

Utilización de ácidos orgánicos en la alimentación de rumiantes

M.J. RANILLA. M.D. CARRO. DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL I. UNIVERSIDAD DE LEÓN.

A lo largo de los últimos años el Consejo de la Unión Europea ha prohibido el uso de varios antibióticos que se utilizaban como promotores del crecimiento de los animales. Sin embargo, la medida que quizás ha provocado una mayor polémica en todos los sectores relacionados con la producción animal ha sido la suspensión cautelada del uso de cuatro de estos antibióticos (tilosina, virginiamicina, espiramicina y bacitracina) desde el uno de julio de 1999. Estas medidas pretenden evitar que la resistencia microbiana a los antibióticos se convierta en un programa más grave y, a la vez, mantener la utilidad de los antimicrobianos actualmente disponibles.

su modo de acción y las respuestas productivas de los animales que los consumen.

Sin embargo, a pesar del gran número de estudios realizados, no se conocen totalmente los mecanismos de acción de los diferentes probióticos, y en la actualidad continúan las investigaciones sobre este aspecto, así como la búsqueda de una segunda generación de probióticos que presenten propiedades similares, pero incrementadas.

En cuanto a los ácidos orgánicos, la situación es completamente diferente. Si bien en la década de los ochenta se realizó algún estudio sobre este tema (Kung et al., 1982; Russell y Van Soest, 1984), ha sido en la década de los noventa cuando se

han llevado a cabo diversas investigaciones sobre el modo de acción de los ácidos orgánicos en los animales rumiantes.

La práctica totalidad de estas investigaciones se han llevado a cabo en condiciones *in vitro*, y son muy pocas las experiencias realizadas con animales. Por todo ello, la información existente sobre los mecanismos de acción de los ácidos orgánicos y sus efectos sobre los procesos digestivos y productivos de los animales rumiantes es muy escasa. En este trabajo se recogen los aspectos más importantes de la información disponible hasta el momento.

¿Qué son los ácidos orgánicos?

Los ácidos orgánicos se encuentran de forma natural en los tejidos biológicos, ya que son productos intermedios de algunos ciclos metabólicos, y algunos de ellos se producen también en

el tracto digestivo durante los procesos de fermentación.

Los ácidos orgánicos se usan como aditivos en la alimentación de los animales monogástricos desde hace algún tiempo, y los más utilizados son los ácidos fórmico, láctico, acético, propiónico, cítrico, málico y fumárico (Lázaro y Mateos, 2000).

En los animales rumiantes las experiencias realizadas hasta el momento se han centrado a los ácidos fumárico y málico. En estos animales, los hidratos de carbono de la ración se degradan en el rumen hasta convertirse en piruvato, y éste es metabolizado por los microorganismos ruminales para producir ácidos grasos volátiles (principalmente acético, propiónico y butírico). Los ácidos fumárico y málico son productos intermedios de una de las vías metabólicas por las cuales el piruvato se transforma en ácido propiónico (**Figura 1**). El ácido propiónico es absorbido en el rumen y en su mayor parte es transportado



La información sobre los efectos de los ácidos orgánicos en la digestión de los rumiantes es muy escasa.

Esta situación, junto con la creciente presión de los consumidores europeos para la producción de alimentos de origen animal libres de antibióticos, ha hecho que los especialistas en producción animal se planteen posibles alternativas a la utilización de estas sustancias para obtener la máxima productividad de los animales. Dentro de las alternativas posibles destacan, a nuestro juicio, dos de ellas: los probióticos y los ácidos orgánicos.

El término "probiótico" hace referencia a una serie de cultivos vivos de diversos microorganismos que son administrados como suplementos alimenticios a los animales, y que provocan efectos beneficiosos en el animal hospedador mediante modificaciones en la población microbiana del tracto digestivo (Fuller, 1989).

