

# NUTRICIÓN ENERGÉTICA DEL GANADO LECHERO

*Jorge Ml. Sánchez*<sup>1</sup>

## ABSTRACT

**Energy nutrition of dairy cattle. A review.** Energy is a subtle term and is defined as the capacity for doing a work. In dairy cattle nutrition, feeds have that capacity and the work is the maintenance of the cow, milk production and reproduction. About 75% of dry matter consumed by the cow is used by the organism to generate and meet its energy requirements. Tropical grasses are characterized by having low or medium energy levels, so energy supplementation of animals grazing tropical grasses requires special attention in order to get good production levels. Energy contents of grasses are difficult to estimate and it is not possible to do it through regular laboratory analytical methods. However, lineal equations based on the ADF content of forages are frequently used to achieve this goal, as well as mechanistic models using different chemical fractions of forages. Cows experience a negative energy balance during the first trimester of lactation, which is compensated by energy body reserves mobilization. A cow can produce 8 to 10 kg of milk from the energy supplied by a kg of adipose tissue, or an average of 636 kg per each unit of body condition score. Milk production from each unit of body condition score follows an exponential trend, hence the importance of a proper body condition at calving. Adipose tissue mobilization as well as low feed intake during early lactation make fresh cows more tolerant to heat stress. To have a

---

1 M.Sc., Catedrático, Escuela de Zootecnia y Centro de Investigaciones en Nutrición Animal (CINA), Universidad de Costa Rica.

good production cycle, cows should begin their lactation with a body condition score of 3.5, then this will drop to 2.5 by the time of first insemination. As lactation proceeds, cows should begin to replenish their energy and fat reserves to the point where they have a body score of 3 and remain at this score or near throughout the majority of lactation. In late lactation animals should gain weight to be dried off at 3.5. If a cow calves in a poor body condition (<3), or her energy nutrition is suboptimal during early lactation, she will suffer a severe negative energy balance, which will limit her to produce as much milk as the dietary energy will allow. Moreover, she will be more susceptible to metabolic diseases such as ketosis and delays in returning to ovarian activity. Likewise, when animals are overconditioned during late lactation and calve with a body condition score of 4 or higher, they are predisposed to suffer metabolic imbalances such as ketosis or displaced abomasum and severe reproductive problems during the peripartum.

## INTRODUCCIÓN

La energía se define como la capacidad para realizar un trabajo. En la nutrición del ganado lechero, los alimentos son quienes tienen esa capacidad y el trabajo consiste en el mantenimiento de la vaca, la producción de leche y la reproducción (Maynard, et al., 1989; Weiss, 1997).

Entre el 70 y 85% de la Materia Seca (MS) que consume un animal es utilizada para generar energía. Los procesos digestivos y metabólicos a los que son sometidos los carbohidratos, las proteínas y los lípidos contenidos en los alimentos liberan la energía y la hacen disponible al animal. Tyrrell (1985; citado por Coppock, 1985) estima que la energía consumida por una vaca lechera de 600 kg de peso vivo, que produce 40 kg de leche con 4% de grasa y que tiene una actividad mínima, se distribuye de la siguiente manera en los procesos digestivos y metabólicos: Energía Fecal 35,3%; Energía para la producción de calor 31,1; Energía

para la producción de leche 25,5; Energía contenida en los productos gaseosos de la digestión 5,3 y Energía urinaria 2,8. La energía para la producción de calor es la segunda en importancia y ésta contribuye a incrementar la carga de calor del organismo, lo cual es importante en animales bajo estrés calórico. El total de esta forma de energía o Incremento Calórico (IC) como también se le llama, a su vez se desglosa de la siguiente manera: calor generado por la síntesis de productos (52,9%), calor asociado a las funciones de mantenimiento (23,5%), calor generado durante los procesos de la digestión (12,2%), calor proveniente de los procesos de fermentación (8,3%) y calor asociado a la síntesis de productos de desecho y su eliminación (3,0%). El conocimiento de estos valores es el fundamento de las prácticas de alimentación de los animales bajo estrés calórico.

