

RELACIÓN ENTRE NUTRICIÓN Y SALUD EN HATOS LECHEROS

Correa HJ, Carulla J¹

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Sede Medellín.

² Departamento de Producción Animal

Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Sede Bogotá.
Universidad Nacional de Colombia.

RESUMEN

La incidencia de problemas alimenticios, nutricionales y metabólicos es cada vez mayor en hatos lecheros, así como la aparición de problemas sanitarios, productivos y reproductivos asociados a los mismos. La detección oportuna y correcta de éstos permite reducir su incidencia y, por tanto, las pérdidas económicas de los hatos. El monitoreo nutricional periódico hace posible establecer el estado nutricional de una población animal, e identificar las posibles causas de desbalances nutricionales y errores en la alimentación, así como orientar en la toma de decisiones acerca de los correctivos que se deben establecer cuando se detectan problemas. El análisis de las posibles relaciones existentes entre la información aportada por cada uno de los aspectos evaluados en el monitoreo nutricional permite una evaluación más adecuada que su análisis independiente y aislado.

Palabras clave: Hipocalcemia, hipomagnesemia, cetosis, balance de energía negativo

RELATION BETWEEN NUTRITION AND HEALTH IN DAIRY HERDS

ABSTRACT

Incidence of health and production problems related to feeding, nutrition and/or metabolism have been growing in dairy herds. Early diagnosis allows their reduction and consequently reduces economic losses. Monitoring nutritional status periodically allows to identify possible causes of nutritional unbalances and/or mistakes in feeding practices and establish corrective measurements.

Key words: Hypocalcaemia, ketosis, hypomagnesemia, negative energy balance

1 jecarullaf@unal.edu.co

INTRODUCCIÓN

Aunque se ha estimado que los costos directos asociados al manejo sanitario en los hatos lecheros en Colombia representan menos del 10% de los costos totales de producción (1), la reducción en el comportamiento productivo y reproductivo de los animales enfermos implica una disminución en los ingresos que se traduce en una pérdida de rentabilidad en la empresa ganadera (2). Las enfermedades asociadas al manejo alimenticio y nutricional de los animales se encuentran dentro de los problemas sanitarios que afectan a los hatos lecheros de una manera cada vez más marcada (3). Existe una clara relación entre la incidencia de desórdenes alimenticios tales como la acidosis ruminal, el desplazamiento de abomaso, la hipocalcemia e hipomagnesemia, y desórdenes metabólicos como la cetosis y la lipidosis hepática con la inmunosupresión y la aparición de problemas sanitarios tales como las metritis y mastitis; asimismo, problemas reproductivos tales como la retención placentaria, los anestros posparto prolongados y las reabsorciones embrionarias, y productivos como la reducción en la producción de leche, la disminución del contenido de proteína en la leche, o el síndrome de baja grasa en la misma (2, 3, 4).

La incidencia de desórdenes alimenticios, nutricionales y metabólicos en los hatos lecheros puede reducirse en la medida en que se haga un adecuado manejo alimenticio de los animales. Esto implica no solo la correcta estimación de los requerimientos nutricionales de los animales y la formulación de raciones sino, además, el monitoreo periódico de indicadores de dicho manejo alimenticio. Por tanto, la valoración de la salud de un hato debe incluir de manera rutinaria la valoración de la alimentación y la nutrición del mismo. En el hato lechero, y aún en el de cría, las relaciones entre nu-

trición y salud son innumerables. En nuestro medio, el enfoque de la valoración del individuo y no del conjunto de individuos (hato) por parte del asesor veterinario tiende a ignorar esta realidad, y se emprenden tratamientos individuales cuando en muchos casos se requieren cambios en el manejo de todo el hato para superar las dificultades. De acuerdo con LeBlanc et ál. (5), los mayores avances en la salud de las explotaciones lecheras en Canadá en los pasados 25 años se han debido a un cambio hacia la medicina preventiva y la valoración de grupos de individuos o hatos que ha reemplazado a la medicina de terapia (curativa) y focalizada en individuos. Adicionalmente, al reconocimiento de que las enfermedades en los hatos lecheros normalmente son de naturaleza multifactorial.

En este documento se hará primero una breve reseña de las principales enfermedades, desórdenes reproductivos y productivos asociados a la nutrición que, a juicio de los autores, son los más frecuentes en nuestras explotaciones. Posteriormente, se hará énfasis en revisar el papel del monitoreo nutricional en el diagnóstico del manejo alimenticio, y la presencia de desórdenes alimenticios, nutricionales y metabólicos en hatos lecheros.

NUTRICIÓN Y ENFERMEDAD

Los nutrientes pueden tener efectos sobre la salud ya sea por deficiencias, por excesos o por desbalances. En nuestros sistemas de pastoreo, donde el principal recurso alimenticio es el forraje, es frecuente encontrar deficiencias que normalmente son corregidas por medio de la suplementación. En la valoración de la salud del hato es importante tener en cuenta cuáles son las principales enfermedades o desórdenes asociados a la nutrición o a la alimentación. A continuación se presentarán algunas de las enfermedades y desórdenes que han sido

asociados a factores nutricionales o dietarios.

Fiebre de leche-hipocalcemia: se ha asociado a dietas ricas en cationes (K y Na, principalmente) o deficientes en azufre antes del parto (6, 7). Su riesgo puede ser disminuido con el manejo de suplementos aniónicos (ricos en Cl o S) antes del parto. En nuestro medio, los forrajes de la lechería especializada normalmente son abundantes en K (8). En algunas zonas de la Sabana de Bogotá se presentan suelos salinos. Bajo estas condiciones –alto K y alto Na–, la prevalencia de esta enfermedad puede ser alta. En un experimento realizado en la Sabana de Bogotá se encontró una hipocalcemia subclínica asociada a pH urinario elevado (>8,0) en vacas posparto.

Hipomagnesemia: se asocia a dietas ricas en K y N, y moderadas o bajas en Mg (8). En nuestras condiciones esta enfermedad es poco frecuente a pesar de que los forrajes que se trabajan en lechería normalmente presentan concentraciones altas de K y N (8) que sugerirían un alto riesgo para la presentación de esta patología.

Acidosis ruminal, desplazamiento de abomaso y laminitis de origen nutricional: estas enfermedades normalmente se asocian a dietas bajas en fibra y ricas en almidones (9, 10, 11). En el caso del desplazamiento de abomaso, la hipocalcemia puede ser un factor adicional en la etiología de esta enfermedad. En nuestro medio, estas afecciones se presentan principalmente en hatos lecheros muy tecnificados, donde los niveles de suplementación son altos y se usan pasturas jóvenes de ryegrass solo o en mezclas con kikuyo. La acidosis es más probable en vacas en el pico de producción, ya que allí los animales reciben un mayor volumen de suplemento. Los animales de primer y segundo parto son más propensos debido a una menor capacidad de consumo

de forraje, y a una menor competitividad en el pastoreo frente a vacas de mayor tamaño.

Cetosis: enfermedad metabólica normalmente asociada a la acumulación de cuerpos cetónicos en la sangre. Es más frecuente en vacas que llegan sobre condicionadas al parto, y que reciben dietas bajas en precursores de glucosa (almidones). La prevalencia de esta enfermedad metabólica no ha sido diagnosticada en nuestros hatos.

