

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLIN	
Facultad de Ciencias Agropecuarias	Departamento de Producción Animal
Sección de Nutrición Animal	



MONITOREO NUTRICIONAL Y METABÓLICO EN HATOS LECHEROS

Héctor Jairo Correa Cardona
Universidad Nacional de Colombia

Departamento de Producción Animal
hjcc_unal@hotmail.com

MONITOREO NUTRICIONAL Y METABÓLICO EN HATOS LECHEROS¹

Existen varias razones que justifican la necesidad de atender cuidadosa y adecuadamente la alimentación y la nutrición en el hato lechero. En primer lugar, es necesario tener en cuenta que la alimentación representa entre el 30 y 55% de los costos totales de producción (Grant, 1995; Schroeder, 1999) de tal manera que este es un aspecto sobre el cual recaen muchas oportunidades y posibilidades de mejorar la rentabilidad económica del hato. En segundo lugar, es necesario comprender que en la nutrición y la alimentación recae la responsabilidad de muchas de las disfunciones metabólicas, reproductivas y sanitarias que cotidianamente afectan a los hatos lecheros. Y, en tercer lugar, la velocidad de crecimiento de los animales y el nivel de producción así como la calidad de la leche producida dependen en muy buena medida del manejo nutricional y alimenticio del hato (Correa, 2002).

En 1980, Bauman y Currie revisaron los mecanismos que regulan la partición de nutrientes en los rumiantes durante la preñez y la lactancia y acuñaron el término homeorresis para referirse a los mecanismos que establecen el destino metabólico de los nutrientes. Este concepto se refiere *“al conjunto de cambios orquestados o coordinados en el metabolismo de los tejidos corporales que son necesarios para apoyar un estado fisiológico”*. Bajo este concepto se asume que en un momento determinado se establecen prioridades entre las diferentes funciones fisiológicas y que estas deben ser cubiertas mediante la canalización de los nutrientes hacia diferentes tejidos y órganos. Esto es precisamente lo que ocurre al inicio de la lactancia cuando se altera dramáticamente el metabolismo de la vaca con la finalidad de que la glándula mamaria sea suplida con los nutrientes necesarios para la síntesis de leche. Bajo esas circunstancias se establecen prioridades

¹ Este documento fue presentado en el Seminario II Curso de Actualización en Reproducción Animal, Grupo de Investigación en Biotecnología Aplicada, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, 3 y 4 de octubre de 2002.

metabólicas y nutricionales siendo en su orden la producción, el mantenimiento y la reproducción (Correa, 2001).

Así, en la medida en que se incremente la producción de leche, las condiciones endocrinas y nutricionales asociadas a este incremento deprimen la actividad reproductiva posparto (Cuéllar, 2001). Por lo tanto, los programas alimenticios y nutricionales a las que son sometidas las vacas lactantes afectan profundamente el comportamiento reproductivo del hato lechero, particularmente cuando el nivel de producción de leche se incrementa. Aunque el ganado lechero puede tolerar un cierto rango de desbalances nutricionales en la ración por un periodo variable de tiempo, deficiencias o excesos muy marcados de ciertos nutrientes por un periodo de tiempo prolongado, puede afectar seriamente el comportamiento productivo, metabólico, sanitario y reproductivo de los animales (Shaver y Howard, 1993). Shaver y Howard (1993) analizaron la relación existente entre la aparición de algunos desórdenes primarios y secundarios en vacas durante el periparto, tal y como se observa en la tabla 5.

Tabla 5. Relación entre algunos desórdenes primarios y secundarios en vacas durante el periparto. Tomado de Shaver y Howard (1993).

Desorden secundario	Desorden primario						
	Síndrome de la vaca gorda	Fiebre de leche	Dificultad al parto	Retención de placenta	Metritis	Desplazamiento de abomaso	Cetosis
Dificultad al parto	X	X					
Retención de placenta	X	X	X				
Metritis	X	X	X	X		?	?
Baja tasa de concepción	X	X	X	X	X	X	X

Es necesario, por lo tanto, establecer programas para el monitoreo periódico de los planes nutricionales y de manejo que se implementan en los hatos lecheros

con la finalidad de realizar los correctivos pertinentes que conduzcan a una disminución de los impactos negativos que estos tienen. Un buen manejo nutricional y alimenticio seguramente reducirá los problemas metabólicos, sanitarios y reproductivos que esto acarrea, mejorará la cantidad y calidad de la leche producida, permitirá hacer un manejo más racional de las praderas, incrementará la rentabilidad de la empresa lechera haciéndola más competitiva y reducirá los impactos ambientales que las prácticas desmedidas dejan (Correa, 2002).

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 la toma de decisiones acerca de los correctivos a implementar cuando se detectan problemas (Correa, 2002).

Se han propuesto diferentes metodologías para ayudar a diagnosticar el estado nutricional de una población animal (Amaral-Phillips, s. f.). 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 manejo de la información pertinente, de la selección adecuada de la muestra poblacional 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.

La sección de Nutrición y Alimentación Animal del Departamento de Producción Animal de la Universidad Nacional de Colombia en su sede de Medellín, ha venido trabajando desde tres años en la consolidación de dos propuestas metodológicas para el diagnóstico del estado nutricional de hatos lecheros: una para las vacas adultas y otra para las novillas de reemplazo. Estas propuestas han sido desarrolladas a partir del curso de **Ganado de Leche** y de la línea de profundización en **Evaluación de Recursos Alimenticios y Sistemas de Alimentación Animal**. Su validación se ha realizado a través de las prácticas en

los cursos mencionados y con el desarrollo de trabajos de grado. El procedimiento metodológico, en el caso de las vacas adultas, se basa en el uso de varias fuentes de información y herramientas de análisis.

Tabla 6. Algunas herramientas para el monitoreo nutricional y alimenticio en el hato adulto.

1. Registros de producción de leche.
2. Determinación de la concentración de componentes de la leche.
3. Grado de consistencia de las heces.
4. Estimación del balance nutricional del hato en estudio.
5. Estimación del grado de condición corporal de los animales.
6. Determinación de metabolitos en sangre.
7. Indicadores metabólicos en orina.

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.

Otras herramientas han sido propuestas para estos propósitos. Así, para Amaral-Phillips (s. f.) la determinación de la manera como se distribuye el tamaño de las partículas de los forrajes es una información que podría explicar, bajo ciertas circunstancias, la aparición de problemas digestivos, productivos y de composición de la leche. La utilización de esta herramienta se reduce, sin embargo, a aquellos sistemas de alimentación en los que es necesario cortar, trozar o picar el pasto y demás forrajes antes de suministrarlos a los animales ya sea por que se ensilen o se den frescos y hagan parte de un porcentaje importante de la ración consumida diariamente por los animales. Dado que este tipo de sistemas de utilización de pastos y forrajes no es común en nuestro medio, no se incluirá en este informe.

7. 1. Análisis de los registros de producción de leche.