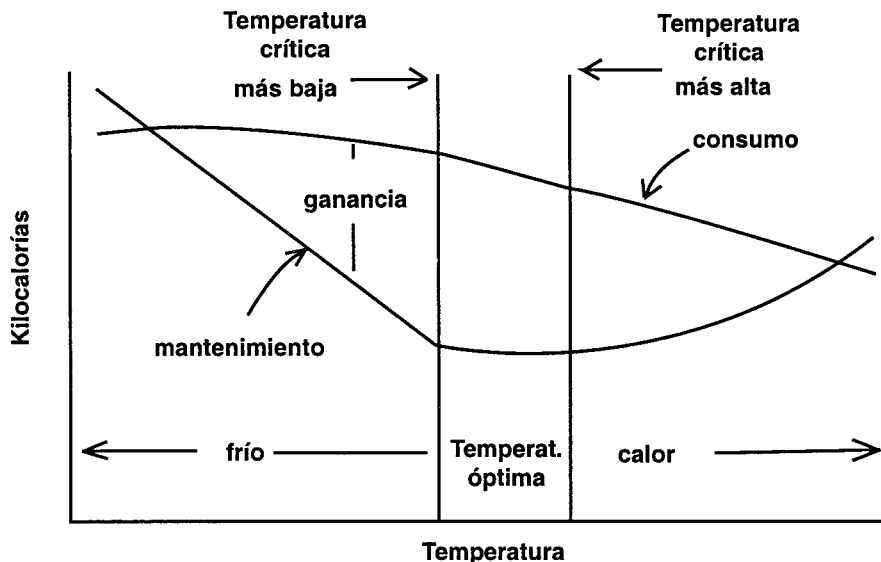
El rango óptimo de temperatura ambiental para la producción del ganado lechero oscila entre 5 y 25°C. Si las vacas se encuentran a temperaturas superiores o inferiores a este rango de temperatura óptima deben de modificar su tasa metabólica basal para mantener la temperatura normal del cuerpo. Si los animales se encuentran a temperaturas inferiores a 5°C sienten frío y deben incrementar la producción de calor corporal. Por el contrario, cuando la temperatura ambiental es superior a 25°C el animal reduce el consumo de materia seca (y por consiguiente el de energía), incrementa los requerimientos de energía para mantenimiento y como consecuencia de ambas acciones la retención de energía se reduce (Figura 1) (Shearer y Beede, 1990). Esto a su vez afecta negativamente la producción de leche, la reproducción y la condición corporal de la vaca lechera.

En trabajos realizados por Sánchez y Soto (1993; 1997; 1998) en el cantón de San Carlos, se ha encontrado que la energía es uno de los nutrientes más limitantes para la producción de ganado lechero a base de gramíneas forrajeras tropicales, habiéndose encontrado valores de Energía Neta de Lactación en los forrajes que oscilan desde 1,3 Mcal/kg de MS en el pasto Kikuyo, hasta 1,1 en el King Grass. Estos valores son

inferiores a los informados para gramíneas forrajeras de climas templados (NRC, 1989) e indica que la nutrición energética de los hatos de ganado lechero en zonas tropicales requiere de una atención especial.

Figura 1.

Efecto de la temperatura sobre el consumo de MS, requerimientos de energía para mantenimiento y ganancia de energía.  
(Ames, 1988)



## ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO ENERGÉTICO DE LOS FORRAJES

El contenido de energía disponible de los alimentos, o sea su capacidad para soportar un trabajo, es difícil de cuantificar y no se puede determinar por técnicas analíticas de laboratorio. Sin embargo, existen métodos

alternativos para lograr este objetivo tales como el uso de ecuaciones de regresión que se basan en la composición química de los alimentos (Minson, 1982; Weiss, 1997).

Para estimar el contenido de energía de los forrajes frecuentemente se utilizan las ecuaciones que se basan en el contenido de Fibra Detergente Ácida (FDA) o los modelos mecanísticos (Conrad et al., 1984; Donker y Naik, 1979; Weiss, 1997; Weiss et al., 1992).

