



Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias

<http://rccp.udea.edu.co>

RCCP

Protected fat supplementation and energy metabolism in cows during early lactation[□]

Metabolismo energético en vacas durante la lactancia temprana y el efecto de la suplementación con grasa protegida

Metabolismo energético em vacas no início da lactação e o efeito da suplementação com gordura protegida

Mónica Duque Quintero, Zoot, Esp^{1,2,*}; Martha Olivera, DMV, Dr. Sci. Agr¹;
Ricardo Rosero Noguera, Zoot, MS, PhD².

¹Grupo de investigación Biogénesis, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, AA 1226, Medellín, Colombia.

²Grupo de investigación GRICA, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, AA 1226, Medellín, Colombia.

(Recibido: 1 noviembre; aceptado: 25 enero, 2011)

Summary

Milk synthesis in the mammary gland depends on the influx of adequate amounts and proportions of nutrients. During early lactation cows have to coordinate their metabolism to cope with a huge demand for nutrients, particularly glucose production in the liver. Furthermore, an excessive mobilization of non sterified fatty acids (NSFAs) from the adipose tissue occurs during early lactation, representing a significant challenge to liver function. Understanding the complexity of energy metabolism during early lactation is critical for identifying parameters associated with dairy efficiency. Therefore, important research projects are being conducted, exploring the use of rumen protected fats to improve reproductive efficiency of the cow, milk yield, and also milk quality. Modifying the lipid profile of milk and dairy products, could contribute to healthier dietary alternatives for human consumption.

Key words: *energy balance, NEFAS, partition of energy.*

Resumen

La síntesis de leche en la glándula mamaria depende de que reciba las proporciones y cantidades adecuadas de nutrientes. Las vacas en el inicio de la lactancia deben coordinar su metabolismo para hacer frente al enorme aumento en la demanda de nutrientes y particularmente de glucosa producida en

□ Para citar este artículo: Duque M, Olivera M, Rosero R. Metabolismo energético en vacas durante la lactancia temprana y el efecto de la suplementación con grasa. Rev Colomb Cienc Pecu 2011; 24:74-82.

* Autor para correspondencia: Mónica Duque Quintero. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia AA1226. E-mail: mduque82@yahoo.com

el hígado, además de la excesiva movilización de ácidos grasos no esterificados NEFAS desde el tejido adiposo lo que presenta grandes desafíos para la función hepática. Por lo tanto, la comprensión del metabolismo energético en ésta etapa es muy importante, ya que permite identificar puntos de partida para la modulación de éstos procesos. Por ello, la investigación a nivel mundial está siendo orientada hacia uso de grasas protegidas en rumen con el fin de mejorar la producción, la reproducción y la calidad de la leche cambiando la composición de la grasa láctea para hacerla más saludable.

Palabras clave: balance energético, NEFAS, partición de la energía.

Resumo

A síntese de leite na glândula mamária depende das quantidades adequadas de nutrientes recebidos. Vacas no início da amamentação devem coordenar seu metabolismo para lidar com o enorme aumento na demanda de nutrientes, especialmente glicose produzida no fígado, além da mobilização excessiva de ácidos graxos não-esterificados (NEFAS) a partir de tecido adiposo que apresenta maiores desafios para a função hepática. Portanto, o entendimento do metabolismo energético nesta fase é muito importante porque permite a identificação de pontos a modulação desses processos. Portanto, a nível mundial está-se orientando para a pesquisa, na utilização da gordura protegida no rúmen para melhorar a produção, reprodução e qualidade do leite, alterando a composição da gordura do leite para o tornar mais saudável.

Palavras chave: balanço energético, NEFAS, partição de energia.

Introducción

El hígado juega un papel clave en la coordinación del flujo de nutrientes para abastecer las necesidades de la preñez y la lactancia (Bauman y Currie, 1980; González y Koenekamp, 2006).

Es muy frecuente que en la lactancia temprana, dada las crecientes necesidades nutricionales por parte de la glándula mamaria, los cambios hormonales y la disminución del consumo de alimento, las vacas de alta producción entren en un estado de balance energético negativo que va acompañado por una gran movilización de ácidos grasos no esterificado (NEFAS) desde el tejido adiposo hacia el hígado y hacia el resto de los tejidos para satisfacer las demandas energéticas (Bauman y Currie, 1980; Bell y Bauman, 1997a).

El propósito de éste artículo es presentar algunas adaptaciones metabólicas relacionadas con el metabolismo energético de las vacas en la lactancia temprana con el fin de realizar una revisión bibliográfica sobre “los cambios metabólicos” que suceden en esta etapa.

