

Alimentación de vacas nodrizas

# ¿CÓMO AFECTA UNA RESTRICCIÓN NUTRICIONAL A CORTO PLAZO SOBRE LOS RENDIMIENTOS Y EL METABOLISMO DE LAS VACAS NODRIZAS A LO LARGO DE LA LACTACIÓN?

Los cambios de dieta en un corto espacio de tiempo indujeron adaptaciones tanto productivas como metabólicas en vacas de carne en lactación. Los resultados de esta investigación muestran que las vacas de carne utilizan diferentes estrategias metabólicas (y con distinto éxito) para hacer frente a las perturbaciones nutricionales en función de la fase de lactación.

**Isabel Casasús, Karina G. Orquera-Arguero, Javier Ferrer, Mireia Blanco**  
Departamento de Ciencia Animal, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Instituto Agroalimentario de Aragón (IA2, CITA-Universidad de Zaragoza)



El rendimiento de las vacas nodrizas manejadas en condiciones extensivas depende de la disponibilidad y calidad de alimento tanto en la época de pastoreo como durante la invernada, cuando reciben cantidades variables de diversos alimentos en pesebre. En ocasiones puede darse un aporte de nutrientes insuficiente, bien sea por efectos climáticos/meteorológicos o por el alto precio de los alimentos (Benoit y Mottet, 2023), con distintas repercusiones según el momento en el que esto ocurra (Mulliniks y Beard, 2019). En estas circunstancias, las vacas reaccionan mediante una serie de adaptaciones fisiológicas y de comportamiento. Además, modifican la distribución de los nutrientes a las diferentes funciones metabólicas, cuya prioridad varía según el estado fisiológico de los animales (gestación, lactación, etc.). En el caso de las vacas lactantes esta prioridad de funciones depende incluso de la fase de lactación (Bjerre-Harpøth y cols., 2012; Murrieta y cols., 2010; Baumgard y cols., 2017).

Rebaño de vacas nodrizas en una zona de pasto.



Ante una subnutrición, inicialmente se produce una adaptación hormonal y metabólica con el objeto de reducir el consumo de energía, y cuando esto no es suficiente se movilizan las reservas corporales para suministrar energía a las diferentes funciones biológicas. Al movilizarse la grasa se liberan al torrente sanguíneo ácidos grasos no esterificados (AGNE), que pueden oxidarse parcialmente en el hígado y formar cuerpos cetónicos como el  $\beta$ -hidroxibutirato (BHB), funcionando ambos como sustrato energético (Bell, 1995). Por otro lado, se pueden movilizar las reservas proteicas, principalmente del músculo esquelético, generando aminoácidos glucogénicos y afectando las concentraciones plasmáticas tanto de glucosa como urea (Ingvarsen y cols., 2003). Además, cuando se altera el metabolismo oxidativo puede llegar a producirse una situación de 'estrés oxidativo', uno de cuyos indicadores es la concentración plasmática de malondialdehído (MDA, producto de la peroxidación lipídica; Castillo y cols., 2006).

La capacidad de los animales para responder y recuperarse después de una perturbación, en este caso una restricción nutritiva, se define como resiliencia (Friggens y cols., 2022). El estado inicial puede recuperarse completamente al cesar la perturbación (respuesta elástica) o sólo parcialmente (respuesta flexible). Esto puede depender del tipo de restricción (en cantidad o calidad del alimento, o si afecta a un nutriente específico) y también de su intensidad y duración, así como de las características del animal (raza, estado fisiológico, variabilidad individual). Para identificar los condicionantes de esta resiliencia, en vacas de leche se ha estudiado la respuesta frente a periodos de restricción-alimentación tanto a corto como a largo plazo (Abdelatty y cols., 2017; Gross y cols., 2011a; Pires y cols., 2019). En vacas nodrizas estos aspectos también se han evaluado ante una subalimenta-

ción prolongada (Álvarez-Rodríguez y cols., 2009; De La Torre y cols., 2015), pero los estudios que implican una subnutrición a corto plazo son más escasos. Por ello, en este trabajo se estudió la respuesta metabólica y productiva de vacas de carne en distintas etapas de la lactación ante una restricción nutritiva de corta duración con posterior realimentación.