Desórdenes reproductivos: las deficiencias de energía (12), los excesos de N (13) y las deficiencias de minerales (14) han sido asociadas a retardos en la aparición de la primera ovulación posparto, anestros, celos silentes, abortos, retenciones placentarias (15) y retardo en la involución uterina. En nuestras condiciones, se le ha atribuido una gran responsabilidad de los desórdenes reproductivos a los excesos de proteína debido a las altas concentraciones de N en los forrajes y niveles elevados de urea sanguínea. A nuestro juicio, la primera causa de orden nutricional que afecta los parámetros reproductivos es la deficiencia energética en los hatos lecheros y de cría. El uso de la cuerda que limita el consumo voluntario en los sistemas de lechería especializada, y la baja calidad del forraje en los hatos de cría en el trópico restringen el consumo de energía indispensable para el normal funcionamiento del ciclo estral posparto. Adicionalmente, una adecuada suplementación mineral es fundamental ya que nuestros forrajes normalmente son deficientes en Ca, P, Cu, I, Se (8).

MONITOREO NUTRICIONAL

El monitoreo nutricional es un conjunto de procedimientos y herramientas que permiten establecer el estado nutricional de una población animal e identificar las posibles causas de desbalances nutricionales y errores en la alimentación, así como orientar en la toma de decisiones acerca de los

correctivos que se deben establecer cuando se detectan problemas.

Existen diferentes metodologías propuestas para monitorear el estado nutricional de los hatos lecheros (2, 16, 17, 18, 19). Estas pueden utilizarse en conjunto para mejorar el diagnóstico del estado nutricional de los animales e identificar causas específicas de inadecuados comportamientos productivos, baja eficiencia reproductiva, presencia de ciertas disfunciones metabólicas y problemas sanitarios, así como del impacto ambiental que genera la explotación en estudio.

La utilidad que se pueda obtener de cada una de estas herramientas depende básicamente del conocimiento que se tenga de sus fundamentos, de la recopilación y el manejo de la información pertinente, de la selección adecuada de la muestra poblacional que se va a evaluar, del tipo de análisis que se lleve a cabo, de su interpretación y de la posibilidad de poner en marcha los correctivos que se deriven del estudio.

El procedimiento metodológico, en el caso de las vacas adultas, se basa en el uso de diferentes fuentes de información y herramientas de análisis:

1. Registros de producción de leche.
2. Calidad composicional de la leche.
3. Nitrógeno ureico en la leche.
4. Grado de consistencia de las heces.
5. Estimación del balance nutricional del hato en estudio.
6. Estimación del grado de condición corporal de los animales.
7. Determinación de metabolitos en sangre.
8. Evaluación del estado reproductivo del hato.

Cada una de estas herramientas suministra información sobre diferentes aspectos del estado nutricional y metabólico de los

animales de tal manera que el análisis de las posibles relaciones existentes entre la información aportada por cada una de estas determinaciones permitirá una evaluación más adecuada que su análisis independiente y aislado. De esta manera, el manejo que se haga de la información y el análisis estadístico de la misma, se constituyen en piezas claves para el diagnóstico del estado nutricional del hato.

ANÁLISIS DE LOS REGISTROS DE PRODUCCIÓN DE LECHE

El examen minucioso de los registros de producción de leche tanto individual como del grupo de vacas en ordeño puede suministrar información valiosa sobre la presentación de problemas en el hato, del momento en el que estos comenzaron y de sus posibles causas (16).

La cantidad total de leche producida por el hato debe ser el primer punto por evaluar para establecer qué tan adecuado es el programa de alimentación que se ha establecido. Cuando el programa de alimentación y manejo es adecuado, existe poca variación en los pesajes de leche de cada ordeño. Así, si la producción decrece 0,3% o más de un ordeño al siguiente, es necesario examinar la existencia de posibles cambios en la calidad de los forrajes y de los suplementos que se suministran a los animales (20). En pastoreo, variaciones amplias en la producción sin cambios aparentes en la calidad del forraje normalmente están asociadas a una disminución en la oferta forrajera debido a una inadecuada asignación de forraje con la cuerda eléctrica. Sin embargo, el hecho de que el grupo de vacas en ordeño deban pastorear diferentes potreros puede ser la causa de variación en la cantidad de leche producida por el grupo. Esto es debido a las posibles diferencias existentes en la composición botánica entre potreros, así como a la calidad nutricional de sus suelos, la respuesta a la fertilización a que son some-

tidos, la topografía y condiciones microambientales existentes (por ejemplo, presencia o no árboles que suministren sombra y sean ramoneados por las vacas), diferencias en periodos de descanso entre pastoreos (21). La figura 1, tomada a partir de un estudio de Blaser (22) ilustra las fluctuaciones en la producción de leche cuando la digestibilidad y disponibilidad de los forrajes decrece a medida que avanza el tiempo de ocupación en un pastoreo rotacional con periodos de ocupación de 8 a 9 días.

En esta gráfica se puede observar un retraso en la producción de leche cuando las vacas ingresan a un nuevo potrero, lo que es atribuido por Martz (23) a un efecto de arrastre de la pastura menos digestible consumida del potrero anterior. A partir de ese periodo de retraso se daría un incremento en la producción de leche en la medida que los animales comiencen a consumir las partes más digeribles de la nueva pradera. Sin embargo, esto es cierto cuando se trata de sistemas de pastoreo rotacional y cuyo efecto va a ser mucho más marcado en función del tiempo de permanencia en el potrero. Pero a medida que disminuye el tiempo de permanencia, este efecto será menos marcado, hasta desaparecer en sistemas de pastoreo por franjas. En dichos sistemas los animales pierden oportunidad de ser selectivos en la

calidad del forraje disponible en una franja durante un tiempo suficiente que permita observar esas diferencias.

Aunque la cantidad total de leche en el tanque es una fuente de información importante para evaluar el funcionamiento del hato, no da una visión completa de qué tan adecuado es el programa de alimentación que se lleva. Cualquier cambio en el número de vacas que conforman el grupo en ordeño puede modificar y distorsionar marcadamente la producción promedio del grupo. Asimismo, el hecho de que los animales avancen en la lactancia contribuye a modificaciones en la producción total de grupo y en su promedio.

De esta manera, para evaluar y tener herramientas con qué afinar el programa de alimentación, se hace necesario tener registros individuales de producción de leche. La frecuencia con la cual se realice este registro va a depender no solamente de su utilización en la evaluación del programa de alimentación del hato, sino además y principalmente, de la necesidad de contar con información suficientemente confiable para hacer evaluaciones del valor genético de los animales. Tomar registros de la producción en cada ordeño resulta costoso, por tanto se realizan registros o controles de producción a intervalos regulares (producción calcula-

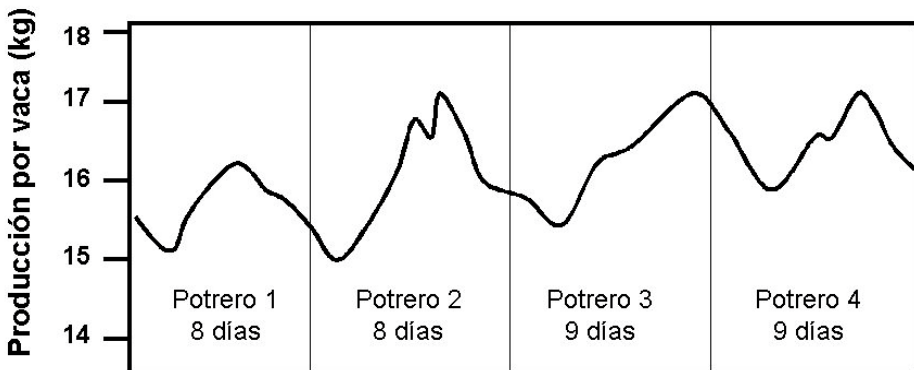


Figura 1. Variación en la producción de leche cuando los potreros son pastoreados por periodos de 8 a 9 días (22).