El interés por los probióticos y su utilización en la alimentación animal ha aumentado en la última década, y son muy numerosos los estudios que se han llevado a cabo para conocer

Composición: Salinomicina sódica 120 gr; excipiente c.s.p. 1kg. **Instrucciones para su empleo:** Mézclase la cantidad necesaria de Salocin® 120, a fin de obtener las dosis recomendadas. **Dosis de administración:** Lechones hasta 4 meses de edad: 30-60 ppm. Cerdos hasta 6 meses de edad: 15-30 ppm. **Periodo de supresión:** Salocin® carece de periodo de supresión. **Observaciones:** La salinomicina sódica es peligrosa para los équidos. La salinomicina sódica es un aditivo del grupo de los ionóforos. Su administración simultánea con determinados medicamentos (por ejemplo tiamulina) puede estar contraindicada. Reservado exclusivamente a los fabricantes de premezclas para piensos compuestos. Número de inscripción 3292 - CAT

Luz verde al **Salocin®**

¿Sabía Ud.
que **SALOCIN**

es la **ÚNICA** Salinomicina
REGISTRADA para **CERDOS** ?



intervet

al hígado, donde se convierte en glucosa y constituye así una fuente energética para el animal hospedador.

Los ácidos fumárico y málico pueden ser administrados a los animales como tales ácidos, pero su manejo presenta algunos inconvenientes, ya que son sustancias líquidas y corrosivas. Por ello, normalmente se utilizan sales de estos ácidos (principalmente sales sódicas), ya que su manejo es más fácil por el hecho

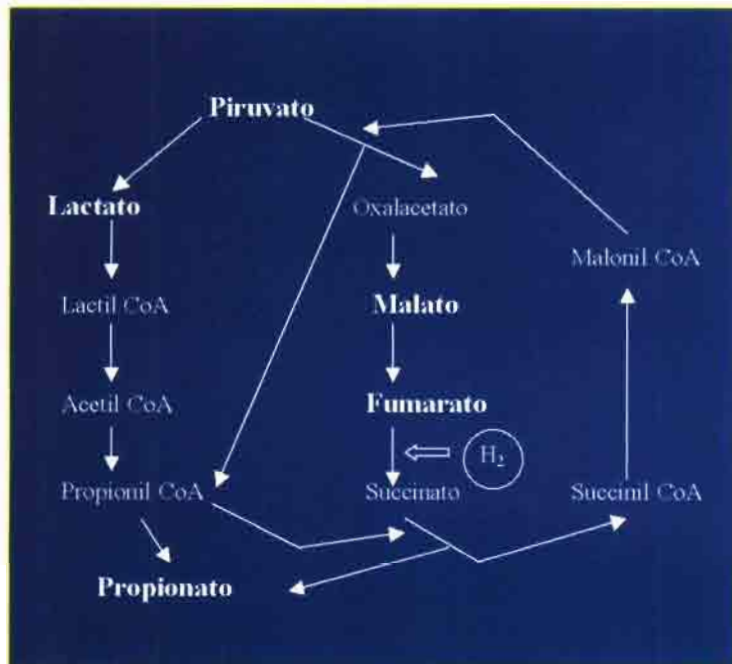


Figura 1.-Conversión del piruvato a propionato en el rumen

de ser sólidas, y además son menos corrosivas que los ácidos.

Modo de acción de los ácidos orgánicos

El modo de acción de los ácidos orgánicos no es totalmente conocido, pero en el caso de los animales monogástricos se ha observado que provocan modificaciones en la población microbiana del tracto gastrointestinal.

Este hecho se ha atribuido, por una parte, a su poder acidificante (Lázaro y Mateos, 2000), ya que reducen el pH del tracto digestivo y perjudican así el crecimiento de aquellos gérmenes patógenos cuyo pH óptimo de crecimiento está en torno a la neutralidad. Por otra parte, los ácidos orgánicos pueden penetrar en el interior de algunos microorganismos y alterar su equilibrio interno (Lázaro y Mateos, 2000), de forma que estos microorganismos se ven obligados a un gasto energético adicional para recuperar su equilibrio, y por ello su crecimiento se ve perjudicado.

En el caso de los animales rumiantes los ácidos orgánicos (o sus sales) ejercen su acción a nivel del rumen cuando son administrados con el alimento. En diversos estudios in vitro (Russell y Van Soest, 1984; Callaway y Martin, 1997) se ha observado que los microorganismos ruminales son capaces de fermentar concentraciones 7,5 mM de malato entre 10 y 24 horas. Esto significa que cuando las sales de los ácidos orgánicos son administradas a estos niveles (7,5 mM sería la concentración que se alcanzaría con 93 g diarios de malato sódico en una vaca con un volumen ruminal de 70 litros) son completamente transformadas y no pasan al tracto digestivo posterior, por lo que son sustancias que no pueden dejar residuos en los productos animales que son consumidos por el hombre.

