

# ¿Estamos alimentando adecuadamente la vaca lactante (que está gestante) y la vaca seca?

## Introducción

La producción del vacuno lechero actual sufre de una vida productiva relativamente corta debido principalmente a 1) una elevada incidencia de problemas metabólicos y 2) una baja función reproductiva (lo que conlleva problemas de sostenibilidad y rentabilidad del proceso productivo).

Toda la atención del nutricionista se ha centrado en minimizar los problemas metabólicos y mejorar la función reproductiva a través de la provisión de nutrientes al animal durante la lactación y especialmente en el parto. Así mismo, en el campo de la investigación, no existe ningún estudio que evalúe ni los efectos de la nutrición de la vaca gestante sobre la función metabólica y productiva de su progenie. Del mismo modo, todos los modelos nutricionales (desde el INRA hasta el NRC pasando por el AFRC y CVB) ignoran cualquier necesidad nutricional de la vaca lactante para sostener la gestación hasta que no se alcanzan los 190 días de gestación (cuando la vaca suele secarse). Este hecho es sorprendente, especialmente cuando se considera que cerca del 70% de la gestación de una vaca adulta coincide con la gestación, y por tanto existe una posible competencia entre la placenta y la glándula mamaria para acceder a los nutrientes consumidos, y más aún, cuando se considera que el inicio de la gestación suele coincidir con niveles de producción de leche elevados (o al menos es deseable, económicamente, que así sea), y tras la concepción el metabolismo celular del útero, embrión, y placenta es elevadísimo.

Los mecanismos evolutivos de la naturaleza van dirigidos a maximizar la supervivencia de la progenie. Normalmente, la evolución es fruto de mutaciones genéticas aleatorias, y aquéllas beneficiosas pasan a siguientes generaciones mientras que las que suponen desventajas resultan en una menor supervivencia de la progenie y terminan extinguiéndose con el transcurso del tiempo. Si bien la aleatoriedad evolutiva existe, también hay otros mecanismos que sin alterar el perfil genético de la

progenie, modifican el grado de expresión de determinados genes. De este modo, la naturaleza se ha dotado de mecanismos para potenciar o silenciar la expresión de determinados genes con el fin de maximizar la adaptación de la progenie a su entorno. Uno de los mecanismos que regulan la expresión génica durante el desarrollo es la epigenética. La epigenética permite a la madre preparar y adaptar su descendencia mejor al ambiente futuro que les espera con el fin de aumentar sus posibilidades de supervivencia de una forma mucho más dirigida que no a través de mutaciones genéticas aleatorias. El conjunto de modificaciones en la expresión génica que se establecen durante el desarrollo embrionario recibe el nombre de "programación fetal".

En los últimos años, la programación fetal ha recibido mucha atención en los campos de la medicina humana y más recientemente también en el porcino e incluso en vacuno de carne, pero ha sido totalmente ignorada, de momento, en el vacuno lechero. Existe la oportunidad de mejorar la alimentación de la vaca gestante, tanto durante la lactación como en el secado con el fin de modular el metabolismo de la cría para que en un futuro, las vacas disfruten de una mejor funcionalidad reproductiva, una menor incidencia de procesos metabólicos, y una mejora de la producción de leche.

Este artículo revisa la importancia de la nutrición materna durante la gestación y especula sobre posibles efectos en la progenie del vacuno lechero.

## La alimentación de la vaca lactante y gestante

Los primeros estadios de desarrollo de la placenta son claves para asegurar un aporte adecuado de nutrientes al feto, y el aporte de éstos puede alterar la función metabólica (y reproductiva del feto). En el vacuno lechero, la concepción ocurre al inicio de la lactación (idealmente antes de los 100 días después del parto), pero la vaca de leche se encuentra en un estado de resistencia a la insulina (diabetes tipo II) durante el inicio de la lactación (Guesnet *et al.*, 1991; Sasaki, 2002). Esta resistencia a la insulina, cuando es excesiva, ejerce graves consecuencias sobre el animal. Por un lado, permite una exagerada movilización de reservas corporales, lo que con frecuencia conlleva a cetosis (debido a