da o estimada), durante el desarrollo de la lactancia. Tradicionalmente se ha aceptado que muestras mensuales son suficientemente precisas para estimar la producción total de leche en condiciones tropicales (24). Para estos autores la frecuencia óptima de pesaje de leche radica en el grado de precisión del estimado y/o en la factibilidad económica o práctica de la implementación de un determinado intervalo y frecuencia de muestreo, pero dejan a discreción del investigador o del productor, según sea el caso, la escogencia del intervalo y la frecuencia de muestreo que satisfaga sus exigencias y posibilidades. Luego de evaluar el efecto que tiene la frecuencia de muestreo sobre el error de estimación de la producción de leche en rebaños típicos del sistema de doble propósito en el trópico americano, sus resultados sugieren que el intervalo quincenal es el máximo aceptable para el pesaje de leche en sistemas de doble propósito con un manejo tradicional, ya que el error que se genera al efectuar la estimación no excede al 5% del valor medio de la producción, y dicho intervalo no es sensible a los factores hato y grupo racial. Sin embargo, la variación en el error para un muestreo simple quincenal es amplia (50,6%), y si la misma se desea reducir, se recomienda recurrir a muestreos combinados para el intervalo quincenal o muestreos semanales (simple o combinados), primando en éstos el factor económico.

Amaral-Phillips (16) por su parte, asevera que si la cantidad de leche que produce cada animal es registrada mensualmente, es suficiente para aportar información segura y confiable en la toma de decisiones para el refinamiento del programa de alimentación.

COMPOSICIÓN DE LA LECHE

El uso que tradicionalmente se le ha dado a los datos sobre composición de la leche (grasa, proteína, conteo de células

somáticas, etc.) ha sido el de ser la base para evaluar genéticamente toros y establecer criterios para el pago de la leche a los productores. En los últimos años, sin embargo, esos mismos datos también están siendo utilizados para identificar animales con problemas metabólicos, establecer posibles desbalances en las dietas y desarrollar estrategias de manejo por grupos de animales (25, 26).

La producción de grasa y proteína se encuentran alta y positivamente correlacionadas, con lo que el balance entre la proteína y la grasa es relativamente constante en vacas funcionando en forma normal (27). Los niveles de producción de proteína corresponden aproximadamente al 80-85% de la grasa producida en vacas Holstein (25). Cuando la producción de proteína se hace mayor que la de grasa, se presenta lo que se ha dado en llamar una inversión grasa/proteína o depresión en la grasa láctea, lo que indica la existencia de una alteración en la relación normal entre ácido acético: propiónico en el rumen y, por tanto, una acidosis ruminal (28). Dos de los factores que pueden desencadenar esta situación son el exceso de carbohidratos y proteínas solubles en rumen, que causan un exceso de protones y de amonio, respectivamente (25). Bauman y Griinari (29) han señalado que la depresión en el contenido de grasa en la leche se presenta cuando hay un bajo contenido de fibra en la dieta, o cuando las vacas son suplementadas con aceites vegetales no protegidos.

Por el contrario, una relación grasa/proteína muy alta, es un indicador de deficiencias energéticas en la dieta asociadas a excesos de carbohidratos fibrosos y deficiencias en carbohidratos no estructurales (30).

NITRÓGENO UREICO EN LECHE

En años recientes se ha incrementado el interés por adecuar la nutrición proteica y energética de las vacas lecheras con la fina-

lidad de estimular una mayor producción de proteínas lácteas y una reducción en las pérdidas de nutrientes al suelo. Esto, sin embargo, requiere de un adecuado equilibrio entre las demandas por proteína y energía para el hato, y la eficiencia en el uso de estos (31). En este sentido, el contenido de urea en la leche (MUN, por sus siglas en inglés: Milk Urea Nitrogen) ha sido usado como un indicador de potenciales problemas en los programas de alimentación, especialmente en lo que se refiere a la relación entre proteína y energía de la dieta (31, 32). Una suplementación excesiva de nitrógeno incrementa el contenido de nitrógeno ureico en sangre (BUN, por sus siglas en inglés: Blood Urea Nitrogen). De otro lado, y teniendo en cuenta que existe una estrecha relación entre el BUN y el MUN, es de esperarse que el MUN se incremente en la medida en que la relación entre la proteína y la energía consumida se incremente y, por tanto, la cantidad de nitrógeno ofrecida exceda a la de la energía (31). Se considera que valores superiores a 19 mg/dL de MUN indican excesos de proteína que pueden comprometer la fertilidad del hato (13). Valores inferiores a 10 mg/dL sugieren limitaciones en la nutrición proteica que pueden limitar el consumo voluntario y limitar la producción.

Tradicionalmente, el contenido MUN es evaluado para el total del hato, tomando muestras de leche del tanque y no de animales individuales. Al respecto, Ferguson (33) señala que debido a la variación en el contenido de MUN que se presenta entre los animales de un mismo hato, los valores de vacas individuales no deben ser interpretados. Al contrario, Grant et ál. (34) indican que el muestreo de vacas individuales es más útil que muestras desde el tanque, señalando que de esta forma es posible identificar animales con problemas en su dieta.

Las variaciones en el MUN, sin embargo, no son debidas únicamente a diferencias

en el balance entre la proteína y la energía consumida. El MUN es un indicador de la cantidad de amonio que es transformado en úrea en el hígado. Este amonio se origina desde varias fuentes: amonio absorbido desde el rumen, amonio resultante del catabolismo de aminoácidos absorbidos en exceso y amonio resultante del catabolismo de proteínas movilizadas. Por tanto, la interpretación del contenido de MUN no solamente debe basarse en el análisis de la ración sino que deberá considerar aspectos metabólicos.

CUERPOS CETÓNICOS EN LA LECHE

Aunque las concentraciones de acetoacetato, acetato y b-hidroxibutirato en sangre se usan normalmente para diagnosticar cetosis, la medición de estos metabolitos en la leche puede ser un buen indicador de esta enfermedad. Las concentraciones de acetoacetato y acetona en la leche, y las de grasa, aumentan considerablemente, pero las de β -hidroxibutirato aumentan muy poco. Se detecta un olor a acetona en el aliento de la vaca y de la leche fresca. Una prueba sencilla para cetosis consiste en mezclar 75% de carbonato de sodio, 25% de sulfato de amonio y 1% de nitroprusiato de sodio. Una pequeña cantidad de esta mezcla sólida se coloca en una superficie blanca y se añaden unas gotas de leche o de orina del animal. Si el animal tiene cetosis se observa un color rosado que se intensifica a morado al aumentar los cuerpos cetónicos (35).

CONSISTENCIA DE LAS HECES

Por muchos años los nutricionistas, veterinarios y productores han intentado relacionar la consistencia de las heces de los animales con cambios en la ración que éstos reciben (36). Así, heces que contienen grandes cantidades de granos no digeridos (p. e., maíz, sorgo) o con pH menores a 6,0

son indicadoras de que en la ración se están ofreciendo grandes cantidades de granos o carbohidratos no fibrosos, y/o que el consumo de fibra es demasiado bajo. Esto indica, además, que puede existir un problema potencial de acidosis (37). El incremento en la cantidad de proteína degradable o soluble en la dieta, la disminución en el tamaño de la partícula de los granos molidos, y el consumo excesivo de minerales pueden reducir el grado de consistencia de las heces, especialmente potasio y sodio (38).