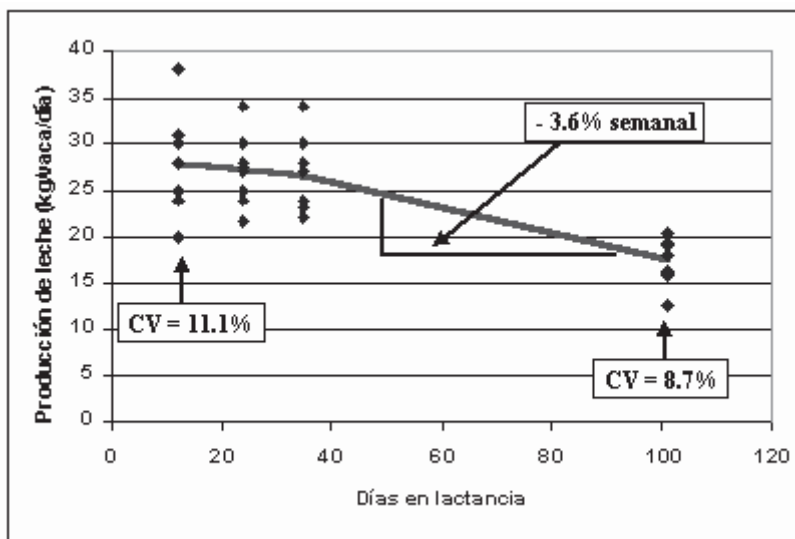
El examen minucioso de los registros de producción de leche tanto individual como del grupo de vacas en ordeño puede suministrar información valiosa sobre la presentación de problemas en el hato, del momento en el que estos comenzaron y sus posibles causas. La cantidad total de leche producida por el hato debe ser el primer punto a evaluar para establecer que 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 3% o más de un ordeño al siguiente, es necesario examinar la existencia de posibles cambios en la calidad de los forrajes que se suministran a los animales.

Al inicio de la lactancia, sin embargo, se puede esperar que la variación en la producción de leche sea mayor que en etapas más avanzadas de la lactancia (Drackely, 1999). Esta variación es explicada como el resultado de la respuesta individual a los cambios metabólicos que se suceden durante el posparto temprano y que afectan principalmente al consumo de materia seca.

La ausencia de una curva de lactancia que muestre un pico al inicio, es característico de animales sometidos a un balance energético negativo y a un bajo contenido de reservas corporales al momento del parto (Perkins *et al*, 1985). Este tipo de comportamientos no es extraño encontrarlos en ganaderías que se explotan bajo las condiciones nutricionales y alimenticias que predominan en nuestro medio como lo demuestran los resultados de Correa y Marín (2002) (figura 24).

Figura 24. Evolución en la curva de lactancia en un hato lechero del municipio de San Pedro de los Milagros (Ant.). Adaptado de Correa y Marín (2002).



7.2. Determinación de la concentración de componentes de la leche.

Algunas de las consecuencias de la acidosis ruminal tienen que ver con la disminución en la producción de leche, en el contenido de grasa y en la relación grasa : proteína en la leche (Kung, 1999; Jacobsen, s. f.). Kung (1999) afirma, además, que cuando el contenido de grasa en la leche alcanza niveles tan bajos como 2,8 % o menos, la acidosis ruminal normalmente se acompaña de laminitis (figura 25), problemas que fueron reportados por Montoya y Pino (2002) en un trabajo adelantado en un hato Holstein del municipio de San Pedro, y en el que el contenido de grasa en la leche alcanzó un valor promedio de 2,85% (tratamiento testigo) (tabla 7).

Figura 25. Relación grasa : proteína en la leche en vacas holstein y su posible asociación con problemas nutricionales y alimenticios. Datos obtenidos del hato Paysandú de la Universidad Nacional.

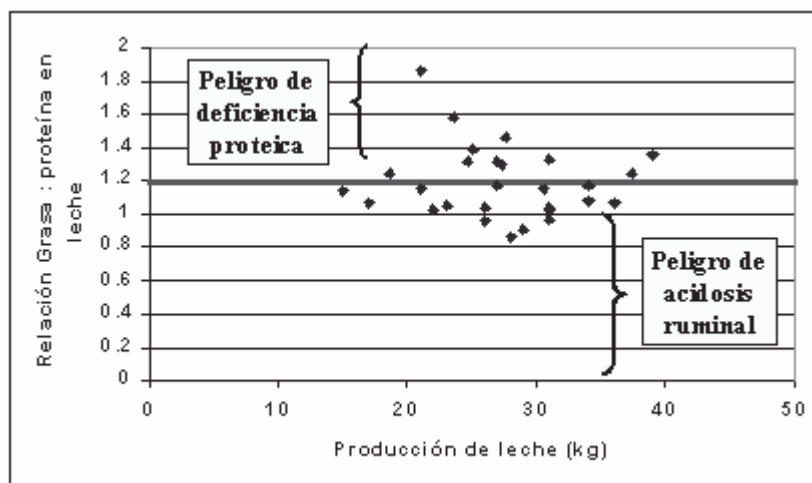


Tabla 7. Efecto en el suministro de papa fresca durante el pastoreo a vacas lactantes sobre algunos parámetros productivos y metabolicos. Tomado de Montoya y Pino (2002).

	Cantidad de papa por tratamiento (Kg./vaca/día)		
	0,00	6,00	12,00
Prod., l/v/d	15,82b	17,32a	17,05a
Grasa, %	2,85	2,76	2,78
PC, %	3,06	3,30	3,10
Grasa/PC	0,93	0,88	0,90
NUL, mg/dl	19,12a	16,98ab	15,12b
Grasa, gr./v/d	451,79	476,56	472,48
PC, gr./v/d	482,00b	543,98a	528,75a
NUL, gr./v/d	3,05a	2,97ab	2,56b
Pverd, gr./v/d	475,89b	538,05a	523,62a
NNP, gr./v/d	6,11	5,93	5,12

La acidosis ruminal tiene como causa más común el suministro de una dieta con alto contenido de carbohidratos no estructurales que se fermentan rápidamente y/o un bajo contenido de carbohidratos estructurales en la ración con baja fibra efectiva (Kung, 1999; Jacobson, s. f.). Efectivamente, en el caso del hato en el que Montoya y Pino (2002) adelantaron su trabajo de campo, la base forrajera presentó un contenido de FDN más bajo que el que normalmente se reporta para este pasto en la región (52,9 % de la MS). Esta característica del forraje parece haber tenido un mayor peso en la aparición de la acidosis ruminal que el consumo del suplemento alimenticio ya que este se suministraba a razón de 4,0 kg/vaca/día, en dos raciones de 2,0 kg en cada ordeño. En este sentido, la fibra del forraje parece ser que no estaba suficientemente estructurada como para hacer el estímulo necesario para la rumia (Harris, 1992).

Por otro lado, Kooystra *et al.* (1993; citados por Nocek, 1997) han reportado cambios en la composición del N en la leche de vacas con acidosis ruminal. Luego de 24 horas de haberse presentado acidosis aguda por el suministro de sucrosa, se encontró que la concentración de N, caseína, proteínas del suero, y NNP se incrementaron en la leche. Esto de alguna manera estaría contribuyendo a la explicación de la relación inversa entre grasa y proteína hallada por Montoya y Pino (2002).

7.3. Grado de 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 estos reciben (Stalling, 1997). 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 está 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 (Looper y Stokes, 2001). 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 (especialmente sodio y potasio) pueden reducir el grado de consistencia de las heces (Hutjens, 2001). De allí que cantidades excesivas de melaza generen heces muy líquidas.

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 convierte en una señal de alerta para tomar los correctivos necesarios (Looper y Stokes, 2001).

La determinación del grado de consistencia de las heces individual 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 un altura aproximada de un metro simulando su caída normal. El grado de consistencia de las heces, ya sean defecadas o recolectadas, deben ser evaluadas por al menos tres observadores independientes utilizando una escala apropiada. Varias son las propuestas que existen publicadas por la literatura (tablas 8, 9 Y 10).

Tabla 8. Grado de consistencia en heces. Stalling (1997) y Mason (s.f.).

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 puede apilar pero se desparraman ligeramente.
4	Son secas, duras, conservan su forma original sin distorsionarse o desparramarse.

Tabla 9. Grado de consistencia en heces. Looper y Stokes (2001).

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

Tabla 10. Grado de consistencia en heces. Hutjens (2001).