## METODOLOGÍA

El ensayo se llevó a cabo en la Finca Experimental La Garcipollera (CITA-Aragón) con 31 vacas de raza Parda de Montaña ( $7.5 \pm 2.91$  años de edad,  $626 \pm 47.7$  kg de peso y  $2.8 \pm 0.22$  puntos de condición corporal al parto). Las vacas se alojaron en grupo en corrales con camas de viruta, equipados con comederos individuales para forraje y estaciones automáticas de alimentación (ALPRO, Alfa Laval Agri, Suecia) para concentrado. Los terneros se alojaron en cubículos adyacentes con cama de paja y se les permitió amamantar dos veces al día durante 30 minutos.

Durante la lactación todas las vacas recibieron la misma ración, compuesta por diferentes cantidades de heno y concentrado, formulada considerando las necesidades de energía neta y proteína metabolizable para el mantenimiento y la lactancia de una vaca promedio (615 kg de peso vivo, 8.5 kg/d de producción de leche; INRA, 2007). El experimento consistió en tres retos nutricionales de 12 días, repetidos en los meses 2, 3 y 4. En el reto de cada mes, las vacas recibían una dieta que cubría el 100% de sus necesidades durante los primeros 4 días (7.4 kg MS de heno y 2.7 kg de concentrado de d-4 a d-1, periodo basal), el 55% de los durante los 4 días siguientes (6.4 kg de heno de d0 a d3, periodo de restricción) y de nuevo el 100% en los últimos 4 días (d4 a d7, periodo de realimentación). El primer día del periodo de restricción (d0) se correspondía con los días 31, 58 y 87 post parto en el mes 2, 3 y 4,

respectivamente, y al finalizar la realimentación las vacas se alimentaban al 100% de sus necesidades hasta el siguiente reto.

Todos los días se registró el peso de las vacas y se estimó su producción de leche mediante la doble pesada del ternero antes y después de los dos periodos de amamantamiento diarios. Además, tras el amamantamiento de la mañana se tomaba manualmente una muestra de leche para determinar su composición química mediante infrarrojos (Milkoscan 7 RM, Foss Electric). El balance energético diario se estimó individualmente a partir de la energía ingerida y la requerida para mantenimiento y la lactación, considerando la ingesta de alimentos y su composición, el peso metabólico y la producción de leche. Se tomaron muestras de sangre para determinar las concentraciones plasmáticas de diversos metabolitos relacionados con el estado nutri-

cional. Los AGNE se analizaron por colorimetría enzimática (kit Randox Lab.); la urea, la glucosa y el BHB se determinaron con un analizador automático (GernonStar) y el MDA se determinó por cromatografía líquida (más detalles en Orquera-Arguero y cols., 2023a). Se realizó un análisis de varianza de medidas repetidas para todos los parámetros, considerando el periodo de alimentación (basal, restricción, realimentación), el mes de lactación (2, 3, 4) y su interacción como efectos fijos y el animal como efecto aleatorio.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Como se observa en la Figura 1, de acuerdo con el diseño experimental el balance energético disminuyó durante el periodo de restricción alimenticia y se recuperó inmediatamente con la realimentación; además fue menos negativo al final de la lactación (mes 4) por la menor producción de leche.

El peso de las vacas disminuyó con la restricción, con efecto prolongado por el cambio de contenido digestivo, y también se redujo el peso basal al avanzar la lactación. Respecto a la producción de leche, el descenso fue inmediato al reducirse la alimentación y se recuperó durante la realimentación en diferente medida en los distintos meses. El impacto de la subnutrición fue menor en el 2º mes que en el resto (-14%, -19% y -20% en los meses 2, 3 y 4, respectivamente,  $p < 0.001$ ), por una mayor prioridad biológica de la producción lechera al inicio de la lactación. En el 4º mes la producción en la fase basal fue menor (8.1, 7.9 y 7.3 kg/d en los meses 2, 3 y 4 respectivamente,  $p < 0.001$ ), lo que coincide con datos previos en vacas Parda de Montaña (Casasús y cols., 2004), y sugiere que el pico de producción de leche ya se habría alcanzado en el 2º mes, como es habitual en vacas de carne (Sapkota y cols., 2020). Aunque en los meses 2º y 3º la recuperación tras la realimentación fue completa (respuesta elástica), en el mes 4º esta fue incompleta (8% inferior a la producción basal, por su menor prioridad). Esto concuerda con otros trabajos que indican que la magnitud de respuesta a la subnutrición y la capacidad de recuperación dependen del momento fisiológico en el que esta se produce.

