación del norte de Europa

*FND: fibra neutro detergente

**TMR: total mixed ration (ración tipo *unifeed*)

hay que considerar la comparativa con un lote control, así como la comparativa con un lote donde se usen minerales terrestres, ya que uno de los objetivos del uso de estos minerales marinos es sustituir al bicarbonato sódico, el óxido de magnesio y parte del carbonato cálcico terrestre, para ganar espacio en la ración y para reducir el nivel de cenizas totales, que es otra forma de mejorar la eficiencia ruminal. En todos los estudios se ha desarrollado una sustitución del bicarbonato a mitad de dosis con el lithothamnio y una sustitución 3:1 o 4:1 del magnesio terrestre por el magnesio marino.

Una de las valoraciones es el efecto sobre el pH ruminal, para conseguir un pH por encima de 5,5 (límite de la acidosis subaguda) y unos diferenciales de pH máximo y mínimo más reducidos, es decir, lograr un pH más alto y más estable.

Otra de las valoraciones del uso de minerales marinos es sobre los parámetros productivos y las mejoras en producción de leche y calidad (más grasa). Se han desarrollado estudios sobre el efecto en la microbiología del rumen, con un efecto de aumentar las poblaciones de las bacterias lactato consumidoras (*Selenomonas ruminantium* y *Megaesphaera eldenii*), sobre todo con más aporte de magnesio, y también los efectos en reducir los generadores de lactato, como *Streptococcus bovis*.

El efecto en el aumento, tanto del porcentaje de grasa en leche como del total de kg de grasa/vaca/día, es por el aporte de magnesio soluble que a nivel metabólico favorece la transferencia de grasa de sangre a leche y, por tanto, hay un efecto directo sobre la grasa en leche. También la mejor digestibilidad de la fibra y la mejor eficiencia y salud ruminal ayudan en la producción de grasa, con un efecto muy interesante de

las algas marinas calizas en situaciones de estrés calórico.

Las valoraciones sobre las mejoras en la eficiencia alimentaria también se han desarrollado usando distintos tipos de dietas (con más CNF y muy acidóticas o más seguras y con más fibra), con resultados muy positivos y mejorando siempre la eficiencia alimentaria (pruebas de Bernard, 2014 de la Universidad de Georgia, EE. UU.; Cruywagen, 2015 de la Universidad de Stellenbosch, Sudáfrica; Neville, 2019 de la Universidad College Dublín, Irlanda) con resultados de mejoras de más de 0,2 kg leche corregida a energía por kg de MS.

Estos estudios sobre la mejor eficiencia alimentaria y, en consecuencia, sobre una mejor eficiencia ruminal se han desarrollado también con valoraciones de la producción total de ácidos grasos volátiles en rumen y de las ratios propionato:acetato a distintas dosis de lithothamnio + magnesio.

CONCLUSIÓN

En resumen, el uso de minerales marinos no es solo para cubrir las necesidades en dichos minerales, sino que su alta solubilidad ruminal y, por tanto, su alta biodisponibilidad ayudan a reducir los riesgos de acidosis en rumen, aumentan la digestión de la fibra, mejoran la eficiencia alimentaria, mejoran las producciones y mejoran las calidades de la leche, lo que aumenta el porcentaje de grasa. Es una eficaz solución y una herramienta que podríamos definir como *buffers* nutricionales de origen marino, con efecto tampón (control del pH ruminal) y nutricional a la vez (aporte de minerales como calcio y magnesio). ■