Metabolismo energético

Los rumiantes son herbívoros caracterizados por tener un proceso de digestión fermentativo microbiano. Los microorganismos hacen uso de los carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa) y de los carbohidratos no estructurales como son los almidones y azúcares. Estos carbohidratos junto con el nitrógeno no proteico y proteína verdadera del forraje les permite a los microorganismos proliferar y producir ácidos grasos volátiles (AGV) como el acetato y butirato que son precursores lipogénicos y propionato como precursor glucogénico. La tasa de producción de propionato y otros AGV está directamente relacionada con el consumo del sustrato fermentable donde la síntesis de propionato es especialmente favorecida por la fermentación de los almidones por las bacterias amilolíticas (Bell y Bauman, 1997a; Van Soest, 1994).

De la dieta, algunos almidones son capaces de sobrepasar la digestión microbiana, siendo absorbidos en el duodeno. De ésta forma, constituyen otra fuente de glucosa para el rumiante, sin embargo no es suficiente para suplir las necesidades energéticas. Por esto el hígado hace

gluconeogénesis a partir de propionato y de glicerol. Éste último, proveniente del tejido adiposo durante la lipólisis (Bell y Bauman, 1997a; Relling y Mattioli, 2003; Angulo *et al.*, 2005).

El suministro de propionato al hígado es el principal determinante de la síntesis de glucosa y a medida que éste disminuye, la importancia de otros sustratos glucogénicos como el lactato, aminoácidos y glicerol aumenta. El glicerol, puede provenir de la hidrólisis que hacen los microorganismos ruminales a los triglicéridos consumidos en la dieta, el cual es transformado en propionato o de la movilización de reservas corporales desde el tejido adiposo (Bell y Bauman, 1997a; Overton *et al.*, 1998).

Algunos órganos como los riñones y el corazón, el sistema músculoesquelético, tejido adiposo y la glándula mamaria, utilizan como fuente de energía ácidos grasos, los cuales se forman a partir de acetato y betahidroxibutirato derivado de la hidroxilación del butirato en el epitelio ruminal (González y Koenekamp, 2006; Bell y Bauman, 1997b).

Demanda de nutrientes y partición de nutrientes durante la lactancia temprana

En el momento del parto e iniciación de la lactancia cambian los requerimientos (mantenimiento y producción) que no son suplidos con el consumo de materia seca (CMS) (Bauman y Currie, 1980; Grant y Albright, 1995; Drackley, 1999a). Esta situación se expone claramente en los datos de la figura 1 (Bell, 1995a). En vacas sanas a los 4 días postparto, los requerimientos de ENL y proteína metabolizable exceden el consumo en 26 y 25%, respectivamente. Además, los cálculos para la utilización de ENL y proteína metabolizable por la glándula mamaria para la producción de leche representan el 97 y el 83% de la ingestión respectivamente, lo que deja poco para cubrir las necesidades de mantenimiento (Drackley, 1999a; Bell, 1995b).

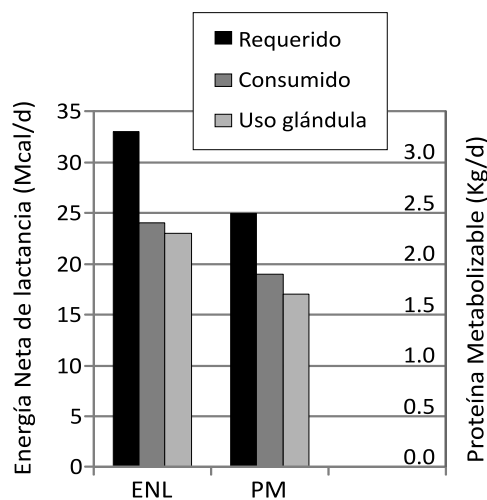


Figura 1. Cálculos de la cantidad de Energía Neta de Lactancia (ENL) y Proteína Metabolizable (PM) requerida, consumida y utilizada por la glándula mamaria para vacas sanas a los 4 días postparto. Adaptada desde Bell por Drackley, (1999).

Así, una vaca lechera de 500 kg de peso vivo requiere 500 g de glucosa por día sólo para mantenerse viva y sin perder peso, mientras que cuando produce 30 kg de leche por día los requerimientos se elevan a 2500 g diarios (Relling y Mattioli, 2003).

Requerimientos de la glándula mamaria

El principal sustrato que requiere la glándula mamaria para la producción de leche es la glucosa, la cual puede requerir hasta un 80% del total de glucosa producida (Bell y Bauman, 1997b; Emery *et al.*, 1992). Por consiguiente, la importancia de la gluconeogénesis hepática se destaca, incrementándose su tasa por el hecho de que los requerimientos se incrementan 4 veces en animales con una genética alta en la lactancia (Bell y Bauman, 1997b; Baird, 1982). Algunos autores indican que el hígado de la vaca debe más que duplicar su producción de glucosa en el periparto con el fin de satisfacer esta demanda (Bauman y Currie, 1980; González y Koenekamp, 2006). Por otra parte, para la producción de grasa en la leche se utiliza sustratos como acético y butírico provenientes de la fermentación ruminal (Shennan y Peaker, 2000).