Grado	Descripción
1	Son muy líquidas y con consistencia de sopa de garbanzos. Salpican cuando caen.
2	Se desparraman y no forman un montón distintivo. Presentan menos de 2 cm de altura y salpican cuando caen.
3	Pueden formar montones de poca altura (de 3 a 5 cm) apreciándose anillos concéntricos y pequeñas depresiones en el centro. No alcanzan a salpicar pero se pegan a la suelas de los zapatos cuando se pisan en la superficie.
4	Son gruesas y forman montones con más de 5 cm de altura.
5	Son muy secas y duras.

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 (tablas 11 y 12).

Tabla 11. Variación en el grado de consistencia en las heces de acuerdo al estado fisiológico de los animales. Looper y Stokes (2001).

Vacas secas	3.5
Próximas a parir	3.0
Recién paridas	2.5
En alta producción	3.0
Finalizando lactancia	3.5

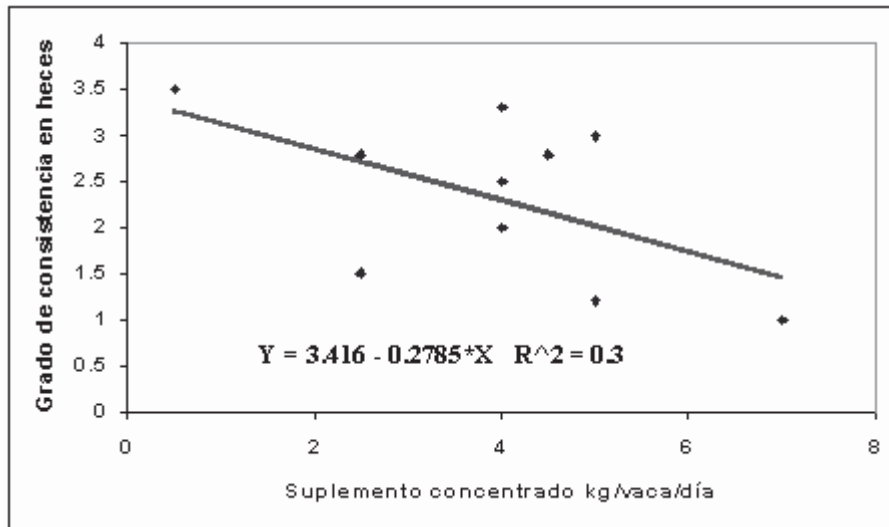
Tabla 12. Variación en el grado de consistencia en las heces de acuerdo al estado fisiológico de los animales. Hutjens (2001).

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 esta 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 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 resulta en heces rojizas a cafés (Hutjens, 2001).

Con base en la propuesta de Hutjens (2001) se estableció la relación existente entre el grado de consistencia en las heces y la cantidad de suplemento concentrado consumido por vacas lactantes en el hato lechero de la Universidad Nacional como se aprecia en la figura 26.

Figura 26. Relación entre el grado de consistencia en las heces y la cantidad de suplemento concentrado consumido por vacas lactantes. (Estudiantes del Curso de Profundización en Evaluación de alimentos y Sistemas de Alimentación, semestre 01-2003).



7.4. 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 lo 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.

Los requerimientos nutricionales se pueden analizar bajo dos enfoques diferentes: el enfoque teórico-biológico y el enfoque empírico (Correa, 2001). En principio y por su naturaleza, el enfoque empírico no tiene un respaldo en lo biológico y viceversa, el enfoque teórico-biológico no puede tener soluciones en lo empírico por que perdería su naturaleza (Riggs, 1963; citado por Baldwin, 1992). Es decir, son enfoques excluyentes. Es al enfoque empírico al que tradicionalmente se ha apelado al momento de intentar resolver el problema de los requerimientos

nutricionales. Al contrario, las propuestas de orden teórico han tenido muy pocos adeptos y esto se debe al alto nivel de complejidad que recorren los tortuosos caminos de esta propuesta. Sin embargo, es claro que la propuesta empírica, debido a los grandes vacíos que la rodean, puede resultar en ocasiones demasiado simple para dar respuesta a un fenómeno tan complejo como lo es el de los requerimientos nutricionales. Cuando bajo este enfoque no existe información empírica suficiente, se recurre a supuestos que permitan llenar estos vacíos (Correa, 2000).

Riggs (1963: citado por Baldwin, 1992) definió los modelos empíricos como aquellos que se han desarrollado a partir de datos experimentales que describen la relación entre dos o más variables. Enfatiza en que tales modelos no implican la explicación de las razones que subyacen en dichas relaciones y que, de esta manera, no pueden ser aplicados satisfactoriamente más allá del rango de observaciones para las variables independientes sobre las que se elaboraron los modelos. Bajo el enfoque empírico los requerimientos nutricionales se calculan por el método factorial asumiendo que existe independencia entre los requerimientos de mantenimiento, crecimiento, gestación y lactancia, de tal manera que los requerimientos de un animal se asumen como la suma de los requerimientos parciales para cada una de estas funciones (McBride *et al.*, 1998).

Las recomendaciones que periódicamente son publicadas por el Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos de Norteamérica, han sido el referente para estimar los requerimientos nutricionales de las especies zootécnicas en nuestro medio. En el caso particular del ganado lechero, recientemente se publicó la séptima versión de los Requerimientos Nutricionales de Ganado de Leche (National Research Council, 2001) que presenta importantes modificaciones con relación a la propuesta anterior (National Research Council, 1989). El método básico, sin embargo, se conserva, esto es, calcular los requerimientos por el método factorial.

Si para la versión de 1978 (National Research Council, 1978) los requerimientos se podían calcular con base en tablas, en la versión de 1989 (National Research Council, 1989) se introduce por primer vez la posibilidad de hacer la estimación con base en un programa para computadores personales sin que se dejase de la lado el empleo de las tablas. Para la última versión (National Research Council, 2001) la estimación de requerimientos también es posible mediante el uso de un programa para proteína cruda mucho más sofisticado y mejor fundamentado que cualquier otro modelo publicado hasta el momento. Esto es debido a la gran cantidad de ecuaciones implicadas y a la interacción entre ellas que hacen de este un modelo bastante dinámico. En esta versión también es posible el cálculo de los requerimientos nutricionales con base en las tablas adjuntas, pero estos son más imprecisos que los que se pueden hacer a partir del programa.

El modelo Nacional Research Council 2001 esta dividido en dos grandes componentes: uno para la predicción de requerimientos y otro para el cálculo del suministro de nutrientes.

El componente de requerimientos para vacas adultas esta dividido, a su vez, en cuatro secciones principales e independientes: mantenimiento, crecimiento, lactancia y preñez. Las ecuaciones utilizadas para la estimación de los requerimientos de Energía Neta de Lactancia (ENI), Proteína Metabolizable (PM), Proteína Cruda (PC), Proteína Degradable en Rumen (PDR), Proteína No degradable en Rumen (PNDR), Calcio (Ca) y Fósforo (P) han sido recogidas por el autor en una hoja de cálculo (LECHERIA 6) que permite realizar la estimación de los requerimientos nutricionales para ganado lechero adulto, así como el aporte de nutrientes y energía por parte de los alimentos y calcular el balance nutricional de los animales. Adicionalmente, este programa permite el cálculo del suplemento alimenticio más apropiado para minimizar los desbalances y su formulación a mínimo costo (Correa, 2002).

7. 5. Estimación del grado de condición corporal.

Un cuidadoso manejo de la energía en ganado lechero es crucial para un comportamiento productivo y reproductivo eficiente. Fallas en cuanto al manejo energético en vacas lactantes son comúnmente observadas y se constituyen en las principales causas de disminución en la producción y en el desempeño reproductivo de los hatos. La estimación del Grado de Condición Corporal se ha constituido en una herramienta para monitorear las reservas energéticas de los animales no obstante tratarse de una apreciación subjetiva (Reneau y Linn, 1989).