Con respecto a la composición de la leche, diversos autores describen un efecto poco claro del balance energético negativo, ya que esta puede verse afectada o no dependiendo de la duración e intensidad de la restricción, entre otros factores (Kvidera y cols., 2017; Leduc y cols., 2021). En este estudio no observamos diferencias relevantes en la composición química asociadas al mes de lactación, salvo un mayor contenido basal en proteína en el mes 2 (Figura 2). El nivel de alimentación no afectó al contenido en grasa de la leche, de acuerdo con otros autores que observaron una pérdida de producción de leche similar (10-22% durante la subnutrición: Abdelatty y cols., 2017;

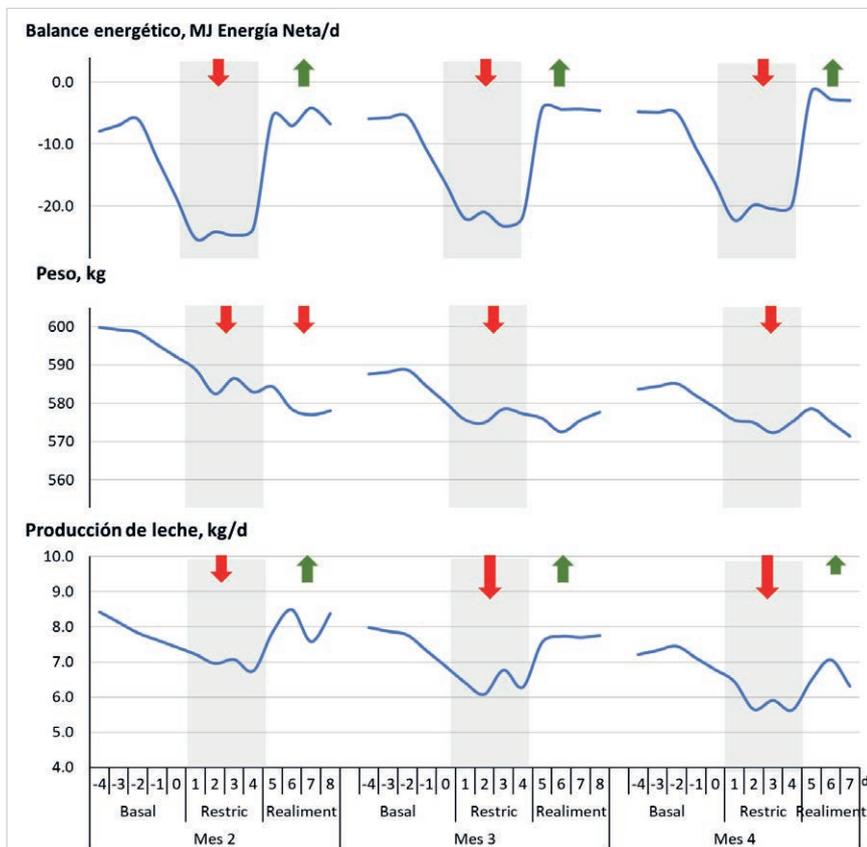


Figura 1. Balance energético, peso y producción de leche diarios de las vacas en los periodos basal, restricción y realimentación en el 2º, 3er y 4º mes de lactación.

Carlson y cols., 2006; Gross y cols., 2011a). Por el contrario, en casos de subnutrición más aguda podría llegar a observarse un aumento en la grasa de la leche asociado a la movilización de reservas (Agenäs y cols., 2003; Bjerre-Harpøth y cols., 2012; Gross y cols., 2011b). Aunque aquí no observamos un efecto de la restricción sobre el contenido en grasa, sí afectó a su composición en ácidos grasos (presentado en Orquera-Arguero y cols., 2023b), ya que la proporción de ácidos grasos preformados de cadena larga (mayor a C16) aumentó rápidamente al mobilizarse grasa corporal, y hubo una reducción concomitante de los ácidos grasos sintetizados de novo en la glándula mamaria y de los de origen mixto. Con la restricción disminuyó el contenido proteico y aumentó la urea, esta última especialmente en el 4º mes, lo que sugiere que también hubo un catabolismo de proteína corporal en respuesta al balance energético negativo, siguiendo un patrón opuesto durante la realimentación. Esta movilización de proteína con el fin de liberar glucosa como sustrato energético aumenta la urea circulante en sangre, que pasa a la leche en la glándula mamaria (Spek y cols., 2016).