**Álex Bach.** Veterinario.

Departamento de Producción de Rumiantes. IRTA  
alex.bach@irta.es

un aporte de grasa muy superior al de glucosa al hígado); y por otro, dificulta el crecimiento de los folículos pues el transporte de glucosa está limitado por la falta de capacidad de la insulina para estimular los transportadores de glucosa (Leroy *et ál.*, 2008). Además, recientemente (Lemley *et ál.*, 2008) han demostrado que bien la administración de insulina o un aporte exógeno de glucosa (que resultará en un aumento de la insulina circulante) inhibe la actividad de los citocromos P450 2C y 3A que son los principales responsables de catabolizar la progesterona. Si a través de la programación fetal se pudiera modular la sensibilidad a la insulina de la cría, la capacidad reproductiva de la misma podría verse mejorada por una mayor disponibilidad de glucosa para el crecimiento folicular y por una mejora en la concentración de progesterona en sangre. El número máximo de oocitos a nivel ovárico se sitúa alrededor de los 90 días de vida fetal (Erickson, 1996) y la foliculogénesis en el feto bovino no se completa hasta el final de la gestación (Rhind *et ál.*, 2001). Por el momento, se desconoce cómo mejorar la sensibilidad a la insulina a través de la programación fetal en el vacuno lechero, pero existe evidencia en el vacuno de carne que la suplementación proteica durante la gestación puede modular la sensibilidad a la insulina y mejorar la función reproductiva de la descendencia (Funston *et ál.*, 2008) y restricciones proteicas durante 100 días de gestación retrasan la edad a la pubertad de la progenie (Corah *et ál.*, 1975; Martin *et ál.*, 2007).

Por otro lado, existen dos tipos de micro-nutrientes (como mínimo) con un importante potencial para mejorar la funcionalidad de la progenie. Por un lado, la arginina, y por otro, un conjunto de moléculas que actúan de donadores de grupos metilo: la metionina, la vitamina B12, y el ácido fólico.

La arginina es un aminoácido esencial que actúa como precursor del óxido nítrico, y éste a su vez es un factor indispensable para promover la vascularización de la placenta (y otros tejidos). Por tanto, posibles deficiencias de arginina (bien por un aporte insuficiente, bien por un uso masivo por parte de la glándula mamaria) podrían comprometer la vascularización placentaria y por tanto el aporte de nutrientes al feto. De hecho, en el porcino se han descritos mejoras del 24% en el peso de la camada al suplementar arginina a las cerdas gestantes (Matteo *et ál.*, 2007), y en el ovino, se ha descrito que un aporte insuficiente de nutrientes al feto resulta en un aumento de la adiposidad de la progenie (Wu *et ál.*, 2006). Si este hecho se confirmase en el vacuno lechero, una mejora de aportes de nutrientes al feto reduciría la adiposidad en la vaca adulta y por tanto, potencialmente, podría disminuir la incidencia de cetosis. En el vacuno lechero, la arginina se postuló como un posible aminoácido limitante durante los primeros 150 días de lactación (Chew *et ál.*, 1984), pero estudios más recientes parecen indicar que la arginina no es un aminoácido limitante de la producción de leche (Doepel y Lapierre, 2011). En estos momentos, en el IRTA estamos realizando estudios para determinar si la arginina podría, sin embargo, ser un aminoácido limitante para sostener un desarrollo adecuado del feto.

Por otro lado, la epigenética modula la expresión de los genes principalmente a través de la acetilación de histonas o la metilación de algunas zonas concretas del DNA. Cuando la metilación de un determinado gen aumenta su expresión disminuye. Para que la epigenética pueda funcionar correctamente, es necesario que el metabolismo pueda disponer de donadores de grupos metilo. La metionina