Los requerimientos tanto de glucosa y grasa para la producción de leche no son suplidos totalmente

por la dieta, lo que induce a la lipólisis es decir, la movilización de reservas corporales con el fin de obtener energía a través de la beta oxidación en mitocondria y por otra parte para exportar triglicéridos desde hígado en lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) para la formación de grasa en la glándula mamaria (Figura 1) (Bell, 1995b; Emery *et al.*, 1992; Drackley, 1999b).

Adaptaciones metabólicas y energéticas en las vacas en la lactancia temprana

Efectos de la movilización de tejido adiposo

La movilización de la grasa corporal se produce a través de la liberación de AGL (ácidos grasos libres) que proceden, en general, de la hidrólisis de los triglicéridos del tejido adiposo en el torrente sanguíneo, para ser transportados al hígado por la albúmina sérica. Los datos disponibles sugieren que el hígado toma estos AGL en proporción a su oferta, pueden ser reesterificados formando triglicéridos (TG) y exportados en VLDL. Sin embargo, para la síntesis de éstas lipoproteínas es necesaria la glucosa, la cual es limitada (Overton *et al.*, 1998; Bell y Bauman, 1997b; Emery *et al.*, 1992; Dyk *et al.*, 1995).

De otro lado, los AGL, pueden ser convertidos por los peroxisomas y por la mitocondria a través de la beta-oxidación en Acetil – CoA. Este último se combina con el Ácido Oxalacético y entra en el ciclo de Krebs para producir ATP (Nguyen *et al.*, 2008; Pabón, 2004; Relling y Mattioli, 2002)

En éste punto, el metabolismo de las grasas compete con la gluconeogénesis porque ambas reacciones seriales necesitan oxalacetato. Debido a que, si no hay suficiente oxalacetato disponible por la falta de precursores glucogénicos (propionato, acetato, glicerol, o aminoácidos) o por la gran demanda de glucosa necesaria para la síntesis láctea, el Acetil–CoA no puede ser introducido en el ciclo de Krebs y por tanto será convertido a cuerpos cetónicos (CC): acetona, acetoacetato, β -hidroxibutirato (Relling y Mattioli, 2003; Corbellini y Pergamino, 2000).

Los CC son una importante fuente de energía durante al ayuno, la lactación o la preñez, pero pueden alterar el estado metabólico cuando su

concentración excede 0.4 mmol/L (González y Koenekamp, 2006; Grande y Tadeu, 2008). Esto explica, la acumulación de triglicéridos (TG) que conlleva al síndrome de hígado graso (Nguyen *et al.*, 2008; West, 1990; Goff y Horst, 1997a), alterando la función hepática incluyendo la disminución de la capacidad para ureagénesis y gluconeogénesis.

Indicadores metabólicos permiten la evaluación del status energético de la vaca lechera en la lactancia temprana

El Balance Energico (BEN) es esencialmente universal en las vacas lecheras durante las primeras semanas de lactación, resultando que la mayoría de ellas lo soportan sin desarrollar enfermedades peripartales durante el intento de adaptar su metabolismo al BEN (Cardoso, 2008). El bienestar de las vacas, así como el beneficio obtenido de ellas podrían mejorarse sustancialmente, si se conocieran mejor los factores que desencadenan la alta incidencia de enfermedades durante el parto de la vaca lechera (Goff y Horst, 1997b).

Los indicadores metabólicos se refieren al estudio de algunos componentes hematobioquímicos específicos que sirven para evaluar, diagnosticar y prevenir trastornos metabólicos, ofreciendo información valiosa con relación al estado nutricional de los animales (González *et al.*, 2000).

Los indicadores metabólicos que generalmente se asocian al metabolismo energético del bovino están representados por la glucosa y los lípidos. Dentro de los lípidos tiene especial importancia los triglicéridos, los AGNE, colesterol y cuerpos cetónicos, principalmente β -hidroxibutirato (Grande y Tadeu, 2008; González *et al.*, 2000; Álvarez, 2001).