Evaluar el grado de consistencia de las heces no es una herramienta de uso común en los programas de monitoreo nutricional de hatos lecheros debido quizás a la alta variación que existe en un mismo animal. Sin embargo, los cambios abruptos en la apariencia de las heces indican cambios en la composición de la ración y se convierten en una señal de alerta para tomar los correctivos necesarios (37).

La determinación individual del grado de consistencia de las heces se puede hacer en el potrero pero tiene la desventaja de no poderse predecir el momento en el que cada individuo va a defecar. Para obviar esta dificultad, se recomienda la recolección manual vía rectal de una muestra suficientemente representativa, la cual luego de su extracción del recto se debe dejar caer desde una altura aproximada de un metro simulando su caída normal. El grado de consistencia de las heces, ya sean defecadas o recolectadas, debe ser evaluado por al menos tres observadores independientes utilizando una escala apropiada. Varias son las propuestas que existen publicadas por la literatura.

Stalling (36), por ejemplo, describe la siguiente:

Grado	Descripción
1	Son de consistencia líquida y se desparraman en el suelo.
2	Tienen la capacidad de apilarse ligeramente y se desparraman moderadamente.
3	Son suaves, firmes pero no duras, se pueden apilar pero se desparraman ligeramente.
4	Son secas, duras, conservan su forma original sin distorsionarse o desparramarse.

Looper y Stokes (37), proponen otra:

Grado	Descripción
1	Delgadas, fluidas y de color verde.
2	Salpican al caer, sin forma, sueltas.
3	Forman un montón con 2 a 3,5 cm de altura.
4	Forman un montón de 5 a 8 cm de altura.
5	Forman un montón con más de 8 cm de altura.

Se ha sugerido que el grado de consistencia de las heces puede variar de acuerdo al estado fisiológico de los animales y de la lactancia. Así, para Looper y Stokes (37) este debe ser como sigue:

Vacas secas	3,5
Próximas a parir	3,0
Recién paridas	2,5
En alta producción	3,0
Finalizando lactancia	3,5

Para Hutjens (38), los grados de consistencia fecal adecuados pueden variar entre los siguientes rangos:

Vacas secas	3 a 4
Próximas a parir	2,5 a 3,5
Recién paridas	2 a 2,5
En alta producción	2,5 a 3
Finalizando lactancia	3 a 4

El color de las heces está afectado por el alimento, la cantidad de bilis secretada, y por la tasa de pasaje. Las heces de vacas alimentadas con pastos son de un color verde oscuro, mientras que las alimentadas con dietas basadas en henos son de color café. Aquellas provenientes de vacas a las que se les suministran altas cantidades de granos son grisáceas. Tasas de pasaje lentas producen heces de color oscuro y de forma redonda con una cubierta mucosa fácil de observar. Las heces de grado 1 pueden ser más pálidas debido al mayor contenido de humedad y menor contenido de bilis. La existencia de hemorragias en el intestino delgado oscurece las heces otorgándoles una apariencia de brea, mientras que hemorragias en el recto resultan en heces rojizas a cafés (38).

BALANCE NUTRICIONAL

El balance nutricional se refiere al cálculo de las diferencias existentes entre la estimación de los aportes de nutrientes y energía que hace la ración consumida por los animales frente a las necesidades de los mismos. Para ello se hace necesario, por tanto, contar con información que permita, por un lado, estimar los requerimientos nutricionales y energéticos de los animales y, por otro lado, estimar el contenido de nutrientes y energía de la dieta (forrajes y suplementos alimenticios) así como el consumo de los mismos.

GRADOS DE CONDICIÓN CORPORAL (GCC)

El monitoreo de la condición corporal es una manera efectiva de evaluar el consumo de energía en hatos lecheros. A pesar de la subjetividad de este método, el GCC suministra una información precisa respecto a las reservas corporales de energía de los animales. Investigaciones científicas

demuestran fehacientemente que las reservas corporales se reflejan mejor a través del GCC que las variaciones de peso vivo (39).

El estado de engrasamiento no es más un índice de composición corporal, y puesto que se pretende su valoración en animales vivos, no queda otro remedio que poner en práctica algún tipo de procedimiento indirecto, respecto a lo cual existen dos alternativas (40):

- Estimación mediante ecuaciones de predicción.
- Evaluación de la condición corporal.

ECUACIONES PREDICTORAS DEL ESTADO DE ENGRASAMIENTO

Son ecuaciones desarrolladas en el ámbito de pruebas experimentales, con el fin de estimar el estado de engrasamiento o la grasa corporal total a partir de otros índices de composición corporal cuyos valores, teniendo en cuenta el crecimiento diferencial y coordinado de las distintas partes, tejidos y componentes del organismo animal, son indicativos del tejido adiposo existente. La mayoría de estas ecuaciones vienen abaladas por unos coeficientes estadísticos que respaldan la seguridad de la predicción, sobre la que sin embargo se cierne la duda cuando a las ecuaciones se aplican datos provenientes de animales distintos a los experimentales (41).

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL

El primer procedimiento evaluador de la condición corporal en ganado vacuno fue desarrollado en el reino unido por Lowman et ál. (42) para vacas de vientre. En este procedimiento se estableció una escala de 0 a 5, según la apreciación resultante a la palpación de las vértebras lumbares, aunque para las tres notas más altas también se tiene en cuenta la grasa subcutánea detectada (al tacto) en torno a la base de la cola.

Modelo británico

Atribuido a quien lo desarrolló a partir del sistema ya citado de Lowman et ál. (42), y del que representa casi un calco. La única diferencia entre ambos estriba en los criterios de valoración. En su propuesta Mulvanny (43) tipifica las 6 notas posibles de condición corporal (de 0 a 5) en función de la apreciación resultante a la palpación tanto de la región lumbar como de la caudal, si bien concede prioridad a esta última. Amplía así el área de exploración para efectos de una mejor ponderación de la nota final de la condición corporal, con la ventaja añadida de que estando las vacas en su sitio de ordeño se accede más fácilmente a la región caudal.

Modelo norteamericano

La primera versión para la evaluación del GCC en los Estados Unidos corresponde a la de Wildman et ál. (44) quienes, de resultados de la exploración visual y por palpación de las regiones caudal, pélvica y lumbar, propusieron una escala de puntuación de la condición corporal de 1 (severa extenuación) a 5 (acusada obesidad).

Un procedimiento evaluador distinto fue desarrollado por Edmonson et ál. (45). Estos autores basaron la exploración de los animales únicamente en la inspección visual, y fijaron puntuaciones extremas de la condición corporal en una escala de 1 a 5, pero incorporando fracciones intermedias de 0,25 puntos, lo que configura una escala con 17 graduaciones posibles en total.

La asignación a la condición corporal de la puntuación que mejor se ajuste de entre las 17 posibles se hace una vez examinados "de visu" los ocho caracteres señalados a continuación, y cuya localización en las regiones lumbar, pélvica y caudal es la que sigue (45):

1. *Región lumbar* (L):

- cobertura tisular de las apófisis espinosas (L1),
- relleno del ángulo diedro formado por las apófisis espinosas y las transversas de un solo lado (L2),
- cobertura tisular de las apófisis transversas (L3),
- fosa paralumbar (oquedad en la parte alta de los ijares justo debajo de las apófisis transversas) (L4).