es un aminoácido esencial que puede actuar como donador de metilos y frecuentemente ha sido considerado limitante tanto en vacas en lactación (Schawb *et ál.*, 1992; Bach *et ál.*, 2000a) como en vacas al final de la gestación (Wray-Cahen *et ál.*, 1997; Bach *et ál.*, 2000b). Así mismo la vitamina B12 y el ácido fólico también son donadores de grupos metilo. Perturbaciones en el ciclo metionina-homocisteína y el ciclo del ácido fólico se han asociado con alteraciones claras en la metilación del DNA (Métayer *et ál.*, 2008). Sinclair *et ál.* (2007) describieron que corderos nacidos de ovejas que no fueron suplementadas con vitamina B12 y ácido fólico presentaron cambios drásticos en el nivel de metilación de su DNA. Estos resultados serían, a priori, interpretados como sorprendentes pues las vitaminas hidrosolubles se han considerado tradicionalmente como no esenciales, ni necesarias, en los rumiantes (pues se sintetizan a nivel ruminal). De todas formas, algunos estudios han descrito mejoras en la producción de leche al inyectar vacas con vitamina B12 y ácido fólico (Girard and Mate, 1998; Preynat *et ál.*, 2009). Por tanto, si estas vitaminas pueden ejercer un efecto positivo sobre la producción de leche, es probable que también puedan ejercer un efecto igualmente positivo sobre el desarrollo fetal. De nuevo, en el IRTA estamos investigando los efectos potenciales de la suplementación de grupos metilo sobre la progenie del vacuno lechero y tendremos que esperar a obtener resultados para conocer cómo actuar a nivel de campo.



#### La alimentación de la vaca seca gestante

Tradicionalmente, se ha recomendado ofrecer raciones de preparto con una alta densidad energética para evitar la movilización de reservas corporales antes del parto con la intención de minimizar la incidencia de cetosis y hígado graso en el postparto (Minor *et ál.*, 1998; Corbett *et ál.*, 2002; Grummer *et ál.*, 2004). Sin embargo, nueva evidencia indica que este tipo de raciones resultan en una disminución de la ingestión antes del parto y que predisponen, más que previenen, a las vacas a padecer trastornos metabólicos pos-parto (Dann *et ál.*, 2005; Dann *et ál.*, 2006; Looor *et ál.*, 2006).

Pero además de las posibles ventajas sobre el estado de salud de la vaca en el postparto, la alimentación del secado debería tener un segundo objetivo: minimizar alteraciones en el metabolismo de la futura novilla. En este sentido, una sobreali-

## ¿Estamos alimentando adecuadamente la vaca lactante...

mentación energética durante el pre-parto (práctica bastante habitual), podría estar mandando el "mensaje" inadecuado al feto, que interpretará que el ambiente en el que nacerá será de opulencia de nutrientes. Un escenario muy distinto al que ese mismo feto afrontará justo después de su primer parto, donde se padecerá un marcado balance energético negativo. En este sentido, parece recomendable mantener niveles moderados de energía en el preparto (1.32 Mcal de ENI por kg de MS) para 1) evitar problemas metabólicos de la madre, y 2) evitar problemas metabólicos en la progenie.

Otro aspecto importante a considerar durante la alimentación pre-parto es el nivel de proteína. Las últimas semanas del secado la vaca está sintetizando calostro. Existen varios estudios que demuestran que la concentración de inmunoglobulinas calostrales no se ve afectada por los aportes de proteína dietaria; sin embargo, la absorción de éstas se compromete en terneras nacidas de madres subalimentadas en proteína (Blecha *et al.*, 1981). La causa de la mala absorción de inmunoglobulinas en las terneras que consumen calostro de madres subalimentadas es que el calostro de éstas a pesar de tener una buena concentración de inmunoglobulinas presenta concentraciones de factores de crecimientos (IGF-I, IGF-II, insulina, hormona del crecimiento, etc.) claves para asegurar el desarrollo correcto del sistema digestivo (y otros tejidos) de la ternera (Figura 1). Por tanto, asegurar aportes adecuados de proteína (alrededor del 15%

de PB) durante el preparto es importante para asegurar un correcto desarrollo de la novilla que consuma el calostro que produzcan las vacas.