Al inicio de la lactancia, los animales pueden entrar en un balance energético negativo (BEN) como resultado de un rápido incremento en las demandas por nutrientes frente a un bajo consumo de los mismos que no permite compensar tales demandas (Nebel y McGilliard, 1993; Komaragiri y Erdman, 1997; Grummer, 1995). Para hacer frente a este desbalance, en el animal se maquinan mecanismos homeorréticos que desencadenan la degradación de tejidos de reserva conduciendo al animal a una pérdida de peso (Nebel y McGilliard, 1993; Komaragiri y Erdman, 1997; Bauman y Currie, 1980; Bell, 1995).

Al final de la preñez se reduce el consumo de materia seca (CMS) durante las últimas seis semanas previas al parto. Este disminuye aún más la última semana de preñez y el valor más bajo se presenta el día del parto. A partir de ese momento el CMS comienza a incrementarse lentamente hasta alcanzar el máximo unas semanas más tarde del momento en el que se alcanza el máximo nivel en la producción de leche. Este desfase entre la tasa de incremento en el nivel de producción y el nivel de consumo es lo que conduce a un desbalance energético que se expresa como una pérdida de condición corporal (Correa, 2001).

Parece haber un consenso en que mientras mayor sea la condición corporal al momento del parto, mayor será la pérdida de condición corporal al inicio de la lactancia (Nebel y McGilliard, 1994; Komaragiri y Erdman, 1997; Rukkwamsuk *et*

al., 1999). Esto es, mientras mayor sea la cantidad de grasa que el animal tenga acumulada al momento del parto, mayor va a ser la cantidad de grasa movilizada (Correa, 2001).

Varias son las propuestas que se han desarrollado para la estimación del GCC en ganado lechero. Sin embargo, la propuesta planteada por Edmonson *et al* (1989) es la que más acogida ha tenido hasta el punto de haber sido incluida en la última versión de *The nutrient requirements of dairy cattle* (National Research Council, 2001). Esta propuesta se basa en la asignación de un puntaje a partir de la observación del estado de carnes de los animales en el área de la cadera, la base de la cola y vértebras lumbares. El puntaje se asigna dentro de una escala que va desde 1 (subcondición severa) hasta 5 (sobrecondición severa) aceptándose que existe una variación normal a lo largo de la lactancia en función del estado metabólico de los animales (Wattiux, 1997) (tabla 13).

Tabla 13. Variación en el grado de condición corporal en función del estado metabólico. Tomado de Wattiux (1997).

Parto	3.0 a 3.5
Servicio	2.5
Última parte de la lactancia	3.0 a 3.5
Período de seca	3.0 a 3.5

La pérdida de GCC posparto está altamente relacionada con la actividad reproductiva. Así, Wattiux (1997) reporta la pérdida de un GCC luego del parto puede significar una tasa de concepción de 50% en tanto que la pérdida de más de dos unidades puede significar una caída en la tasa de concepción a valores cercanos al 20%.

7.6. Metabolitos sanguíneos.

La concentración de metabolitos sanguíneos representa un índice integrado de la adecuación del suministro de nutrientes con relación a su utilización, el cual es

independiente del estado fisiológico del animal. Estos suministran una idea del estado nutricional y metabólico en un momento determinado (Cronjé y Pambu-Gollah, 1996; citados por Pambu-Gollah *et al*, 2000). Payne (1978; citado por Pambu-Gollah *et al*, 2000) ha reportado que el perfil metabólico se ha utilizado exitosamente para evaluar el contenido nutricional de las dietas en vacas de alta producción durante la lactancia. Pambu-Gollah *et al* (2000) indican que la aplicación de estas técnicas en la evaluación del estado nutricional de animales puede tener un impacto substancial sobre el desarrollo de estrategias de manejo.

Se considera que el perfil metabólico se refiere a la determinación de los metabolitos sanguíneos relacionados con el estado de funcionalidad de las vías metabólicas (biotransformación) (Ceballos y Andaur, 1996). Tal funcionamiento está determinado por la partición de nutrientes de acuerdo al estado metabólico del animal (Bauman y Currie, 1980) dictado este por la relación entre hormonas así como por el suministro de nutrientes en un momento determinado dado este tanto por su consumo como por la movilización desde diversos tejidos (Bauman y Currie, 1980). Por lo anterior, se puede esperar que exista una alta relación entre el estado nutricional de los animales y su perfil metabólico. Esto fue establecido por Correa y Marín (2002) en un trabajo realizado en el hato lechero de la Universidad de Antioquia en el municipio de San Pedro de los Milagros (Ant.) (tabla 14).

7.6.1. Glucosa.

La glucosa constituye la principal fuente de energía para el desarrollo de los procesos vitales en la célula, siendo requerida en forma constante por todas las células del organismo y tolerando sólo pequeñas variaciones sin producir efectos adversos para la salud del individuo (Kaneko *et al*, 1997). En los rumiantes la principal fuente de glucosa es el ácido propiónico, sintetizando el resto a partir de otras vías metabólicas como aminoácidos, lactato y glicerol (Madsen, 1983).

Tabla 14. Ecuaciones de regresión que relacionan los indicadores metabólicos con la producción, los días en lactancia y los balances energéticos y proteicos. Tomado de Correa y Marin (2002).

Variable independiente	Variable dependiente	Intercepto	Pendiente	r ²	P
PDCC	COLEST.	253,37	-3,8	0,18	0,0053
DEL	COLEST.	113,19	1,07	0,58	0,0001
DEL	GLICEM.	59,06	0,13	0,01	0,0518
ENL	COLEST.	174	1,72	0,46	0,0001
PC	COLEST.	141,82	1,22	0,47	0,0001
PDR	COLEST.	135,23	1,30	0,48	0,0001
PNDR	COLEST.	133,1	0,10	0,45	0,0001

PDCC: producción de leche kg/vaca/día

DEL: días en lactancia

ENL: balance para la energía neta de lactancia (% de los requerimientos)

PC: balance para la proteína cruda (% de los requerimientos)

PDR: balance para la proteína degradable en rumen (% de los requerimientos)

PNDR: balance para la proteína no degradable en rumen (% de los requerimientos)

COLEST: colesterol

GLICEM: glucosa

La glicemia es regulada por un complejo y eficiente sistema endocrino; hormonas como la insulina que estimula la captación de glucosa por los tejidos; el glucagón y las catecolaminas que estimulan la degradación del glicógeno, y los corticoesteroides que son promotores de la gluconeogénesis, son los responsables de mantener la homeostasis de la glicemia (Duncan *et al*, 1994).

Este control hormonal hace que la determinación de glucosa ofrezca poca utilidad para su uso como un indicador del metabolismo energético; en razón a lo anterior, un déficit energético no siempre conllevará a una hipoglicemia (Payne y Payne, 1987, citados por Ceballos, 1996; Bell, 1995). No obstante, bajo condiciones de campo es posible encontrar vacas hipoglicémicas, ya que, bajo ciertas condiciones, la vaca no está capacitada para soportar y enfrentar el déficit energético en el inicio de la lactancia (Payne y Payne, 1987, citados por Ceballos, 1996).

La disminución en la concentración de glucosa se ha asociado con algunos signos relacionados con infertilidad (Correa, 2001). Se han encontrado casos de anestro y retención de placenta en vacas Holstein hipoglicémicas (Payne *et al*, 1970; Chassagne y Barnouin, 1992).