Glucosa

La glucosa es el primer representante del metabolismo energético. En el organismo animal todos los tejidos requieren de un mínimo de glucosa, pero para otros ésta es imprescindible como el cerebro, eritrocitos y glándula mamaria. Los primeros antecedentes con relación a la evaluación del metabolismo energético en bovinos hacen referencia a la determinación de la

concentración de glucosa en muestras de sangre. La glicemia es regulada por un complejo y eficiente control endocrino que el organismo mantiene sobre su concentración, lo que permite que se mantenga siempre muy constante, independiente de factores asociados a la dieta. Sin embargo, se pueden encontrar animales hipoglicémicos principalmente en el inicio de la lactancia porque los animales pueden no estar aptos para enfrentar el déficit energético que ocurre en este periodo. Los valores de referencia son 2.5 a 4.6 mmol/L (Grande y Tadeu, 2008).

Ácidos grasos libres (AGL)

Los ácidos grasos no esterificados o AGL proceden en general, de la hidrólisis de los triglicéridos tisulares. Su estudio es importante porque reflejan la movilización de las reservas energéticas. Los niveles de AGL tienen alta variación durante el día, dependiendo del tiempo que el animal este sin comer, factores ambientales como el estrés por ejemplo (González *et al.*, 2000).

Triglicéridos

Los triglicéridos son ésteres de los ácidos grasos con el glicerol. Son los principales componentes de los depósitos en el tejido adiposo y predominan en la grasa de la leche. Los triglicéridos plasmáticos son los principales precursores de los ácidos grasos de cadena larga de la grasa de la leche. La concentración de triglicéridos (TG) en sangre disminuye en la medida que se produce un déficit energético, al producirse la movilización de grasas y alcanzar el hígado, los AGL son reesterificados a TG y enviados de nuevo a los tejidos extrahepáticos dentro de las VLDL; pero en los casos de un déficit energético éstos compuestos se almacenan en el hígado produciendo en consecuencia su engrasamiento, que será proporcional a la cantidad de lípidos movilizada (Grummer, 1993). La concentración de TG varían con la etapa de la lactancia debido a su utilización por la glándula mamaria (González *et al.*, 2000; Álvarez, 2001).

Colesterol

El colesterol es el principal representante de los esteroides en el organismo, y es considerado esencial

por las funciones que realiza, precursor de las hormonas esteroideas y de los ácidos biliares. Además, es un elemento estructural de las lipoproteínas. El rango de referencia de las concentraciones plasmáticas es de 4.18 ± 1.43 mmol/L. Valores altos, por encima del nivel de referencia según la etapa del animal, indica un exceso de grasa en la dieta y por debajo de éste, una deficiencia de energía y posible alteración hepática (Álvarez, 2001).

Beta-hidroxibutirato

Es un cuerpo cetónico, el β -hidroxibutirato (BHB) es un producto fisiológico del metabolismo de los glúcidos y lípidos. Sus precursores son las grasas y los ácidos grasos de la dieta, así como los depósitos de grasa del animal. Los ácidos grasos de cadena larga, producidos en la movilización de reservas de grasa, son convertidos en el hígado en acetoacetato y después en BHB, el cual puede ser una fuente de energía para la síntesis de la grasa en la leche. El valor de referencia de los cuerpos cetónicos en preparto es <0.5 mmol/L y en la lactancia <1.0 mol/L (Grande y Tadeu, 2008; González *et al.*, 2000).

Suplementación lipídica en la dieta de la vaca lechera como alternativa al mejoramiento del balance energético, producción y composición de la leche

Las dietas de los rumiantes suelen contener entre un 2 y un 5% de grasa, aproximadamente la mitad de éstos son ácidos grasos. La tendencia ha sido incrementar la concentración energética de la dieta suplementándola con grasa en forma de semillas ricas en lípidos, o directamente como grasa vegetal o animal. Ésta puede ser procesada o protegida para facilitar su incorporación en los concentrados, prevenir el efecto negativo que pudiese tener sobre la digestión de la fibra en el rumen, evitar posibles perjuicios sobre la microbiota ruminal y evadir, al menos en parte, su hidrogenación en el rumen (Harrison *et al.*, 1995).

En los últimos años, en el ámbito mundial, la investigación en el uso de grasas protegidas en rumen está siendo orientada hacia el mejoramiento de la producción y la calidad de la leche, con el fin de cambiar la composición de la grasa de la

leche para hacerla más saludable. Por ello, se han diseñado grasas protegidas ricas en determinados ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), los que en mayor o menor cantidad llegan a pasar a leche (Ashes *et al.*, 1992; Franklin *et al.*, 1999; Sanz Sampelayo *et al.*, 2002). Además, la inclusión de manera adecuada de PUFA en la dieta del rumiante puede también acometerse con objeto de conseguir sobre su fisiología, efectos sumamente interesantes, puestos de manifiesto en diferentes especies sobre la fertilidad (Burke *et al.*, 1997) y la modulación del sistema inmune (Rodríguez *et al.*, 2001).