2. *Región pélvica* (P):

- cobertura tisular de las tuberosidades coxal e isquiática (P5),
- depresión glútea (P6),
- depresión entre ambas tuberosidades coxales (P7).

3. *Región caudal* (C):

- fosa isquio-rectal (depresión centrada sobre el ano, delimitada por la cola, los dos ligamentos sacrotuberales y la arcada isquiática) (C8).

La propuesta metodológica planteada por el instituto Babcock de la Universidad de Wisconsin se fundamenta en los trabajos de Edmondson et ál. (45) cuyo principio es la observación visual de los animales y una calificación de 1 a 5. Con base en los estudios realizados por varios autores, estos han determinado ciertos rangos de valores correspondientes a las diferentes fases de lactancia como punto de referencia del grado de condición corporal óptimo (46):

Estado fisiológico	GCC
Parto	3,0 a 3,5
Servicio	2,5
Última parte de la lactancia	3,0 a 3,5
Periodo de seca	3,0 a 3,5

Con estos valores de condición corporal es de esperarse que el animal pueda optimizar sus funciones fisiológicas logrando

disminuir en gran medida la probabilidad de presentar diversos trastornos que puedan afectar su eficiencia productiva.

METABOLITOS SANGUÍNEOS

Los cambios metabólicos a lo largo de la lactancia se deben a la necesidad del animal de mantener un equilibrio fisiológico que solo se logra con los cambios coordinados de acuerdo con las prioridades, y que requieren de una organización metabólica en función de las necesidades del animal (47).

Para determinar el grado de desequilibrio metabólico debido a los cambios en el animal es necesario utilizar técnicas que permitan su determinación con el fin de realizar los ajustes en la alimentación acordes al rendimiento de la vaca lechera en las diferentes fases del ciclo productivo, para que esta sea capaz de soportar no solamente un nivel alto de producción lechera sino también otras funciones como el mantenimiento de un buen estado general y un óptimo estado reproductivo y sanitario. Al respecto se han realizado gran cantidad de investigaciones en las que se evalúan y utilizan los metabolitos sanguíneos como indicadores del estado nutricional del ganado lechero (48). Otros indicadores están presentes en la leche y en la orina y, al igual que los sanguíneos, proporcionan buena información acerca del estado metabólico de los animales.

GLUCOSA

La glucosa es un metabolito crítico para vacas con elevadas producciones de leche. No sólo es absorbida en el aparato digestivo en cantidades mucho menores que en los no rumiantes, sino que es necesaria en mayores cantidades para la síntesis de la lactosa de la leche (35). La determinación de la glucosa en sangre ha sido utilizada como uno de los medios para establecer desórdenes nutricionales y metabólicos, pero en algunos casos

se ha observado que no ha habido un cambio significativo en los resultados después de realizar ajustes en la ración.

La glicemia es regulada por un complejo y eficiente sistema endocrino; hormonas como la insulina, que estimulan la captación de glucosa por los tejidos; el glucagón y las catecolaminas, que estimulan la degradación del glicógeno; la somatotropina, que incrementa la pérdida irreversible de la glucosa y disminuye la oxidación tisular de la misma, y los corticoesteroides, que son promotores de la gluconeogénesis, son los responsables de mantener la homeostasis de la glicemia.

Este control hormonal hace que la determinación de la glucosa ofrezca poca utilidad para su uso como un indicador del metabolismo energético; en razón a lo anterior, un déficit energético no siempre conllevará una hipoglicemia (49). No obstante, a nivel de campo es posible encontrar vacas hipoglicémicas, ya que bajo ciertas condiciones, estas no están capacitadas para soportar y enfrentar el déficit energético al inicio de la lactancia (50, 51).

En estudios realizados por Oyarzún (52) se encontró que la concentración de glucosa en vacas productoras de leche fluctúa entre 2,4 y 4,2 mmol/l. Una alteración en la concentración de glucosa en los rumiantes no solo haría pensar en un desorden del balance energético sino en una posible falla hepática, ya que es en el hígado donde se forma la mayor parte de la glucosa a partir de sus precursores. Asimismo, es posible encontrar hipoglicemia en casos de cetosis bovina, afección que se presenta por desórdenes en el suministro de energía, generalmente entre el periodo seco y el inicio de la lactancia (49).

Harrison et ál. (53) encontraron una disminución en la glicemia durante las dos primeras semanas de lactancia, y una correlación positiva entre la glicemia y el balance

de energía. Estos resultados coinciden con los observados por Ceballos (51), quien reportó que la concentración de glucosa en vacas preparto es mayor que la observada en vacas al inicio de la lactancia.

La hipoglicemia, acompañada de una movilización de reservas grasas, indica un desequilibrio energético que ocurre entre el periodo seco y el inicio de la lactancia; una disminución más severa de la glicemia estará indicando que la deficiencia es de mayor magnitud. No debe olvidarse que la hipoglicemia es más pronunciada en las primeras dos semanas de la lactancia, para luego empezar a retornar a valores similares a los de un balance energético cero, como consecuencia del aumento en el consumo de alimentos y de la acción hormonal en el posparto cuyo fin es estimular la gluconeogénesis.

ÁCIDOS GRASOS NO ESTERIFICADOS (AGNE)

Este grupo de lípidos son metabólicamente los más activos del organismo, y corresponden aproximadamente a un 5% del total de lípidos circulantes en el plasma. Una pequeña fracción de AGNE son ácidos grasos de cadena larga (AGCL), es decir, con más de 12 átomos de carbono, y aparecen en el plasma como consecuencia de la lipólisis de la grasa corporal almacenada en forma de triacilgliceroles, o por acción de la lipoproteinlipasa durante la incorporación de los triacilgliceroles en los diferentes tejidos orgánicos (54).

Ciertos momentos del ciclo productivo de la vaca lechera, en especial el final del periodo seco y el inicio de la lactancia, se caracterizan por presentar desequilibrios en las relaciones hormonales, lo que conlleva un aumento de la concentración de AMP_c que activa la lipasa hormonosensible cuyo efecto después de la activación es hidrolizar los triacilgliceroles del tejido adiposo

hacia AGCL y glicerol (55). Al llegar al hígado los AGNE son oxidados cumpliendo así dos funciones: proveer energía para los tejidos extrahepáticos en forma de cuerpos cetónicos, y permitir la máxima tasa gluconeogénica en los casos de deficiencia de energía; el otro destino que pueden seguir es su esterificación y posterior salida del hígado dentro de las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL), camino que reduce el engrasamiento del hígado en el inicio de la lactancia (56, 57).

Los AGNE reflejan el catabolismo que ocurre en el tejido graso frente a los casos en los cuales hay una deficiencia de energía inducida no sólo por el bajo CMS que puede llegar hasta un 40% en el día 2 preparto (57), sino también por la liberación de hormonas estimulantes de la gluconeogénesis y la lipólisis (54, 56, 57, 58). En los estados de ayuno prolongado hay una mayor producción de AGNE ya que, como mecanismo compensatorio, el organismo moviliza sus propias reservas de grasa. Por lo anterior, y teniendo en cuenta que el ayuno prolongado induce un déficit energético, mediante el análisis de la concentración de AGNE es posible establecer desequilibrios energéticos en la vaca lechera (58). Se ha demostrado que la inducción de estados cetóticos donde se semeja un desequilibrio energético en la vaca, aumentan la concentración plasmática de AGNE como respuesta adaptativa (59). Este comportamiento se pone de manifiesto por la elevada correlación negativa entre la glucosa y los AGNE (35).