En varios estudios in vitro (Nisbet y Martin, 1990; 1991) se

observó que la adición de fumarato y malato hasta alcanzar concentraciones 10 mM multiplicaba por dos el crecimiento de *Selenomonas ruminantium*. Esta es una bacteria ruminal que puede llegar a representar hasta la mitad del total de bacterias viables en el rumen en animales que reciben raciones con altas proporciones de concentrados (Caldwell y Bryant, 1966). Esta bacteria fermenta un gran número de monosacáridos (p.e. glucosa, fructosa y galactosa), disacáridos (maltosa y lactosa) y oligosacáridos para producir ácidos acético, propiónico y láctico como principales productos finales (Stewart y Bryant, 1988). Otra característica de esta bacteria es que muchas de sus subespecies pueden utilizar ácido láctico como fuente de energía.

En condiciones in vitro (Nisbet y Martin, 1990) se ha observado que tanto el fumarato como el malato aumentan la captación y utilización del ácido láctico por *Selenomonas ruminantium*, en concreto cuatro y diez veces, respectivamente.

Cuando los animales rumiantes reciben raciones ricas en hidratos de carbono rápidamente fermentables (p.e. granos de cereales) en el rumen se puede producir una acumulación de ácido láctico que provoca una disminución del pH. Si el pH ruminal disminuye por debajo de 6,0 durante períodos de tiempo prolongados se produce la denominada "acidosis ruminal", que ocasiona una serie de alteraciones microbianas y fisiológicas que conducen a una disminución de la digestión de la fibra, descenso en la ingestión de alimentos, diarrea, úlceras ruminales e incluso muerte de los animales en casos graves.

Dado que el fumarato y el malato favorecen la captación del ácido láctico por *Selenomonas ruminantium*, su administración en las raciones de los animales podría disminuir las concentraciones de este ácido en el rumen y así evitar los descensos acusados de pH.

En diversos experimentos realizados con cultivos microbianos in vitro y con fermentadores semicontinuos se ha observado una disminución de las concentraciones de ácido láctico (Carro et al., 1999; López et al., 1999) y un aumento de los valores de pH (Martin y Streeter, 1995; Callaway y Martin, 1996; López et al., 1999) cuando se utilizaron estas dos sustancias como aditivos.

A pesar de que los resultados obtenidos in vitro son claros, no se han obtenido las mismas respuestas en experimentos in vivo.

En dos experimentos, uno de ellos realizado con vacas lecheras y otro con terneros, Kung et al. (1982) no observaron ningún efecto de la adición de ácido málico sobre el pH ruminal. En estos experimentos los animales recibieron diferentes dosis de ácido málico, en concreto 70, 105 y 140 g por día en el caso de las vacas, y 100 y 200 mg por cada kg de peso corporal en el caso de los terneros.

Por el contrario, otros autores sí han observado aumentos del pH ruminal como consecuencia de la administración de malato. En diversas pruebas realizadas con terneros que recibían una ración con un 60% de maíz aplastado, Martin et al. (1999) observaron que la administración de niveles crecientes de malato (0, 27, 54 y 80 g por animal y día) producía un aumento lineal del pH ruminal (valores medios de 5,77, 6,01, 6,07 y 6,15, respectivamente). En los animales que no recibieron malato el pH ruminal se mantuvo por debajo de 5,6 durante las seis horas siguientes a la administración de alimento (Figura 2), estando así en valores asociados a una acidosis subclínica. Por el contrario, en los animales que consumieron 80 g de malato al día el pH ruminal no descendió de 6,0 en todo el día.

En otras pruebas realizadas con terneros que recibían una ración con un 77 % de copos de cebada (Montaño et al., 1999) se observó que el descenso del pH ruminal producido a las dos o tres horas tras la administración de la comida era menos acusado cuando los animales recibían diariamente 80 g de malato

(los valores medios de pH fueron 5,11 y 5,20 para los animales control y suplementados, respectivamente).