7.6.2. 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 son los corticoesteroides, hormonas sexuales, ácidos biliares y vitamina D (Murray *et al*, 1992).

Diversos reportes han señalado que hay una correlación clara entre el aumento de AGNE y la disminución en la concentración plasmática de colesterol (hipocolesterolemia) en vacas con una alta incidencia de enfermedades metabólicas al inicio de la lactancia (Van Saun y Wustenberg, 1997). La disminución en la concentración de colesterol puede provocar graves alteraciones en el comportamiento reproductivo del hato, en un efecto mediado por la escasa producción de las hormonas necesarias para el funcionamiento adecuado del ciclo (Ceballos, 1996).

La fase luteal del ciclo estral se caracteriza por una reducción sanguínea del colesterol, el tejido luteal capta y utiliza el colesterol para producir progesterona (Talavera *et al*, 1985). La producción de progesterona es por lo tanto regulada por la presencia y disponibilidad de colesterol, el que estando disminuido podría afectar la producción de progesterona con los consecuentes efectos sobre la fertilidad (Overton, 1999).

7.6.3. Ácidos grasos no esterificados.

Los ácidos grasos no esterificados (AGNE) reflejan el catabolismo que ocurre en el tejido graso frente a los casos en los cuales hay una deficiencia de energía, inducida no solo por el bajo CMS que puede llegar hasta un 40% en el día 2 preparto (Vásquez-Añon *et al*, 1994) sino también por la liberación de hormonas estimulantes de la gluconeogénesis y la lipólisis (Bertics *et al*, 1992).

Al final de la preñez se reduce el consumo de MS durante las últimas seis semanas previas al parto. El consumo disminuye aún más la última semana de preñez y el consumo más bajo se presenta el día del parto. A partir de ese momento el consumo comienza a incrementarse lentamente hasta alcanzar el máximo unas semanas más tarde del momento en el que se alcanza el máximo nivel en la producción de leche. Este desfase entre la tasa de incremento en el nivel de producción y el nivel de consumo es lo que conduce a un desbalance energético que se expresa como una pérdida de condición corporal (Correa, 2001).

Hay varios factores involucrados que pueden ayudar a explicar la reducción en el consumo de alimento al final de la gestación y el lento incremento luego del parto. Al final de la preñez, la disminución en el consumo se debe, probablemente en parte, a una reducción en el volumen de la cavidad abdominal como consecuencia de la presencia del feto y de los depósitos de grasa (Bines, 1983). Esta reducción en el consumo conduce a una lipólisis que se ve reflejada en un incremento en la concentración de ácidos grasos no esterificados (AGNE) circulantes (Emery *et al.*, 1992). De alguna manera también estarían comprometidos los cambios hormonales que se efectúan al final de la preñez: reducción en la concentración de progesterona con un incremento concomitante de la concentración de estrógenos (Goff y Horst, 1997b). Estos cambios comienzan entre la séptima y la sexta semana antes del parto acentuándose los últimos 10 días y expresándose mucho más el día del parto, todo lo cual coincide con los cambios en el consumo de alimento.

En el caso del retraso en el consumo de MS con relación a la producción de leche al inicio de la lactancia se ha sugerido que éste puede ser debido al tiempo necesario para que la grasa presente en el abdomen en el momento del parto sea movilizada y permitir que el rumen se expanda hasta su grado máximo en esta cavidad. Además de esto, la reducción del volumen del útero durante la involución puede tener alguna importancia (Bines, 1983).

Otro factor posiblemente involucrado en este comportamiento es, irónicamente, la alta concentración de AGNE los cuales son metabolitos resultantes del bajo consumo. A medida que se incrementa la cantidad de ácidos grasos en el hígado provenientes de la lipólisis del tejido adiposo, se ha observado una reducción en el consumo de MS tanto en no-rumiantes como en rumiantes. El mecanismo propuesto es un incremento en la oxidación mitocondrial de los ácidos grasos que conduce a un incremento en el potencial de membrana celular. Esto resulta en una disminución en la frecuencia de señales de hambre en los nervios vagales aferentes hacia el hipotálamo (Emery *et al.*, 1992). Si este mecanismo es correcto, ello podría explicar la paradójica reducción en el consumo de MS al final de la gestación y al inicio de la lactancia, cuando el animal está en un BEN. En estas circunstancias el cerebro estaría sensando al organismo en un estado posparto y reduciría el consumo de alimento incluso aún cuando el animal esté movilizando reservas corporales y perdiendo peso para cubrir las demandas de la lactogénesis (Emery *et al.*, 1992).

De otro lado parece ser claro que existe una relación entre el consumo de alimento y el intervalo a la primera ovulación: vacas que presentan un mayor consumo tienen más probabilidades de ovular temprano en el posparto y vacas que no comen bien posiblemente entrarán en anestro. Además, las vacas que más comen tendrán mayor producción de leche; por lo tanto, vacas de alta producción por su alto consumo pueden ser más eficientes en términos del tiempo a la primera ovulación. De esta manera, parece claro que el consumo de alimento es lo

que marca la diferencia entre vacas de alta producción con adecuado comportamiento reproductivo y vacas de alta producción y bajo comportamiento reproductivo lo que de alguna manera pone en duda la idea esquemática tradicional de que vacas de alta producción son animales con problemas reproductivos (Correa, 2001).

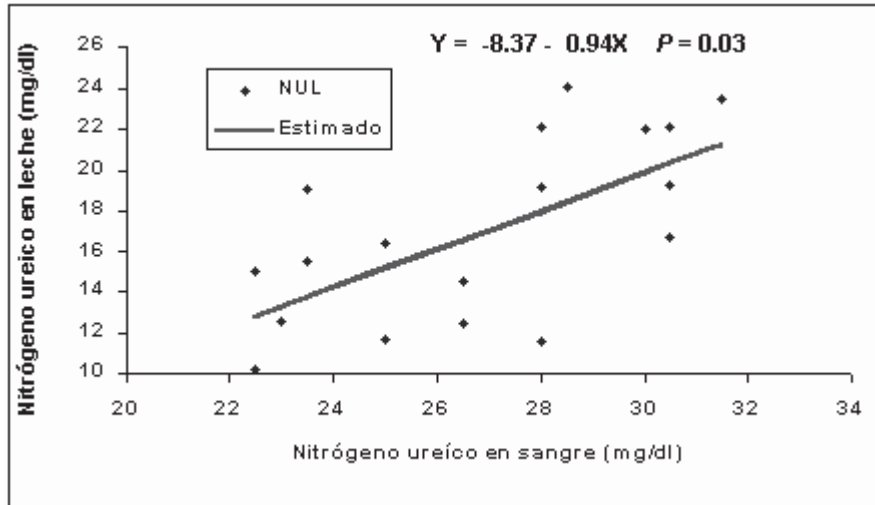
7.6.4. Urea.

Hall (1997) dice que los niveles de nitrógeno uréico en sangre (NUS) o en leche (NUL) indican cómo está siendo utilizada la proteína cruda proveniente del alimento. Altos niveles de urea (>16 mg/dl) indican una sobrealimentación de proteína o una relación entre la energía de los carbohidratos y la proteína. Bajos niveles (<12 mg/dl) indican una subalimentación de proteína total o una inadecuada relación proteína a energía tanto a nivel ruminal como a nivel tisular.