En consideración a lo anterior, la presencia de AGNE en sangre constituye un reflejo del balance entre la síntesis de triacilgliceroles y la tasa de lipólisis; por tanto, un incremento en la concentración de AGNE se logrará por una disminución en la síntesis *de novo* o en la captación de ácidos grasos para esterificar, por estímulo de la lipólisis, por una reducción en la esterificación de los

ácidos grasos movilizados, o por una combinación de los factores anteriores (49). Los tres mecanismos principales se presentan en la vaca al final de la gestación y en el inicio de la producción de leche.

Los AGNE son indicadores más sensibles que la glucosa para establecer los desbalances de energía en el inicio de la lactancia en bovinos (58). La concentración de AGNE debe ser inferior a 0,33 mmol/lit en el periodo seco, menor que 0,40 mmol / lit al final del periodo seco, y en el parto inferior a 0,80 mmol/l; valores superiores sugieren un desequilibrio energético en el animal, y han sido asociados con valores bajos en la concentración de colesterol (58).

Ferguson (60) afirma que el aumento en los AGNE, al estar asociado con una deficiencia de energía, podría relacionarse con los trastornos de la fertilidad causados por un desequilibrio energético, como el aumento del número de días a la primera ovulación posparto, irregularidades en el ciclo estral e interrupción de la actividad cíclica.

El análisis de la concentración de AGNE está ganando cada vez más terreno como una ayuda para el establecimiento de desórdenes nutricionales en vacas lecheras, siendo un indicador más sensible que la glucosa y los butiratos para el mismo fin. La determinación de la concentración de AGNE ayudará igualmente a conocer el riesgo de engrasamiento del hígado en el inicio de la lactancia; así se puede saber de qué manera se verá afectada su función en este periodo del ciclo productivo de la vaca (51).

CUERPOS CETÓNICOS (β -HIDROXIBUTIRATO)

La movilización de AGCL es una condición para el desarrollo de la cetosis. Los cuerpos cetónicos se forman en el hígado como consecuencia de una oxidación parcial de los AGNE, siendo precursores de ellos cualquier molécula que sea susceptible

de transformarse en un acetilCoA como glucosa, lactato, glicerol, aminoácidos, entre otras. (54, 55).

Los cuerpos cetónicos son aniones de cetoácidos y dentro de ellos se encuentran el acetoacetato (AcAc), acetato (producto de la descarboxilación del AcAc) y el ácido β -hidroxibutírico (β -OHB). Los dos primeros son productos del metabolismo intermediario, mientras que el último es un producto de deshecho.

No sólo en el hígado se pueden formar cuerpos cetónicos. En el bovino, la fermentación ruminal es una fuente de ácido butírico, el que es rápidamente absorbido por el epitelio y reducido a AcAc que finalmente es transformado en β -OHB (61). En la glándula mamaria, más que un proceso de cetogénesis, hay una conversión de β -OHB a AcAc (55).

En el inicio de la lactancia es más frecuente observar un mayor número de vacas afectadas por el aumento de cuerpos cetónicos que en otro estado productivo. Asimismo, se observa también el mayor número de individuos con valores bajos en glucosa. La cetonemia puede afectar hasta un 32% de los individuos en la población, mientras que la hipoglicemia se puede presentar en un 24% de las vacas (62).

Se ha reportado que la concentración de β -OHB en bovinos puede fluctuar entre 0,03 y 0,73 mmol/L, observándose que la concentración de butiratos aumenta cuando se da inicio a la producción de leche (52). En un estudio realizado por Ceballos (51) se encontró que la concentración promedio de β -OHB aumentó en el inicio de la lactancia con respecto al final del periodo seco observándose un aumento en la frecuencia de grupos con valores promedio elevados en el inicio de la lactancia.

En bovinos, el análisis de cuerpos cetónicos en el plasma o suero (cetonemia) es útil para el establecimiento de estados

deficitarios de energía según el estado fisiológico en el cual se encuentre el animal. Los β -OHB se elevan desde unos días antes del parto y alcanzan su valor máximo unos 25 a 30 días posparto, para declinar posteriormente en la medida que avanza la lactancia, elevación coincidente con el periodo de máxima exigencia nutricional de la vaca lechera, en especial las que tienen una alta producción (62). Esto se debe a que la cantidad de energía que se requiere al inicio de la lactancia es insuficiente para satisfacer la demanda impuesta por la producción de leche, obligando a la vaca a movilizar sus propias reservas para compensar el desequilibrio. Por lo anterior, la movilización de reservas induce la formación de cuerpos cetónicos (63). En la cetosis los niveles de AGNE en sangre pueden elevarse a 33 mg/dl, la glucosa disminuye a 28 mg/dl y los cuerpos cetónicos aumentan a 41 mg/dl (35).

Según lo expuesto, es posible señalar que la determinación de la concentración de AGNE y β -OHB es una buena medida para establecer los desequilibrios de energía propios del inicio de la lactancia, y conocer cuál es la magnitud de los mismos para entrar a hacer los ajustes necesarios en la ración. (51).

COLESTEROL

El colesterol es un lípido anfipático, característica que le permite formar parte de la estructura de la membrana externa de las lipoproteínas. Este lípido se almacena en los tejidos en forma de ésteres de colesterilo, y es el precursor de todos los demás esteroides del organismo, como corticosteroides, hormonas sexuales, ácidos biliares y vitamina D (54).

Aproximadamente un 50% del colesterol se origina en el hígado, un 15% en el intestino, y una gran proporción del resto en la piel; la síntesis se realiza a partir del acetil-CoA que a su vez se forma del ácido acético

producido en el rumen como consecuencia de la fermentación de la fibra de la ración (54). Aproximadamente un 10% de los lípidos circulantes en la vaca corresponden a colesterol, y un 1,5% a AGNE, valores que no se ven afectados en forma significativa por el consumo de alimentos o por un ritmo circadiano (64).

Sevinc et ál. (65) encontraron diferencias en la colesterolemia entre vacas sanas y vacas con cetosis reportando valores de 4,2 mmol/l para el primer grupo y 3,3 mmol/L para el segundo. En otros estudios también se han observado cambios en la composición lipídica del plasma, donde vacas que han desarrollado una severa infiltración grasa en el hígado presentan una disminución en la concentración del colesterol asociado con las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL). Lo anterior se debe a los desequilibrios energéticos propios de la etapa de transición entre el parto y el inicio de la lactancia. Previamente, Brumby et ál (66) habían señalado que la deficiencia de energía era causa de alteraciones en el metabolismo lipídico caracterizadas por una acumulación de lípidos en el hígado con una consecuente disminución en la secreción de lipoproteínas (51).

En estudios realizados en vacas lecheras por Oyarzún (52) se encontró que la concentración de colesterol disminuía en el periodo seco, y posteriormente aumentaba a medida que avanzaba la lactancia. Resultados similares han sido descritos por Calamari et ál. (50), quienes además indicaron que la colesterolemia es un buen indicador del balance de energía después de alcanzar el pico de producción de leche, debiendo utilizarse otros indicadores antes de este periodo.