Grasas protegida de jabones cálcicos

Básicamente, las grasas protegidas consisten en una fuente de ácidos grasos insaturados. Normalmente son los ácidos grasos linoléico y linoleico protegidos, o sea, al ser ingeridos por el rumiante no son utilizados por los microorganismos del rumen, teniendo un aprovechamiento total por el animal. Los ácidos grasos insaturados, presentes en la dieta, principalmente en los productos oleaginosos, por ejemplo, en la soya y en la capa de algodón, son convertidos en el rumen en ácido esteárico, que no son bien digeridos por el animal. Los ácidos grasos de la grasa protegida no afecta los parámetros del ambiente ruminal ni la degradación ruminal del forraje, éstos pasan intactos por el rumen y llegan para ser metabolizados en el intestino, donde tiene mejor aprovechamiento de sus características particulares (Gagliostro y Schroeder, 2007).

La principal ventaja de utilizar la grasa protegida (jabones cálcicos) de los ácidos linoleico y linoléico, es que son clasificados como los ácidos grasos esenciales (EFA) o sea, ácidos que el organismo necesita, porque no tiene la capacidad de sintetizar las cantidades necesarias, y su obtención para la alimentación es difícil. Pues como ya se dijo, grandes cantidades de estos ácidos esenciales son modificados en el rumen.

Efecto de la suplementación con grasa protegida en el metabolismo energético, producción y composición de la leche

La adición de grasa a la dieta ha sido propuesta como una forma posible de disminuir la concentración de AGL y ayudar a prevenir la incidencia de cetosis

(Kronfeld, 1982; Overton y Waldron, 2004). Los ácidos grasos de cadena larga son absorbidos dentro del sistema linfático y no es necesario que pasen primero por el hígado. Esta grasa puede proporcionar por lo tanto, energía para los tejidos y la glándula mamaria. La hipótesis de Kronfeld es que el aumento en la disponibilidad de energía disminuiría la concentración de AGL. Sin embargo, la alimentación con grasa en el período de preparto no disminuyó las concentraciones plasmáticas de AGL (Overton y Waldron, 2004). Pickett *et al.* (2003) administró 454 g/d de un suplemento de grasa desde los primeros 3 días de lactancia; las concentraciones de grasa no afectaron las concentraciones de AGL, BHB en plasma y TG en el hígado durante el posparto temprano, y tendió a disminuir el CMS (consumo de materia seca) y la producción de leche durante los primeros 21 días de lactancia.

En otro estudio realizado al suplementar con grasa los animales (400 g/vaca/día), las vacas que recibieron el suplemento con grasa tuvieron más alta producción de leche ($p < 0,05$) y los kg grasa y lactosa totales producidos. Las concentraciones plasmáticas de colesterol fueron significativamente más altas ($p < 0,01$) en vacas suplementadas después del día 30 de tratamiento (Fahey *et al.*, 2002). La mayoría de investigaciones realizadas en ganado de leche ha mostrado un incremento en la producción de la leche, con un aumento en el contenido de grasa, sin afectar la proteína, en contraste con otras, que reportan una disminución en la proteína, y otras que no han encontrado cambios significativos.

En Colombia, se han realizado algunos trabajos en la suplementación de ganado lechero con grasa protegida en el rumen. Sin embargo, las publicaciones son limitadas, razón por la cual se presenta principalmente investigaciones realizadas y publicadas en otros países.

En investigaciones realizadas sobre el efecto de la suplementación con grasas a vacas lecheras en pastoreo, donde las fuentes de grasa usadas incluyeron grasas inertes en el rumen como grasa hidrogenada de pescado, sales de Ca y ácidos grasos de alto punto de fusión y la cantidad de grasa suplementada varió de 200 a 1000 g/d, se encontró que en promedio, la suplementación con grasa no

afectó el consumo total de MS total (0.3 ± 1.3 kg/d, $p=0.83$), aumentó la producción de leche (1.43 kg/d ± 0.37 kg/d, $p<0.01$), no afectó el porcentaje de grasa (0.025 unidades porcentuales ± 0.149 , $p=0.87$) ni el de proteína (0.019 unidades porcentuales ± 0.034 , $p=0.54$) (Bargo, 2002).