Finalmente, los metabolitos plasmáticos que reflejan el estado nutricional de los animales respondieron en distinto grado tanto a los cambios de dieta como al avance de la lactación (Figura 3). Los AGNE disminuyeron al avanzar la lactación como resultado de la mejora en el balance energético de las vacas al disminuir la secreción de leche, siendo necesaria una menor movilización de grasas corporales para sostenerla (Gross y cols., 2011a; Jorge-Smeding y cols., 2021). La restricción aumentó los AGNE en todos los meses, pero tuvo un impacto mucho menor sobre el BHB, lo que sugiere que hubo una intensa lipólisis pero una cetogénesis limitada, como observaron otros autores en vacas de leche con restricciones similares (Kvidera y cols., 2017; Moyes y cols., 2009; Pires y cols., 2019). En cualquier caso, todos los valores (excepto el pico de AGNE en restricción el 2º mes, 0.57mmol/L) estaban por debajo de los umbrales de riesgo metabólico establecidos en vacas lecheras (Ospina y cols., 2010; Benedet y cols., 2019).



## 60 años cumpliendo juntos

Avicon, la mayor cooperativa ganadera de Castilla La Mancha, desde 1964 fabricamos piensos para alimentación animal con materias primas de máxima calidad y la más avanzada tecnología.

En estos años hemos pasado de 6 a 1000 cooperativistas convirtiéndonos en un referente en el sector agroalimentario.

Por muchos años más cumpliendo con todos y con todo.

#Seguimos  
Cumpliendo  
Juntos

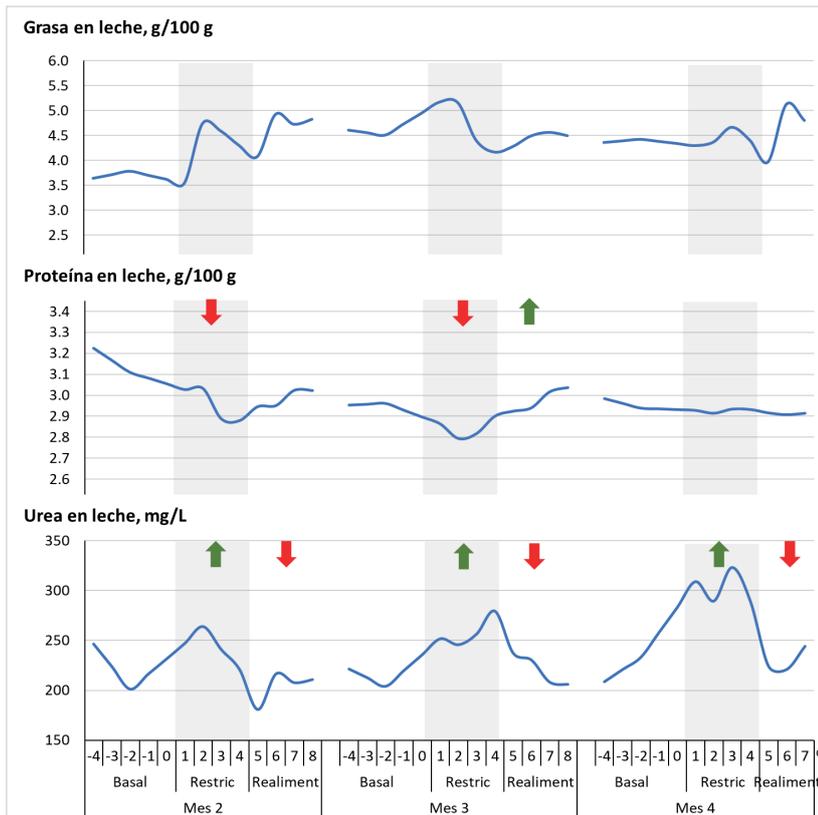


Figura 2. Composición química de la leche (grasa, proteína, urea) en los periodos basal, restricción y realimentación en el 2º, 3er y 4º mes de lactación.