Una disminución en la concentración plasmática de colesterol estaría poniendo en evidencia alteraciones hepáticas o un déficit energético; así, este análisis debe acompa-

ñarse de la determinación de la actividad de aspartato aminotransferasa (AST), observándose que las vacas con valores alterados en ambos parámetros tendrán un mayor riesgo de presentar enfermedades metabólicas.

EVALUACIÓN DEL ESTADO REPRODUCTIVO DEL HATO

Varios parámetros han sido medidos y reportados para evaluar la relación entre el nivel de producción de leche, el estado nutricional y el comportamiento reproductivo de las vacas lactantes: los días abiertos, el intervalo entre partos, la tasa de preñez y el número de servicios por concepción son los más utilizados. Sin embargo, el primero está sujeto a políticas de manejo reproductivo tales como el periodo de espera voluntario antes del servicio, y se ve afectado, además, por fallas en la detección del estro. Los días abiertos, a su vez, afectan el cálculo del intervalo entre partos. Por tanto, se considera que los días abiertos y el intervalo entre partos son parámetros inadecuados del comportamiento reproductivo para determinar la posible relación entre el rendimiento de leche, el estado nutricional y la reproducción. La tasa de preñez o el número de servicios son parámetros más asociados con las funciones fisiológicas, y son indicadores más deseables de la función reproductiva (67).

Aunque se han reportado varios trabajos en los que se aprecia una relación inversa entre el nivel de producción de leche y el comportamiento reproductivo de las vacas (68, 69), otros trabajos muestran que vacas de alta producción pueden mostrar un eficiente comportamiento reproductivo (67, 70). La diferencia parece centrarse en el balance nutricional de las vacas. Así, Hillers et ál. (70), luego de examinar la influencia de factores ambientales y de manejo sobre el comportamiento reproductivo en hatos lecheros en Estados Unidos, encontraron que

el porcentaje de preñez al primer servicio no estuvo afectado por el nivel de producción. Según los autores, el rendimiento lechero en esos hatos estuvo asociado con adecuadas pautas nutricionales, sanitarias y de manejo que encubrieron los efectos de una alta producción sobre la tasa de preñez. Swuan (71), por su parte, opina que “no hay evidencia que apoye el punto de vista de que la vaca de alta producción sea menos fértil que la de producción media”. Él afirma que “si el hato es bien manejado, la actividad cíclica se observará aproximadamente en el día 20 posparto y se mantendrá en más del 90% de las vacas hasta la primera inseminación, en el día 65 posparto”.

Los efectos del estado nutricional sobre la producción de leche y la reproducción duran mucho tiempo (72). La discusión al respecto se ha centrado en el hecho de que en las vacas de alta producción se presenta un marcado direccionamiento de nutrientes hacia la glándula mamaria en detrimento de otros tejidos, incluidos el tejido adiposo, el tejido muscular y los ovarios (47, 73).

Aún no son claros los mecanismos homeorréticos que direccionan la partición de los nutrientes durante la lactancia (74). Su funcionamiento, sin embargo, se ve frecuentemente alterado generando disfunciones metabólicas tales como la cetosis (75) y la hipocalcemia (76), problemas reproductivos como el anestro posparto (67, 77), y alteraciones en la producción y composición de la leche (78).

Se ha establecido, sin embargo, que la insulina juega un papel clave en la distribución de los nutrientes durante la lactancia (73), y que la disminución en su concentración se asocia con una disminución en el comportamiento reproductivo (79).

CONCLUSIONES

Existe una amplia gama de herramientas para el monitoreo nutricional de hatos lecheros

ros, cada una de las cuales aporta información útil que en su conjunto permite llegar a un análisis correcto del estado nutricional de los animales, y al diagnóstico temprano y oportuno de diversos problemas metabólicos, productivos y reproductivos asociados.

REFERENCIAS

1. Fedegan. Índice de costos ganaderos: Diciembre 2002 - Marzo 2003. Carta Fedegan, 79; 2003. <http://www.fedegan.org.co/79edicion.html>
2. Kida K. The metabolic profile test: its practicability in assessing feeding management and periparturient diseases in high yielding commercial dairy herds. *J Vet Med Sci* 2002; 64 (7): 557-563.
3. Goff JP. Major Advances in Our Understanding of Nutritional Influences on Bovine Health. *J Dairy Sci* 2006; 89: 1292-1301.
4. Epperson WB. Risk Factors for Metabolic Disease. *Tri-State Dairy Nutrition Conference* 2005; 31-35.
5. LeBlank SJ, Lissemore KD, Kelton DF, Duffield TF and Leslie KE. Major advances in disease prevention in dairy cattle. *J Dairy Sci*. 2006; 89:1267-1279.
6. Oetzel GR. Meta-Analysis of Nutritional Risk Factors for Milk Fever in Dairy Cattle *J of Dairy Sc* 1991; 74: 3900-3912.
7. Lean IJ, DeGaris PJ, McNeil DM, Block E. Hypocalcemia in Dairy Cows: Meta-analysis and Dietary Cation Anion Difference Theory Revisited. *Agron J* 2006; 98:774-780.
8. Carulla J, Cárdenas E, Sánchez N, Riveros AC. Valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la Zona Andina Colombiana. *Memorias del V Seminario Internacional en Reproducción y Metabolismo en Bovinos*. Universidad de Caldas 2004; 62-71.
9. Nocek JE. Bovine Acidosis: Implications on Laminitis. *J of Dairy Sc* 1997; 80: 1005-1028.
10. Owens FN, Secrist DS, Hill WJ, Gill DR. *Journal of Dairy Science* 1997; 80: 1005-1028.
11. Shaver RD. Nutritional Risk Factors in the Etiology of Left Displaced Abomasum in Dairy Cows: A Review. *J of Dairy Sci* 1997; 80: 2449-2453.
12. Butler. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Anim Reprod Sci* 2000; 60-61: 449-457.
13. Butler WR. Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology. *J Dairy Sci* 1998; 81: 2533-2539.
14. Hurley WL, Doane RM. Recent developments in the roles of vitamins and minerals in reproduction. *J of Animal Sc* 1989; 76: 275-286.
15. Barnouin J, Chassagne M. An aetiological hypothesis for the nutrition-induced association between retained placenta and milk fever in the dairy cow. *Ann Rech Vet* 1991; 22: 331-343.
16. Amaral-Phillips, DM. Tools For Diagnosing Nutritional Problems In Dairy Herds. 4 p. Kentucky University. Dairy Nutrition Publications; 2000. <http://www.uky.edu/Agriculture/AnimalSciences/dairy/extension/nut00025.pdf>
17. González FH. Uso de provas de campo e laboratório clínico em doenças metabólicas e ruminais dos bovinos. Editado por González FH, Borges JB, Cecim M. Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Medicina Veterinária; 2000.
18. Herdt TH, Rumbeiha W, Braselton WE. The use of blood analyses to evaluate mineral status in livestock. *Vet Clinics of North America, Food Animal Practice* 2000; 16: 423-444.
19. Stokes SR, Waldner DN, Jordan ER, Looper ML. Managing Milk Composition: Evaluating Herd Potential. Texas Agricultural Extension Service, The Texas A&M University System; 2000. L-5387.
20. Mustafa A. Dairy Cattle Production (342-450A). Course on line. McGill University, Macdonald Campus. Department of Animal Science; 2004. <http://animsci.agrenv.mcgill.ca/courses/450/outline.html>
21. Sierra JC. Efecto del potrero, los días de pastoreo y la época del año sobre la producción de