Bargo (2002), reporta desde diferentes estudios en pastoreo que la suplementación con grasa no reduce significativamente el contenido de proteína en leche (0.02 g/100g). La producción de proteína en la leche incremento en 22.8 g/día con la suplementación de grasa principalmente porque incrementa la producción de leche. Los mecanismos metabólicos que explican la reducción en el contenido de la proteína en la leche con la alimentación con grasa no están completamente entendidos (Bargo, 2002). Se postula que el déficit de glucosa, ocasionado por el incremento de ácidos grasos libres de absorción intestinal y la mayor síntesis de lactosa, podría explicar en parte la disminución de la concentración de proteína en leche después de la suplementación con grasa (Garnsworthy, 1997). Sin embargo, los resultados experimentales que apoyan ésta hipótesis son escasos. Otros autores, sugieren que en realidad la suplementación con grasa puede ser una manera de producir un recambio de la glucosa en el animal (Gagliostro y Chilliard, 1992).

Así mismo, se evaluó la respuesta de vacas Holando Argentino múltiparas en lactancia temprana, en términos de producción y composición química de la leche, utilizando dos tratamientos, testigo y la incorporación de aceite hidrogenado de pescado en la dieta. En ésta investigación se evaluaron 4 periodos de lactancia: 1-30, 31-45, 46-60 y 61-75. La incorporación de grasa hidrogenada de pescado a la dieta representó un aumento significativo en la producción diaria y en el contenido de grasa en la leche. La producción de grasa y proteína fue significativamente mayor en las vacas que recibieron grasa hidrogenada de pescado en todos los periodos. En éste trabajo se concluyó por lo tanto, que la incorporación de un suplemento de alta densidad energética puede mejorar significativamente los rendimientos de grasa y proteína láctea (Maiztegui et al., 2000).

Schroeder et al. (2002), también evaluaron el efecto del aporte de sales calcicas insaturadas de ácidos grasos (AGI-Ca) en vacas lecheras en pastoreo, sobre la producción y composición química de la leche (incluyendo niveles de ácidos grasos), consumo, variación de peso vivo y de estado corporal y metabolitos. Los resultados obtenidos permitieron concluir que la sustitución de grano de maíz por AGI-Ca en vacas de lactancia media y en pastoreo, incrementó la producción de leche y de proteína láctea, sin modificar la producción de grasa butirosa.

Vacas alimentadas con pasturas de alta calidad y suplementadas con grasas saturadas tuvieron un incremento en la producción y concentración de grasa en la leche. Cuando la suplementación de grasa estuvo compuesta principalmente por ácidos grasos insaturados, la concentración de grasa en la leche disminuyó, probablemente debido a la disminución de la síntesis de novo en la glándula mamaria por el efecto directo de ácidos grasos insaturados de cadena larga específicos. Sin embargo, la producción de grasa en la leche no fue afectada por la mayor producción de leche (Schroeder et al., 2002).

En general Schroeder et al. (2004), sustentan que la suplementación con grasa a la dieta parece aumentar la producción de leche de las vacas alimentadas con pastos de alta calidad. La respuesta a la suplementación con grasa depende en gran medida del tipo de grasa suplementada y la etapa de lactancia. Se plantea que los mayores y mejores efectos en la utilización de grasas sobrepasantes se logran en el primer tercio de lactancia (hasta 120 días después del parto). Estos aumentos en la producción de leche pueden estar relacionados con una mejor utilización de la energía en lugar de un aumento de la ingestión energética. Por otra parte, la concentración de proteína de la leche se redujo con la suplementación de grasa aunque este efecto fue atribuido al efecto de dilución debido a un incremento en el volumen de la leche. Sin embargo, a pesar de encontrarse resultados positivos en producción y composición de la leche, otros estudios muestran efectos negativos en el contenido de proteína. En un estudio realizado con sales calcicas del ácido linoleico, se incrementó la grasa

pero disminuyo la proteína (Coppock y Wilks, 1991; Eastridge, 2002).

Gallardo *et al.* (2001) considera que para que no se produzca un efecto negativo en el contenido de proteína de la leche al suplementar con grasa protegida, se debe formular una dieta que no contenga más de 400 g de grasa protegida, suplementando principalmente durante la etapa de transición y la lactancia temprana, cuando las vacas de alto mérito genético manifiestan en pleno el “balance energético negativo”. Sin embargo, este aspecto aún no es claro, lo que hace necesario más investigaciones sobre éste tema.

Consideraciones finales

La comprensión del metabolismo energético en la lactancia temprana permite identificar puntos de partida para la modulación de éstos procesos. Una alternativa para aumentar la energía en la lactancia temprana tanto del ganado de leche como

el de carne, debido al aumento de las exigencias nutricionales por mantenimiento y lactancia es el uso de grasas protegidas en rumiantes. Esto podría minimizar el balance energético negativo, prevenir desórdenes metabólicos, disminuir la pérdida de condición corporal, lo que finalmente conduciría a mejorar el desempeño en la lactancia, calidad composicional de la leche y la reproducción. Sin embargo, son necesarios más estudios que involucren no sólo la respuesta productiva y reproductiva de las vacas de leche sino también indicadores del metabolismo energético y de funcionamiento hepático en el animal, por ser indispensable la salud de los mismos.