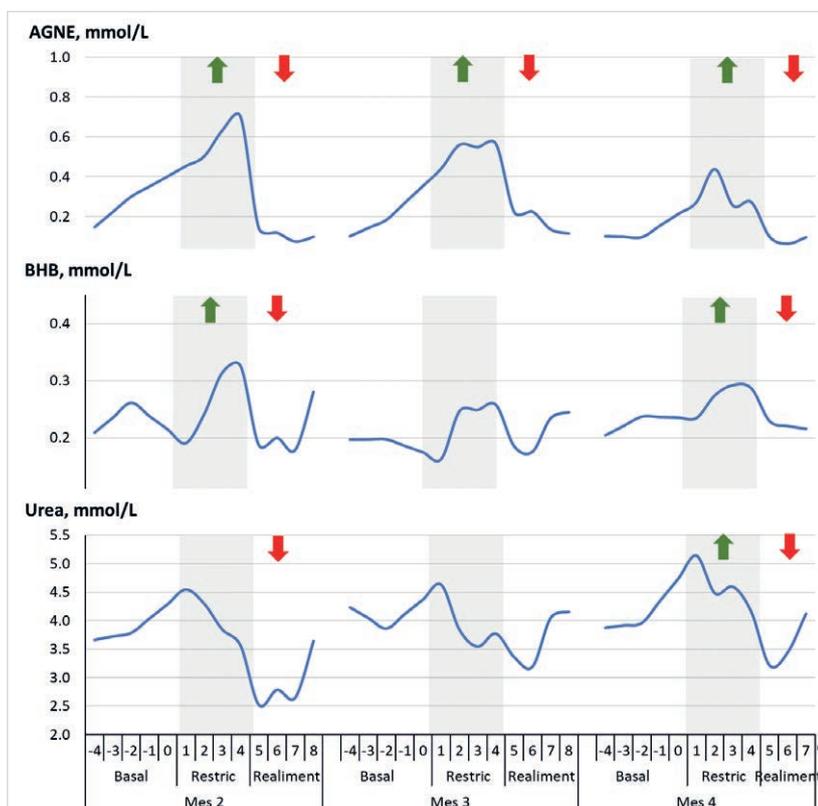


Figura 3. Concentración plasmática de ácidos grasos no esterificados (AGNE), β-hidroxibutirato (BHB) y urea en los periodos basal, restricción y realimentación en el 2º, 3er y 4º mes de lactación.

Con respecto a la urea plasmática, su concentración solo aumentó con la restricción en el 4º mes, lo que sugiere que el catabolismo de proteínas corporales fue intenso en esta etapa más avanzada de la lactación, como se ha descrito en relación a la urea en leche, con la que estaba fuertemente correlacionada ( $r=0.65$ ). Por otro lado, la glucosa se mantuvo estable durante toda la lactación y apenas respondió a los cambios de dieta (datos no presentados), mientras que el MDA únicamente fue más alto en el 2º mes, a consecuencia de mayor circulación de AGNE disponibles para la oxidación (Abuelo y cols., 2015).

## CONCLUSIÓN

Los cambios de dieta en un corto espacio de tiempo indujeron adaptaciones tanto productivas como metabólicas en vacas de carne en lactación. Las respuestas más relevantes a la restricción fueron una caída en la producción de leche y un aumento de las concentraciones plasmáticas de AGNE, aunque la magnitud de ambos cambios disminuyó a medida que avanzaba la lactación. En fase más tempranas de la lactación la movilización de las reservas grasas amortiguó parcialmente el impacto de una restricción alimenticia moderada sobre la producción de leche. En etapas posteriores, al reducirse la prioridad metabólica por la producción de leche también se movilizaron las reservas de proteína corporal, con una respuesta amortiguadora menos eficaz. Nuestros resultados muestran que las vacas de carne utilizan diferentes estrategias metabólicas (y con distinto éxito) para hacer frente a las perturbaciones nutricionales en función de la fase de lactación. ■

## AGRADECIMIENTOS

Al personal técnico de la Finca Experimental La Garcipollera y el CITA. Financiación de la Unión Europea (GenTORE, H2020 contrato 727213) e INIA-FEDER (RZP2015-01), y contrato predoctoral de K. Orquera del Gobierno de Aragón