- leche. Informe final de pasantía, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín; 1999.
22. Blaser RE. Forage-Animal Management Systems; 1986. VPI Bulletin 86-7.
 23. Martz F, Garrett J. Feeding and management of dairy cattle on pasture. Missouri Dairy Grazing School Proceedings; 1993.
 24. Florio J, Vaccaro L, Pérez A, Mejía H. Errores de predicción de la producción de leche por lactancia a partir de pesajes a distintos intervalos de tiempo en vacas de doble propósito. Liv Res for Rural Dev 1998; 10 (1).
 25. Cannon T. Why test for components? If you don't miss the points. Texas DHIA Records Analyst; 1998.
 26. Zabala A. Utilización de la concentración de nitrógeno ureico, grasa y proteína en leche como indicadores del balance energético y proteico en vacas lactantes. Pasantía. Carrera de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín; 2000.
 27. Pulina G, Nudda A, Battacone G, Cannas A. Effects of nutrition on the contents of fat, protein, somatic cells, aromatic compounds, and undesirable substances in sheep milk. Animal Feed Science and Technology 2006; 131: 255-291.
 28. Dehn JM, Jørgensen RJ, Enemark P St. Rumen acidosis with special emphasis on diagnostic aspects of subclinical rumen acidosis: a review. Veterinaria ir Zootechnika T 2002; 20 (42): 16-29.
 29. Bauman DE, Griinari JM. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. Livest Prod Sci 2000; 70: 15-29.
 30. Walker GP, Dunshea FR, Doyle PT. Effects of nutrition and management on the production and composition of milk fat and protein: a review. Australian Journal of Agricultural Research 2004; 55 (10): 1009-1028.
 31. Hof G, Vervoorn MD, Lenaers PJ, Tamminga S. Milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of dairy cows. J Dairy Sci 1997; 80: 3333-3340.
 32. Grant R, Drudik D, Keown J. Milk urea nitrogen testing. NebGuide G96-1298-A; 1996. <http://www.ianr.unl.edu/pubs/Dairy/g1298.htm>.
 33. Ferguson JD. Milk Urea Nitrogen. Center for Animal Health and Productivity. University of Pennsylvania; 1999. <http://cahpwww.nbc.upenn.edu/mun/mun.html>.
 34. Grant R. Maximizing Feed Intake for Maximum Milk Production. Nebguide file 1003. Cooperative Extension, University of Nebraska, Institute of Agriculture and Natural Resources. 1996
 35. Church DC (ed). The ruminant animal Digestive Physiology and Nutrition; 1993.
 36. Stalling C. Manure Scoring as a Management Tool; 1997.
 37. Looper y Stokes. Managing Milk Composition: Evaluating Herd Potential. New Mexico State University, College of Agriculture and home economics; 2001.
 38. Hutjens M. Evaluating Nutritional Management Changes. Proceedings of the 5th western dairy management conference. Las Vegas, Nevada, April 4 and 5; 2001.
 39. National Research Council. The nutrient requirement of dairy cattle. Seventh revised edition. Washington, D. C.: National Academy Press; 2001.
 40. Bernal LC, Montoya S. Monitoreo del balance energético y proteico en vacas al inicio de la lactancia y la relación con su estado metabólico. Trabajo de grado, Carrera de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín; 2003. 85 p.
 41. Álvarez PJ. Evaluación de la condición corporal como metodología preferente para la estimación del estado de engrasamiento en vacas lecheras. Invest Agr Prod Sanid Anim 1999; 14 (1, 2 y 3).
 42. Lowman BG, Scott N, Somerville S. Condition score of cattle; revised edition. Bull. E. Scotl. Coll. Agric., 1976; 6.

43. Mulvany P. Dairy cow condition scoring. NIRD Paper No. 4468. National Institute for Research in Dairying. Reading (UK); 1977.
44. Wildman EE, Jones GM, Wagner PE, Boman RL, Trouth HF, Lesch TN. A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *J Dairy Sci* 1982; 65: 495-501.
45. Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T, Webster G. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J Dairy Sci* 1989; 72: 68-78.
46. Wattiaux M. Grados de condición corporal. En: *Esenciales Lecheras*. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera. Universidad de Wisconsin-Madison; 2000.
47. Bauman DE, Currie WB. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J Dairy Sci* 1980; 63: 1514-1529.
48. Pambu-Gollah R, Cronjé PB, Casey NH. An evaluation of the use of blood metabolite concentrations as indicators of nutritional status in free-ranging indigenous goats. *South African Journal of Animal Science* 2000; 30 (2).
49. Bell AW. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J Anim Sci* 1995; 73: 2804-2819.
50. Calamari LG, Bertoni MG, Malanti D, Cappa V. Sull' utilità di nuovi parametri ematochimici nella valutazione del profilo metabolico delle lattifere. *Zoot Nutr Anim* 1989; 15: 191-210.
51. Ceballos A, Andaur M. Indicadores bioquímicos sanguíneos de los desequilibrios energéticos en Ganado lechero. En: *II Seminario internacional en reproducción y metabolismo de la vaca lechera*. Universidad de Caldas; 1999.
52. Oyarzun JL. Análisis de los resultados de perfiles metabólicos obtenidos de rebaños lecheros en el sur de Chile, 1986-1996. Tesis médico veterinario. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias. Valdivia, Chile. Citado por: Ceballos A, Andaur M. Indicadores bioquímicos sanguíneos de los desequilibrios energéticos en Ganado lechero. En: *II Seminario internacional en reproducción y metabolismo de la vaca lechera*. Universidad de Caldas; 1997.
53. Harrison RO, Ford SP, Young JW, Conley AJ, Freeman AE. Increased milk production versus reproductive and energy status of high producing dairy cows. *J Dairy Sci* 1990; 73: 2749-2758.
54. Murray RK, Granner DK, Mayes PA, Rodwell VW. *Bioquímica de Harper*. 12 ed. México: El Manual Moderno; 1992.
55. Kaneko JJ. Carbohydrate metabolism and its diseases. In: Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss M. L. (Editors). *Clinical biochemistry of domestic animals*, fifth edition. San Diego: Academic Press; 1997.
56. Bertics SJ, Grummer RR, Cardorniga-Valino C, Stoddard EE. Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. *J Dairy Sci* 1992; 75: 1914-1922.
57. Vazquez-Añón M, Bertics S, Luck M, Grummer RR, Pinheiro J. Peripartum liver triglyceride and plasma metabolites in dairy cows. *J Dairy Sci* 1994; 77: 1521-1528.
58. Van Saun R, Wustenberg M. Metabolic profiling to evaluate nutritional and disease status. *The bovine practitioner*. 31: 37- 42. Citados por: Ceballos A, Andaur M. Indicadores bioquímicos sanguíneos de los desequilibrios energéticos en Ganado lechero. En: *II Seminario internacional en reproducción y metabolismo de la vaca lechera*. Universidad de Caldas; 1997.
59. Drackley JK. Biology of dairy cows during the transition period : the final frontier. *J Dairy Sci* 1999; 82: 2259-2273.
60. Ferguson JD. Nutrition and reproduction in dairy cows. *Vet. Clin. North. Am: Food Anim Pract* 1991; 7: 483-507.
61. Remond D, Ortigues I, Jouani JP. Energy substrates for the rumen epithelium. *Proc Nutr Soc* 1996; 54: 95-105.