Agradecimientos

Fundación Universitaria San Martín por la financiación del proyecto “Efecto de la suplementación con ácidos grasos omega 3 y 6 protegidos sobre parámetros productivos, reproductivos y balance energético en vacas Holstein en el trópico alto”.

Referencias

- Álvarez JL. Bioquímica nutricional y metabólica del bovino en el trópico. En: Universidad de Antioquia, 2nd ed. Medellín, 2001.
- Angulo J, Carulla J, Giraldo C, Mahecha L, Olivera M, Pabón M and Rojas C. Bioquímica, nutrición y alimentación de la vaca. In: Lípidos en la nutrición de rumiantes. Medellín: Biogénesis; 2005. p. 91-135.
- Ashes J, Siebert B, Gulati S, Cuthbertson A and Scott T. Incorporation of n-3 fatty acids of fish oil into tissue and serum lipids of ruminants. *Lipids* 1992; 27:629-631.
- Baird G. Primary ketosis in the high-producing dairy cow: clinical and subclinical disorders, treatment, prevention, and outlook. *J Dairy Sci* 1982; 65:1.
- Bargo F. Suplementación en pastoreo: conclusiones sobre las últimas experiencias en el mundo. 2002.
- Bauman DE, Currie WB. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorresis. *J Dairy Sci* 1980; 63:1514-1529.
- Bell A. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J Anim Sci* 1995a; 73:2804.
- Bell A, Bauman D. Adaptations of glucose metabolism during pregnancy and lactation. *J Mamm Gland Biol Neopl* 1997a; 2:265-278.
- Bell AW. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J Anim Sci* 1995b; 73:2804-2819.
- Bell AW, Bauman DE. Adaptations of glucose metabolism during pregnancy and lactation. *J Mamm Gland Biol Neopl* 1997b; 2:265-278.
- Burke J, Staples C, Risco C, De La Sota R, Thatcher W. Effect of ruminant grade menhaden fish meal on reproductive and productive performance of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 1997; 80:3386.
- Cardoso F. Indicadores hematológicos, bioquímicos e ruminais no diagnóstico do deslocamento de abomaso à esquerda em vacas leiteiras do Sul do Brasil. *Pesq agropec bras* 2008; 43:141-147.
- Coppock C, Wilks D. Supplemental fat in high-energy rations for lactating cows: effects on intake, digestion, milk yield, and composition. *J Anim Sci* 1991; 69:3826.
- Corbellini C, Pergamino P. Influencia de la nutrición en las enfermedades de la producción de las vacas lecheras en transición. Proyecto Lechero-EEA Pergamino Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina 2000.
- Drackley J. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier. *J Dairy Sci* 1999a; 82:2259.
- Drackley JK. Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? *J Dairy Sci* 1999b; 82: 2259.