Las diferencias entre los resultados de las distintas pruebas experimentales pueden deberse a las características de las raciones ingeridas por los animales. Así, la respuesta positiva en el pH ruminal se ha observado cuando los animales recibieron raciones que contenían altas proporciones de granos de cereales y que provocaban bajos valores de pH tras la ingestión de los alimentos. En el caso de las pruebas realizadas por Kung y sus colaboradores (1982) los animales consumían ensilado de maíz ad libitum y los valores de pH ruminal dos horas después de la administración de alimento oscilaron entre 6,9 y 7,1.

Según los resultados de estos estudios el malato podría disminuir el descenso acusado de pH ruminal que se produce tras la ingestión de raciones ricas en hidratos de carbono rápidamente fermentables (p.e. raciones con un alto contenido en granos de cereales), pero no parece ejercer efecto alguno sobre este parámetro cuando, debido a las características de la ración, no se produce esta rápida disminución del pH ruminal.

Por otra parte, *Selenomonas ruminantium* metaboliza el ácido láctico que capta hasta ácido propiónico. Debido a este proceso en la mayoría de los estudios realizados con los ácidos fumárico y málico (o con sus sales) se ha observado un aumento en la producción y/o concentración de ácido propiónico.

Este hecho se ha observado en cultivos in vitro de microorganismos ruminales (Martin y Streeter, 1995; Asanuma et al., 1999), en fermentadores semicontinuos (Carro et al., 1999; López et al., 1999) y en el rumen de vacas lecheras y terneros (Kung et al., 1982). Si el animal hospedador puede absorber una mayor cantidad de ácido propiónico sin variaciones en el resto de los ácidos grasos volátiles, dispondrá previsiblemente de una mayor cantidad de glucosa y, por lo tanto, de energía.

Otro de los efectos observados tras la administración de fumarato y malato es una reducción de la producción de metano. El metano es uno de los productos finales de la fermentación ruminal de los alimentos y constituye una pérdida energética para el animal, pérdida que puede representar entre el 11 y el 13% de la energía metabolizable de la ración (McDonald et al., 1995). Por otra parte, el metano es un gas que contribuye al efecto invernadero, y el producido por los animales rumiantes se estima que puede representar entre el 15 y el 20% de la producción global (Cicerone y Oremland, 1988).

Debido a estos hechos, en los últimos años la búsqueda de aditivos que reduzcan la producción de metano ha sido uno de los objetivos de los investigadores relacionados con la producción animal. En este sentido, tanto el ácido fumárico como el málico parecen cumplir este objetivo.

Cuando existe hidrógeno en el medio ruminal, *Selenomonas ruminantium* puede fermentar estos dos ácidos para producir succinato y propionato (Figura 1). A través de este mecanismo disminuye la concentración de hidrógeno en el rumen y se

reduce así la cantidad de hidrógeno disponible para formar metano.

De hecho, en diversos experimentos realizados con cultivos in vitro de microorganismos ruminales y con fermentadores semi-continuos se ha observado una disminución de la producción de metano tras la adición de fumarato (Asanuma et al., 1999; López et al., 1999) y de malato (Martin y Streeter, 1995; Carro et al., 1999).

De momento no existen estudios sobre el posible efecto de estas sustancias sobre la producción de metano in vivo, probablemente debido a las grandes dificultades que presenta la determinación experimental de la cantidad de gas producido por los animales.

En resumen, tanto el ácido fumárico como el ácido málico pueden aumentar la cantidad de ácido propiónico producido en el rumen a través de un doble mecanismo: por una parte, estimulan la captación y transformación del ácido láctico a propiónico que lleva a cabo *Selenomonas ruminantium*, y, por otra, esta misma bacteria puede transformar estos dos ácidos en succínico y propiónico. Como consecuencia de la disminución de los niveles de ácido láctico en el rumen, otro efecto de estos ácidos