Los efectos negativos que generan los altos contenidos de NUL o NUS sobre los parámetros reproductivos han sido ampliamente reportados (Ferguson y Chalupa, 1989; Larson *et al*, 1997; Meléndez *et al*, 2000) y revisados (Butler, 1998; O'Callaghan y Boland, 1999), llegándose a establecer una concentración límite de NUS o NUL más allá de la cual las probabilidades de que se reduzcan las tasas de concepción se incrementan. Así, para algunos autores este umbral estaría en 19 mg/dl de NUL (Butler *et al*, 1996; Elrod y Butler, 1993; Ferguson *et al*, 1993) e indistintamente se menciona este mismo valor umbral para NUS (Hammond y Chase, 1996; Butler *et al*, 1996). Las concentraciones de NUS, sin embargo, usualmente son más altas que las de NUL no obstante que se acepte que la urea sea una molécula pequeña y neutra que puede difundir rápidamente en varios tejidos (Khon *et al*, 2002). Así, los datos reportados por Broderick (1995) muestran que el NUS es al menos siete unidades más alto que el NUL a altas concentraciones de NUS, tendencia que también es mostrada en el trabajo de Broderick y Clayton (1997). Entre tanto Montoya y Pino (2002) encontraron que estas diferencias fueron muy marcadas aún a bajas concentraciones de NUS

aunque también se incrementaban con altas concentraciones de NUS hasta hallar valores 10 unidades superiores entre el NUS con relación al NUL (figura 27).

Figura 27. Relación entre la concentración del nitrógeno ureico en sangre con el nitrógeno ureico en leche. Tomado de Montoya y Pino (2002).



Estos datos muestran que aparentemente la difusión de las moléculas de urea entre los tejidos no se realiza de manera homogénea y que ésta se reduce al incrementarse su concentración en la sangre. Esto podría generar confusión al momento de emplear estos valores como punto de referencia para la toma de decisiones en cuanto al manejo nutricional y alimenticio del hato más aún si se considera que esta información fue reportada a partir de los análisis llevados a cabo en laboratorios norteamericanos de referencia con analizadores que presentaban un problema de estimación que solo fue descubierto en septiembre del 2000 (Kohn *et al*, 2002) y que luego de la corrección presentaron valores más bajos. Esto ha generado conflictos entre investigadores y la necesidad de replantear los valores de NUL y NUS que se deberán tomar como referencia para la toma de decisiones (Kohn *et al*, 2002).

8.7. Indicadores metabólicos en orina.

8.7.1. pH.

El pH en orina se ha utilizado como un indicador del nivel de alcalosis o acidosis metabólica que presente un animal en un momento determinado (Goff, 1999). Al inicio de la lactancia es tal la demanda por calcio para síntesis del calostro y la leche, que el mecanismo homeostático involucrado en la conservación de la concentración de calcio en sangre se debilita y aparecen los síntomas de la hipocalcemia (Goff *et al*, 1989). De manera muy simple se puede señalar que esta disfunción metabólica ocurre cuando la vaca no remueve suficiente calcio de los huesos o absorbe suficiente calcio proveniente de la dieta para reemplazar el calcio que se extrae en la leche. Esto ocurre debido a que una hormona clave en el metabolismo de este mineral, la paratohormona, actúa muy débilmente sobre los huesos y riñones cuando el pH sanguíneo es muy elevado (Goff y Horst, 1997a). El incremento en el pH, a su vez, se debe a que el contenido de los cationes exceden el contenido de aniones en los forrajes (Goff, 1999). Los principales cationes en los alimentos que consumen las vacas son el sodio (+1), el potasio (+1), el calcio (+2), y el magnesio (+2) mientras que los principales aniones son el ión clorhidro (-1), el sulfato (-2) y el fosfato (-3). La diferencia entre el número de aniones y cationes absorbidos desde la dieta determina el pH sanguíneo. A su vez, el pH en la sangre modifica el pH en la orina, de tal manera que determinando este último es posible estimar el pH sanguíneo (Goff, 1999). Así, se ha indicado que valores de pH urinario superiores a 7,0 son indicadores de alcalosis en tanto que un pH en la orina entre 6,5 y 5,5 es el más adecuado para mantener una alcalosis metabólica que mantenga la actividad de la paratohormona (Mustafa, s. f.).

8.7.2. Bases púricas.

La estimación de la cantidad de proteína microbial que es utilizada por los rumiantes ha sido un área de mucha importancia en la nutrición proteica de estos animales. Los nuevos sistemas de nutrición y alimentación de rumiantes

incorporan el aporte de la proteína microbiana como parte de la valoración proteica de los alimentos (National Research Council, 2001).

El limitante más grande para comprender la síntesis de proteína microbiana y su aporte a la nutrición del hospedero, ha sido la ausencia de un método simple y sencillo para estimar la producción de proteína microbiana *in vivo*. Los métodos usualmente utilizados están basados en la determinación de marcadores microbianos tales como el ADN, el ADAP y el ^{35}S (Chen y Gomes, 1992). Estos métodos, sin embargo, involucran procedimientos complicados para medir el flujo de digesta y exigen el uso de animales canulados posruminalmente (Faichney, 1975) lo que los hace inadecuados para su uso en la práctica rutinaria en campo.

Un método alternativo que supera las desventajas de los métodos anteriores es el de la estimación de derivados púricos en orina como indicadores de la proteína microbiana absorbida intestinalmente (Chen y Gomes, 1992). Es un método simple que no exige animales canulados pero si la recolección total de la orina teniendo el potencial de ser simplificado en el futuro para su uso en campo. Así por ejemplo, Jhonker *et al* (1997) publicaron un modelo para estimar, entre otras cosas, la excreción urinaria de N el cual se puede emplear para estimar la excreción total de bases púricas sin necesidad de adelantar la recolección total de orina.

El principio de este método es simple. Los ácidos nucleicos que salen del rumen son básicamente de origen microbiano. Esto es debido a que los alimentos que consumen los rumiantes generalmente poseen bajos contenidos de estos ácidos y, la mayoría de los cuales sufren una intensa degradación en el rumen como resultado de la fermentación microbiana. Así, los ácidos nucleicos que alcanzan el tracto posterior son digeridos hasta bases púricas las cuales son absorbidas, metabolizadas y excretadas en orina como sus derivados: hipoxantina, xantina, ácido úrico y alantoína. Así, la excreción urinaria de derivados púricos se puede relacionar con la absorción de bases púricas y conociendo la relación entre el

nitrógeno proveniente de la purinas y el nitrógeno total en la biomasa microbiana, se puede calcular la absorción de proteína microbiana a partir del estimado de derivados púricos excretados en la orina (Chen y Gomes, 1992).

8.8. Selección de animales. En vista de que el estado de la lactancia y el nivel de producción de leche son factores determinantes del estado nutricional de un hato lechero, es recomendable seleccionar una muestra representativa de animales que se encuentren en los tres tercios de la lactancia y con niveles de producción de leche igualmente representativos de aquellos que se encuentren en el hato. El número de animales que se seleccionen deberá ser suficiente para establecer ecuaciones estadísticamente confiables, esto es, que sean al menos 12 a 15 animales en total.

8.9. Relación entre variables. El análisis estadístico de la información se centra en la estimación de relaciones estadísticamente confiables entre las variables analizadas. Es así como se han de establecer relaciones entre el balance para EN_i, PC, PDR y PSP con los días de lactancia y la producción de leche, mediante el ajuste de ecuaciones de regresión lineal. De igual manera, se establecen relaciones entre el balance para EN_i, PC, PDR y PSP, los días de lactancia y la producción de leche con los indicadores metabólicos estimados en sangre, leche u orina, así como con la condición corporal mediante el ajuste de ecuaciones de regresión lineal (Correa y Marín, 2002).

Amaral-Phillips, D. M. s. f. Tools For Diagnosing Nutritional Problems In Dairy Herds. Kentucky University. Dairy Nutrition Publications. <http://www.uky.edu/Agriculture/AnimalSciences/dairy/extension/nut00025.pdf>

Bauman, D. E., and W. B. Currie. 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanism involving homeostasis and homeorresis. *J. Dairy Sci.* 63: 1514 – 1529.