- Dyk PB, Emery RS, Liesman JL, Bucholtz HF, VandeHaar MJ. Parturient non-esterified fatty acids in plasma are higher in cows developing periparturient health problems. *J Dairy Sci* 1995;78 (Suppl. 1):264 (Abstr.).
- Eastridge M. Effects of feeding fats on rumen fermentation and milk composition. Ohio: Department of Animal Sciences .The Ohio State University, 2002: 12 p.
- Emery R, Liesman J, Herdt T. Metabolism of long chain fatty acids by ruminant liver. *J. Nutr* 1992; 122:832-837.
- Fahey J, Mee J, Murphy J, O'Callaghan D. Effects of calcium salts of fatty acids and calcium salt of methionine hydroxy analogue on plasma prostaglandin F2 metabolite and milk fatty acid profiles in late lactation Holstein-Friesian cows. *Theriogenology* 2002; 58:1471-1482.
- Franklin S, Martin K, Baer R, Schingoethe D, Hippen A. Dietary marine algae (*Schizochytrium sp.*) increases concentrations of conjugated linoleic, docosahexaenoic and transvaccenic acids in milk of dairy cows. *J Nutr* 1999; 129:2048.
- Gagliostro G, Schroeder G. Efectos de la suplementación con sales cálcicas de ácidos grasos insaturados sobre la digestión ruminal en vacas lecheras en pastoreo. *Arch Latinoamer Prod Anim* 2007; 15:88-99.
- Gagliostro GA, Chilliard Y. Utilización de lípidos protegidos en la nutrición de vacas lecheras. I. Efectos sobre la producción y la composición de la leche, y sobre la ingestión de materia seca y energía. *Rev Arg Prod Anim* 1992; 12:1 -15.
- Gallardo M, Valtorta S, Leva P, Castro H, Maiztegui J. Hydrogenated fish fat for grazing dairy cows in summer. *Inter J Biometeorol* 2001; 45:111-114.
- Garnsworthy PC. Fats in dairy cow diets. *Recent Advances in Animal Nutrition*. University of Nottingham, 1997: p. 87-103 .
- Goff J, Horst R. Effects of the addition of potassium or sodium, but not calcium, to parturient rations on milk fever in dairy cows. *J Dairy Sci* 1997a; 80:176.
- Goff J, Horst R. Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *J Dairy sci* 1997b.
- González F, Koenekamp I. Adaptaciones metabólicas hepáticas en el período periparto en vacas de alta producción de leche. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal Departamento de Ciencias Animales, 2006.
- González HD, Wittwer F, Contreras PA. Perfil metabólico em ruminantes. seu uso em nutrição e doenças nutricionais. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.
- Grande PA and Tadeu G. O uso do perfil metabólico na nutrição de vacas leiteiras. Núcleo Pluridisciplinar de Pesquisa e Estudo da cadeia Produtiva do Leite 2008; [Noviembre 2009] URL: <http://www.nupel.uem.br/perfilmetabolico-vacas.pdf>
- Grant RJ, Albright JL. Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. *J Anim Sci* 1995; 73:2791-2803.
- Grummer R. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *J Dairy Sci* 1993; 76:3882.
- Harrison J, McNamara J, Kincaid R. Production responses in lactating dairy cattle fed rations high in fat. *J Dairy Sci* 1995; 78:181-193.
- Kronfeld D. Major metabolic determinants of milk volume, mammary efficiency, and spontaneous ketosis in dairy cows. *J Dairy Sci* 1982; 65:2204.
- Maiztegui J, Gallardo M, Romano G, Valtorta S, Castro HC. Suplementación con grasa protegida a vacas lecheras de alta producción en inicio de lactancia. *Rev FAVE* 2000; 14:15-22.
- Nguyen P, Leray V, Diez M, Serisier S, Bloc'h J, Siliart B, Dumon H. Liver lipid metabolism. *J Anim Physiol Anim Nutr* 2008; 92:272-283.
- Overton T, Drackley J, Douglas N, Emmert L, Clark J. Hepatic gluconeogenesis and whole body protein metabolism of periparturient dairy cows as affected by source of energy intake of parturient diet. *J Dairy Sci* 1998; 81:295.
- Overton T, Drackley JK, Ottemann C, Beaulieu A, Emmert L. Substrate utilization for hepatic gluconeogenesis is altered by increased glucose demand in ruminants. *J Anim Sci* 1999; 77:1940-1951.
- Overton T, Waldron M. Nutritional management of transition dairy cows: strategies to optimize metabolic health. *J Dairy Sci* 2004; 87:E105.
- Pabón M. *Bioquímica Ruminal*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá: Unibiblos; 2004.
- Pickett M, Piepenbrink M, Overton T. Effects of propylene glycol or fat drench on plasma metabolites, liver composition, and production of dairy cows during the periparturient period. *J Dairy Sci* 2003; 86:2113.
- Relling A, Mattioli G. *Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata-Edulp. La Plata, Buenos Aires 2002.
- Relling A, Mattioli G. *Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes*. Fac. Ciencias Veterinarias. Argentina: Universidad Nacional de La Plata, 2003.
- Rodríguez OM, Martín Alonso JJ, Sanz SM, Gil EF, Gómez GV. N-3 polyunsaturated fatty acids and parasitism: effect of a diet supplemented with fish oil on the course of the rat trichinellosis. *Annals Nutr Metabol* 2001; 95-96:45.
- Sanz SM., Pérez L, Martín Alonso JJ, Amigo L, Boza J. Effects of concentrates with different contents of protected fat rich in PUFAs on the performance of lactating Granadina goats. Part I. Feed intake, nutrient digestibility, N and energy utilisation for milk production. *Small Ruminant Res* 2002; 43:133-139.
- Schroeder G, Gagliostro G, Bargo F, Delahoy J, Muller L. Effects of fat supplementation on milk production and composition by dairy cows on pasture: a review. *Livest Prod Sci* 2004; 86:1-18.
- Schroeder G, Gagliostro G, Becu-Villalobos D, Lacau-Mengido I. Supplementation with partially hydrogenated oil in grazing dairy cows in early lactation. *J Dairy Sci* 2002; 85:580.
- Shennan D, Peaker M. Transport of milk constituents by the mammary gland. *Physiol reviews* 2000; 80:925.
- Van Soest P. *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell Univ Pr, 1994.
- West H. Effect on liver function of acetonaemia and the fat cow syndrome in cattle. *Res Vet Sci* 1990; 48:221.