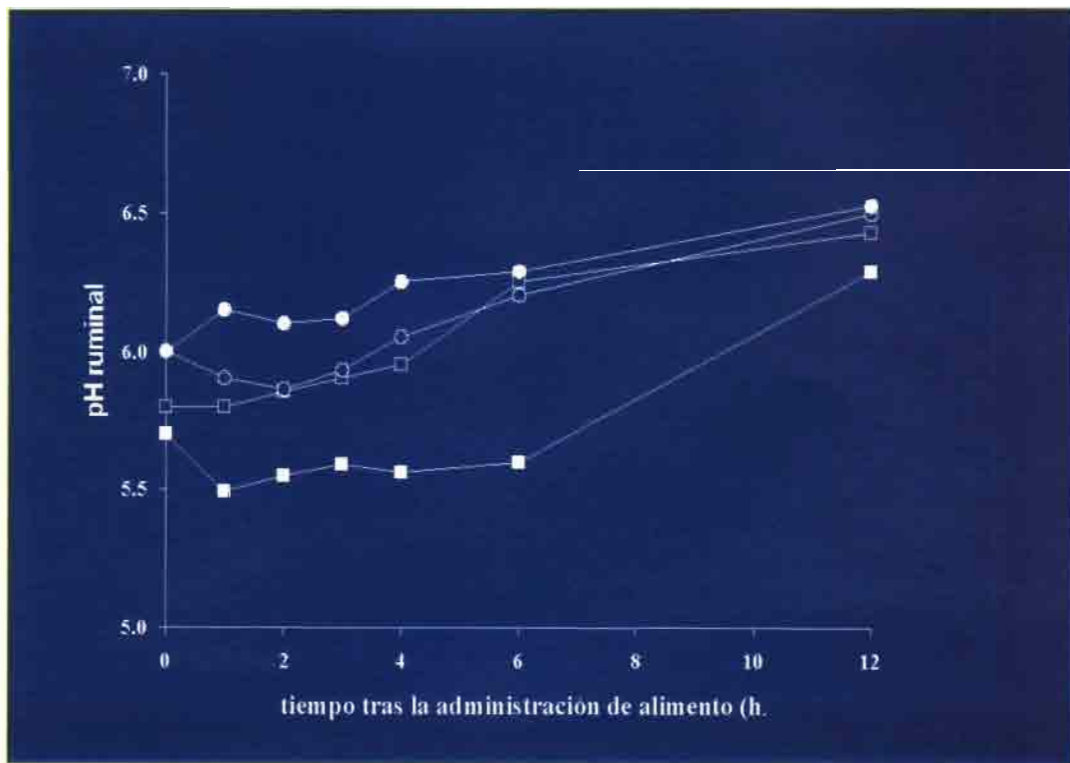


Figura 2. Efecto de diferentes dosis de malato (0 g/d (■), 27 g/d (□), 54 g/d (○) y 80 g/d (●)) sobre el pH ruminal de terneros alimentados con raciones con un 60 % de maíz aplastado. Tomado de Martin et al. (1999).

orgánicos es prevenir el descenso acusado del pH que se produce cuando en el rumen se acumula ácido láctico.

Efecto de los ácidos orgánicos sobre los parámetros productivos

Los ácidos orgánicos mejoran la digestibilidad y la retención de los nutrientes en los animales monogástricos, lo que se traduce en mejoras en la ganancia de peso vivo y en los índices de conversión (Lázaro y Mateos, 2000).

En el caso de los animales rumiantes los estudios que se han realizado hasta el momento son muy escasos y todos ellos se han centrado en la utilización de ácido málico y de malato sódico. En un estudio realizado con vacas lecheras que recibían

Dossier *aditivos en alimentación*

niveles de ácido málico de 70, 105 y 140 g por día, Kung et al. (1982) observaron que la eficiencia de conversión del alimento (kg de leche/kg de alimento) era un 8% mayor en los animales que recibían la dosis más alta de malato que en el resto de los grupos. Además, el contenido en grasa y en sólidos totales de la leche era también mayor en este grupo, aunque las diferencias no llegaron a ser significativas.

En todas las vacas que recibieron ácido málico se registraron concentraciones mayores de los principales ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico) que en las vacas control, lo que podría indicar que el ácido málico provocó una mayor fermentación de la ración (Kung et al., 1982).