Bell, A. W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J Anim . Sci.* 73: 2804 – 2819.

Bertics, S. J., R. R. Grummer, C. Cadornija-Valiño and E.E. Stoddard. 1992. Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. *J. Dairy Sci.* 75: 1914 – 1922.

Bines, J. A. 1983. Consumo voluntario de alimentos. En: Estrategias de alimentación para vacas lecheras de alta producción. W. H. Broster y H. Swan (compiladores). AGT Editor, S.A., México. Pg 21 – 37.

Broderick, G. A. 1995. Use of milk urea as indicator of nitrogen utilization in the lactating dairy cows. http://www.dfrc.wisc.edu/RS95_pdfs/fu5.pdf

Broderick, G. A., and M. K. Clayton. 1997. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci.* 80: 2964 - 2971.

Butler, W. R. 1998. Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology. *J. Dairy Sci.* 81: 2533 – 2539.

Butler, W. R., J. J. Calaman, and S. W. Beam. 1996. Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 74:858-865.

Ceballos, A. 1996. Perfil metabólico para el diagnóstico de las alteraciones nutrición – fertilidad en hatos lecheros. *Despertar lechero* , No 13, Octubre.

Ceballos, A. y M. Andaur. 1999. Indicadores bioquímicos sanguíneos de los desequilibrios energéticos en ganado lechero. En: *Memorias, Segundo Seminario Internacional en reproducción y metabolismo de la vaca lechera*, Universidad de Caldas, Manizales – Colombia. Septiembre 9 y 10.

Chassagne, M. and J. Barnouin. 1992. Circulating PGF-2^a and nutritional parameters at parturition in dairy cows with and without retained placenta: relation to prepartum diet. *Theriogenology*, 38: 407 – 418.

Chen, X. B. and M. J. Gomes. 1992. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - An overview of the technical details. *International Feed Resources Unit Rowett Research Institute, Occasional Publication*. 21 pg.

Correa, H. 2001. Relación producción - reproducción en vacas de alto potencial genético. Revisión. *Boletín Técnico de la Facultad Nacional de Agronomía*. 15 pg.

Correa, H. J. 2002. Monitoreo nutricional de hatos lecheros. Documento de trabajo para la Línea de Profundización en Evaluación de Recursos Alimenticios y Sistemas de Alimentación Animal. Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. El autor.

Correa, L. F. y M. Marín. 2002. Balance energético y proteico en un hato lechero y su relación con el estado metabólico de los animales. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Carrera de Zootecnia.

Cronjé, P. B. and Pambu-Gollah, R., 1996. The use of blood profiles as animal response indicators. Bulletin of the Grassland Society of Southern Africa 7 (Supplement 1), 28-35. Citados por: Pambu-Gollah, R., P. B. Cronjé and N. H. Casey. 2000. An evaluation of the use of blood metabolite concentrations as indicators of nutritional status in free-ranging indigenous goats. South African J. of Anim. Sci. 2000, 30(2).

Cuéllar, A. 2001. La vaca en transición : Cambios Fisiológicos y Metabólicos. En: Memorias curso de educación continuada: Nutrición y alimentación de la vaca en transición. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Medellín, 20 a 22 de junio.

Drackley, J. K. 1999. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier?. J. Dairy Sci. 82: 2259 – 2273.

Duncan, J. R., K. W. Prasse y E. A. Mahaffey. 1994. Veterinary laboratory medicine. 3rd ed, Iowa State University Press, Ames.

Edmonson, A. J., I. J. Lean, L. D. Weaver, T. Farver, and G. Webster. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 72:68– 78.

Elrod, C. C. and W. R. Butler. 1993. Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein. J. Anim. Sci. 71:694-701.

Emery, R. S., J. S. Liesman, and T. H. Herdt. 1992. Metabolism of long chain fatty acids by ruminant liver. *J. Nutr.* 122: 832 – 837.

Faichney G.J. 1975. The use of markers to partition digestion within the gastrointestinal tract of ruminants, in: McDonald I.W., Warner A.C.I. (Eds.) *Digestion and Metabolism in the Ruminant*, The University of New England Publ. Unit., 1975, pp. 261-276.

Ferguson, J. D., and W. Chalupa. 1989. Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72: 746 – 766.

Ferguson, J. D., D. T. Galligan, T. Blanchard, and M. Reeves. 1993. Serum urea nitrogen and conception rate: The usefulness of test information. *J. Dairy Sci.* 76:3742-3746.

Goff, J. P. 1999. Physiologic factors to consider in order to prevent periparturient disease in the dairy cow, with special emphasis on milk fever. In: *Western Dairy Management Conference*. April 8-10, Las Vegas, Nevada. 99 – 112.

Goff, J. P., M. E. Kehrl, Jr., and R. L. Horst. 1989. Periparturient hypocalcemia in cows: prevention using intramuscular parathyroid hormone. *J. Dairy Sci.* 72:1182.

Goff, J.P., and R.L. Horst. 1997a. Effect of addition of potassium or sodium, but not calcium, to prepartum rations induces milk fever in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:176.

Goff, J. P., and R. L. Horst. 1997b. Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *J. Dairy Sci.* 80: 1260 – 1268.

Grant, R. 1995. Computing the dollar value of concentrates and byproduct feeds for dairy cattle. *Nebraska Cooperative Extension NF94-204*.

Grummer, R. R. 1995. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cows. *J. Anim. Sci.* 73: 2820 – 2833.

Hall, M. B. 1997. Stinking a balance: protein feeding and performance. <http://dps.ufl.edu/dairy%20conference/balance.pdf>

Hammond, A. C. and C. C. Chase, Jr. 1996. Cattle nutritional and reproductive status through blood and milk indicators. In: *Proceedings, Tropileche Workshop*. CIAT, Cali, Colombia.

Harris, B. 1992. The Importance of Fiber in Feeding Dairy Cattle <http://edis.ifas.ufl.edu/DS064>

Hutjens, M. 2001. Evaluating Nutritional Management Changes. *Proceedings of the 5th western dairy management conference*. Las Vegas, Nevada, April 4 and 5.

Jacobsen, K. L. S. f. Ruminant digestive diseases. <http://lam.vet.uga.edu/LAM/LM000034.HTML>

Jonker, J. S., R.A. Kohn, R.A. Erdman, and S.M. Andrew. 1997. Estimation and evaluation of nutritional parameters from milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci.* 80 (Suppl. 1):162

Kaneko, J. J., J. W. Harvey y M. L. Bruss. 1997. *Clinical biochemistry of domestic animal*. 5th ed, Academic Press, Inc. San Diego,

Kohn, R. A., K. F. Kalscheur, and E. Russek – Cohen. 2002. Evaluation of models to estimate urinary nitrogen and expected milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci.* 85: 227 – 223.

Komaragiri, M. V. S., and R. A. Erdman. 1997. Factors affecting body tissue mobilization in early lactation dairy cows. 1. Effect of dietary protein on mobilization on body fat and protein. *J. Dairy sci.* 80: 929 – 937.

Koystra, E., J. Jaworsky, T. Glazer, M. Rusiecki, T. Janowski, and A. Ras. 1993. Changes in composition in nitrogen compounds of milk caused by acute experimental acidosis in the cow. *Acta Acad. Agric. Techn. Olstenensis Vet.* 11: 118. Citados por: Nocek, J. E. 1997. Bovine acidosis: implications on laminitis. *J. Dairy Sci.* 80: 1005 -1028.