### Evidencia empírica de la existencia de la programación fetal en el vacuno lechero

Como se ha mencionado anteriormente, no existen estudios, y por tanto, datos, sobre la importancia de aportar micronutrientes y asegurar mínimos niveles de energía y proteína durante la gestación de la vaca sobre la funcionalidad de su descendencia. Sin embargo, existen algunos datos empíricos que dan pie a pensar que existe potencial para mejorar la alimentación de la vaca lactante y gestante para conseguir una novilla con menor incidencia de problemas metabólicos y una mejor función reproductiva. A partir de 33,532 datos aportados por CONAFE y recogidos entre 1998 y 2010 en varias comunidades autónomas de España, hemos realizado un estudio para evaluar si existen diferencias entre la producción de leche en la primera lactación en vacas nacidas de vacas primíparas (su gestación no coincidió con la lactación) y en vacas nacidas de vacas multiparas (su gestación coincidió con la lactación). Los datos pertenecen a la producción en la primera lactación de medias hermanas de madre que parió bien en su primera o bien en su segunda lactación. Es decir, el análisis permite eliminar gran parte de los efectos genéticos (es la misma madre) y permite evaluar el posible impacto sobre la producción de leche en vacas nacidas de vacas primíparas o vacas cuya gestación coincidió con la lactación (multiparas). Usando un modelo estadístico en el que cada hija está anidada (corregida) por el efecto aleatorio de la madre, y que considera también el efecto aleatorio del año de nacimiento de la novilla, más los efectos fijos de la época del año en que se inició la lactación, el número de lactación de la madre, la duración de la lactación que está siendo evaluada y la interacción entre estas dos últimas variables se pudo estimar empíricamente el efecto de la gestación sobre la producción de leche. Los resultados muestran (Figura 2) que las vacas nacidas de primíparas producen más leche (unos 140 litros más por lactación) que las vacas nacidas de multiparas (corrigiendo por la genética de la madre y año en la que la vaca nació). Los motivos por los cuales hay una pérdida de producción en las hijas de vacas de segundo parto con respecto a las hijas de primer parto se desconocen pero se puede especular que en parte puede ser debida a cambios en adiposidad, cetosis, y resistencia a la insulina, entre otros factores. En estos momentos estamos estudiando los efectos sobre la incidencia de cetosis y la función reproductiva y en breve podremos compartir los resultados.

En resumen, es de esperar que en un futuro próximo aparezcan nuevas recomendaciones nutricionales para las vacas gestantes, tanto las lactantes como las secas, con el fin de mejorar el metabolismo de la cría y su función reproductiva futura. Aspectos nutricionales que seguramente hará falta considerar, serán los aportes de determinados aminoácidos, carbohidratos (fuente principal de energía para el feto), y vitaminas, entre otros.

### Bibliografía

Contactar con el autor (alex.bach@irta.es)

Figura 1. Efecto del nivel de proteína en la ración de la vaca preparto (adaptado de Blecha *et al.*, 1981).

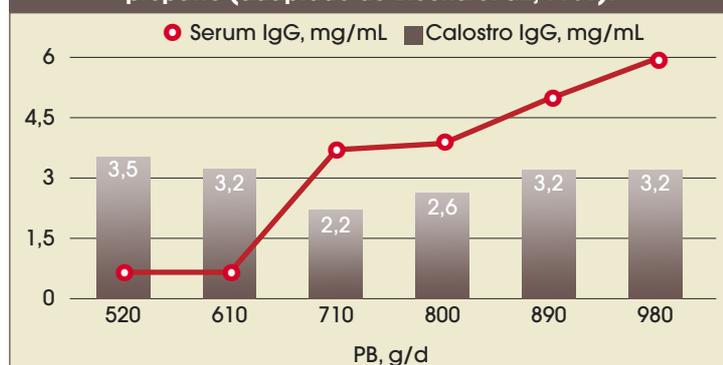


Figura 2. Producción de leche durante la primera lactación de medias hermanas maternas nacidas en la primera lactación (gestación no coincide con la lactación) y la segunda lactación (gestación coincide con la lactación) de la madre. El modelo estadístico tiene en cuenta la duración de la lactación, la época del año en que comienza la lactación, así como el año de nacimiento de cada vaca (n= 33,532).