En una prueba realizada con 33 terneros (peso vivo inicial = $367 \pm 4,5$ kg) a los que se les administró durante 84 días una ración con un 72% de maíz aplastado (Martin et al., 1999), se observó que la adición de malato a niveles de 40 y 80 g por animal y día provocaba un aumento lineal de la ganancia de peso y un aumento de la eficiencia de utilización del alimento (kg de ganancia de peso/kg de alimento). Los terneros que recibieron una dosis diaria de 80 g de malato presentaron una ganancia

Sin embargo, no se observaron diferencias entre los tres grupos de animales cuando se consideraron los efectos obtenidos tras los 52 días de duración de la prueba (aumentos de peso vivo de 1,92, 2,05 y 1,90 kg/día para los niveles 0,60 y 120 g de malato, respectivamente).

Debido a estos resultados, Martin et al. (1999) sugieren que podría ser más conveniente utilizar malato como aditivo durante la fase de transición que se produce cuando los animales llegan a los cebaderos, que hacerlo durante todo el período de cebo.

Perspectivas de futuro de los ácidos orgánicos

Tanto el ácido fumárico como el ácido málico aparecen en la lista de aditivos cuyo uso está permitido en la UE (Directiva 70/524/CEE; nº CEE E297 y E296 para el ácido fumárico y málico, respectivamente). Ambos ácidos se encuentran en el grupo de los denominados "conservantes" y se permite su uso en todos los alimentos destinados a todas las especies de animales, sin que se indiquen dosis máximas o mínimas de uso, ni restricción alguna en la edad de los animales a los que van

destinados, es decir, en la actualidad no existe ningún impedimento legal que restrinja su uso. Sin embargo, la principal limitación que presentan estas dos sustancias es de tipo económico, ya que su elevado coste hace que no sea rentable su utilización en la alimentación de los animales rumiantes. Por ello, para que puedan llegar a utilizarse rutinariamente debe abaratare el coste de estos ácidos.

Por ejemplo, en Japón el ácido fumárico es mucho más barato que en Europa y Estados Unidos, y su utilización como aditivo resulta económicamente rentable (Asanuma et al., 1999). La alternativa actual es combinar estos productos (a dosis bajas, para abaratar el precio) con otros aditivos, como pueden ser los probióticos o algunos extractos vegetales que presenten acciones similares en el tracto digestivo de los animales. De hecho, en nuestro país existen empresas que comercializan pro-

ductos constituidos por estos componentes y que pueden ser utilizados tanto en la alimentación de los animales monogástricos como en la de los rumiantes.

Otro punto conflictivo lo representan las dosis a las que estos compuestos son efectivos. Dado que la mayoría de los experimentos realizados hasta el momento se han hecho en condiciones in vitro, es muy arriesgado extrapolar estos resultados a condiciones in vivo. Además, los resultados de los escasos trabajos realizados hasta la fecha con animales parecen indicar que la respuesta animal a estos aditivos podría depender de las características de la ración, por lo que probablemente sólo sean efectivos en determinados sistemas de producción.

Es de esperar que en los próximos años se amplie el número de trabajos sobre estos dos ácidos, o incluso se investigue el efecto de otros ácidos orgánicos, y que estas experiencias contribuyan a aportar información sobre estos aspectos. ■



Por su alto coste la alternativa es combinar los ácidos orgánicos con otros aditivos.

media de peso de 2,11 kg por día, frente a los 1,86 kg por día que engordaron los terneros que no recibieron malato. La relación kg de ganancia de peso/kg de alimento fue un 8,1% mayor en los terneros que recibieron malato (0,172 y 0,186 en los terneros control y suplementados, respectivamente).

Los resultados de otra prueba llevada a cabo con 27 terneros de raza Angus (peso vivo inicial = $432 \pm 4,6$ kg) durante 52 días (Martin et al., 1999) son similares a los anteriormente descritos. En esta prueba se administró malato a los animales a niveles de 0,60 y 120 g por día. Los terneros que recibieron malato presentaron una mayor ganancia de peso (2,87, 3,35 y 3,68 kg/día para los niveles 0,60 y 120 g de malato, respectivamente) durante los primeros diez días de la prueba, en la que los animales recibieron una ración de transición, sin que se observaran diferencias en la ingestión de alimento (11,5, 11,7 y 11,4 kg/d).