Kung, L. 1999. Acidosis in Dairy Cattle. http://ag.udel.edu/departments/anfs/faculty/kung/articles/acidosis_in_dairy_cattle.htm

Larson, S. F., W. R. Butler, and W. B. Currie. 1997. Reduced fertility associated with low progesterone postbreeding and increased milk urea nitrogen in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 80: 1288 – 1295.

Looper y Stokes, 2001. Managing Milk Composition: Evaluating Herd Potential. New Mexico State University, College of Agriculture and home economics.

Mason, S. s.f. What Manure Can (and can't) Tell You. Alberta Dairy Management Article 1M.

McBride, B. W., R. Berthiaume, and H. Lapierre. 1998. Nutrient flow in the lactating cow. *Can. J. Anim. Sci.* 78 (Suppl.): 91 – 104.

Meléndez, P., A. Donovan y J. Hernández. 2000. Milk urea nitrogen and infertility in Florida Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 83: 459 – 463.

Montoya, N. F. e . I. D. Pino. 2002. Efecto de la suplementación con diferentes niveles de papa sobre algunos parámetros productivos y metabólicos en vacas

lactantes. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Carrera de Zootecnia.

Murray, R. K., D. K. Granner, P. A. Mayes y V. W. Rodwell. 1992. Bioquímica de Harper. 12^a ed., Editorial EL Manual moderno, S. A. De C. V. México, D. F.

Mustafa, A. s. f. Metabolic disorder in dairy cows. In: Dairy Cattle Production (342-450A). McGill University, McDonald Campus. <http://animsci.agrenv.mcgill.ca/courses/450/topics/8.pdf>

National Research Council. 1978. The nutrient requirement of dairy cattle. Fifth edition. National Academy Press, Washington, D. C

National Research Council. 1989. The nutrient requirement of dairy cattle. Sixth edition. National Academy Press, Washington, D. C.

National Research Council. 2001. The nutrient requirement of dairy cattle. Seventh edition. National Academy Press, Washington, D. C. 381 p.

Nebel, R. L., and M. L. McGilliard. 1993. Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. J. Dairy sci. 76: 3257 – 3268.

Nocek, J. E. 1997. Bovine acidosis: implications on laminitis. J. Dairy Sci. 80: 1005 -1028.

O`Callagan, D. and M. P. Boland. 1999. Nutritional effects on ovulation, embryo development and the establishment of pregnancy in ruminants. Anim. Sci. 68: 299 – 314.

Overton, T. M. 1999. Update and new perspectives on interactions of nutrition and reproduction in lactating dairy cows. 6 p. <http://www.ansci.cornell.edu/dm/dm/html>

Pambu-Gollah, R., P. B. Cronjé and N. H. Casey. 2000. An evaluation of the use of blood metabolite concentrations as indicators of nutritional status in free-ranging indigenous goats. South African J. of Anim. Sci. 2000, 30 (2).

Payne, J. M., 1978. The Compton metabolic profile test. In: The use of blood metabolites in animal production. Ed. Lister, D., Occasional Publication No 1, British Society of Animal Production, Milton Keynes, pp. 3-12. Citado por: Pambu-Gollah, R., P. B. Cronjé and N. H. Casey. 2000. An evaluation of the use of blood metabolite concentrations as indicators of nutritional status in free-ranging indigenous goats. South African J. of Anim. Sci. 2000, 30 (2).

Payne, J. M. y S. Payne. 1987. The metabolic profile test, Oxford University Press. Mencionado por Ceballos Marquez, Alejandro, En: perfil metabólico para el diagnóstico de las alteraciones nutrición – fertilidad en hatos lecheros, Despertar lechero , No 13, Octubre.

Payne, J. M., S. M. Dew, R. Manston, y M. Faulks. 1970. The use of metabolic profile test in dairy herds. Vet. Res. 87 : 150 – 158.

Perkins, B. L., R. D. Smith, and C. J. Sniffen. 1985. Body condition scoring: a useful tool for dairy herd management. Collection: feeding and nutrition. http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/feeding/BODY_CONDITION_SCORING.html

Reneau, J. K. and J. G. Linn. 1989. Body condition scoring to predict feeding program problems for dairy cattle. Collection: Feeding and nutrition. Origin: University of Minnesota.

Riggs, D. S. The Mathematical Approach to Physiological Problems. M.I.T. Press, Massachusetts. 1963. Citado por: Baldwin, R. L. 1993. Integration of computer

technology into research. In: NDD - Advanced Computer Applications in Animal Agriculture: Proceedings of the conference. University of Maryland and the USDA National Agricultural Library. http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/acaaa/INTEGRATION_OF_COMPUTER_TECHNOLOGY_INTO_RESEARCH.html

Madsen, A. 1983. The molecular basis of animal production: metabolism in liver cells. In: P. M. Riis. Dynamic biochemistry of animal production. Elsevier Science Publishers, The Netherlands. Chapter 4: p 53 – 74.

Rukkwamsuk, T., T Wensing, and T. A. M. Kruij. 1999. Relationship between triacylglycerol concentration in the liver and first ovulation in postpartum dairy cows. *Theriogenology*. 51: 1133 – 1142.

Shaver, R. D. And W. T. Howard. 1993. Feeding Dairy Cows For Efficient Reproductive Performance. North Central Regional Extension Publication No. 366. http://www.inform.umd.edu/EdRes/Topic/AgrEnv/ndd/reproduc/FEEDING_DAIRY_COWS_FOR_EFFICIENT_REPRODUCTIVE.html

Schroeder, J. W. 1999. By-Products and Regionally Available Alternative Feedstuffs for Dairy Cattle. North Dakota State University Extension Service.

Stalling, C. 1997. Manure Scoring as a Management Tool. C:\LECHE\Educ. Continuada\Monitoreo \MODULO 2\Fecal\Manure Scoring as a Management Tool.htm

Talavera, F., C. S. Park and G. L. Williams. 1985. Relationship among dietary lipid intake, serum cholesterol and ovarian function in holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 60: 1045 – 1051.

Van Saun, R. and M. Wustenberg. 1997. Metabolic profiling to evaluation nutritional and disease status. *The bovine practitioner*, 31: 37- 42.

Vasquez-Añon, M., S. Bertics, M. Luck, R. R. Grummer and J. Pinheiro. 1994. Peripartum liver triglyceride and plasma metabolites in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77: 1521 – 1528.

Wattiux, M. A. 1997. Body condition scores. *Babcock Dairy Essentials*. Topic summaries from: Reproduction and Genetic Selection. Topic No. 5.

LA SECCIÓN DE NUTRICIÓN ANIMAL DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA EN SU SEDE DE MEDELLÍN HA VENIDO DESARROLLANDO DESDE PRINCIPIOS DE LA DÉCADA DE 1990 LA LÍNEA DE PROFUNDIZACIÓN EN EVALUACIÓN DE RECURSOS ALIMENTICIOS Y SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ANIMAL, LÍNEA QUE SE APOYA EN LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN CON EL MISMO NOMBRE AL INTERIOR DE LAS CUALES SE REALIZAN TRABAJOS DE GRADO CON ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE ZOOTECNIA.

ESTA SECCIÓN HA CONSIDERADO NECESARIO PONER A CONSIDERACIÓN DEL PÚBLICO INTERESADO EN LOS DIVERSOS TEMAS RELACIONADOS CON LA NUTRICIÓN Y LA ALIMENTACIÓN ANIMAL ARTÍCULOS TÉCNICOS QUE SIRVAN DE APOYO Y GUÍA PARA EL MANEJO RACIONAL DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL QUE EXISTEN EN EL PAÍS.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL
SECCION DE NUTRICION ANIMAL

Tel 430 90 24 Fax: 430 9025 Cll 64 x Cra 65 Autopista Norte AA 1027

Medellín - Colombia