## ECUACIONES BASADAS EN EL CONTENIDO DE FDA

Este ha sido el método más común y consiste en ecuaciones lineales que se basan en el contenido de FDA de los forrajes. Se utiliza esta variable debido a que la misma se correlaciona negativamente con la digestibilidad y por consiguiente con el contenido de energía disponible. Este método es muy práctico, sin embargo tiene dos grandes limitaciones: es específico para una población y además su sensibilidad es pobre. Al ser esta metodología específica para una población, una ecuación puede ser utilizada únicamente para estimar el contenido de energía de muestras similares a las utilizadas para derivar la misma. Así, se requiere de la derivación de ecuaciones según la especie de forraje, la zona geográfica de procedencia y la época del año; entre otras variables. La sensibilidad pobre de este método se debe a que la ecuación considera a la FDA como el único factor que afecta el contenido de energía de los forrajes, lo cual no es cierto, ya que el contenido de energía está correlacionado negativamente con las concentraciones de FDA, Fibra Detergente Neutro (FDN), lignina y cenizas y positivamente con los contenidos de grasa, almidón y Proteína Cruda (PC). De este modo, muestras con el mismo contenido de FDA pueden tener diferentes contenidos de energía, debido a que contienen diferentes concentraciones de las otras fracciones químicas que también determinan el contenido de este nutrimento.

## ECUACIONES MECANÍSTICAS

Estos son modelos matemáticos complejos que se caracterizan por simular procesos biológicos, considerar una serie amplia de variables y no ser específicos para una población.

En la Universidad Estatal de Ohio se ha desarrollado un modelo mecánico para estimar el contenido de energía de los forrajes, subproductos, fuentes proteicas y granos. Este modelo tiene la particularidad de basarse en fracciones uniformes de los alimentos y en la digestibilidad verdadera. No es específico para una población y es sensible a cambios en la concentración de los nutrimentos que afectan el contenido de energía disponible de los alimentos tales como la PC, el extracto etéreo, los carbohidratos no fibrosos, la FDN, la lignina y las cenizas. Este modelo estima el contenido de Total de Nutrimentos Digestibles (TND) dentro de un 5% del valor verdadero de TND de las gramíneas y leguminosas forrajeras.

Este modelo fue derivado en 1984 usando una variedad muy amplia de alimentos, que incluyen forrajes tropicales y subtropicales tales como *Paspalum notatum*, *Cynodon dactylon* y *Sorghum bicolor sudanense*. En 1992 fue modificado con el fin de mejorar su capacidad para estimar el contenido de energía de los alimentos y que abarcara una población más amplia. La ecuación fue probada en 248 alimentos que incluían forrajes (entre ellos algunos tropicales), granos y subproductos. Su error es similar al que se obtiene en ensayos de digestibilidad "in vivo".

El contenido de energía de los alimentos debe estimarse de la manera más exacta posible. Si los valores estimados de energía se sobreestiman, las vacas lecheras pierden condición corporal y la eficiencia productiva y reproductiva se reduce. Por el contrario si el contenido de energía se subestima la vaca se sobreacondiciona y se pueden presentar desbalances metabólicos tales como la cetosis (Davidson, 1997; Drackley, 1997; Weiss, 1997). La mejor estimación posible del contenido de energía disponible de los alimentos contribuye a hacer balances energéticos mejores.

En investigaciones realizadas en el Centro de Investigación en Nutrición Animal-Escuela de Zootecnia se ha utilizado el Modelo de la Universidad Estatal de Ohio para estimar el contenido de energía de las principales especies forrajeras del cantón de San Carlos (Sánchez y Soto 1993; 1997; 1998; 1999). En los Cuadros 1, 2 y 3 se presentan los contenidos de Energía Digestible, Metabolizable y Neta de Lactación obtenidos, respectivamente. En la actualidad se está realizando un estudio similar con el pasto Kikuyo a nivel nacional.

**Cuadro 1.**

**Contenido de Energía Digestible Estimada (Mcal/kg de MS) de los pastos del distrito de Quesada, cantón de San Carlos**

Especie	Estación		X
	Semiseca	Lluviosa	
Estrella A	2.39	2.38	2.39
Estrella B	2.39	2.35	2.36
San Juan blanco B	2.58	2.42	2.47
San Juan morado B	2.45	2.27	2.33
Ruzi B.	2.41	2.35	2.37
Kikuyo B	2.55	2.47	2.50
X	2.46	2.39	2.41
King Grass C	2.16	2.09	2.11

*A: 21-25 d; B:26-30 d de pastoreo; C: cosechado en prefloración  
Sánchez y Soto (1998)*

**Cuadro 2.****Contenido de Energía Estimada Metabolizable (Mcal/kg de MS)  
de los pastos del distrito de Quesada, cantón de San Carlos**

Especie	Estación		X
	Semiseca	Lluviosa	
Estrella A	2,01	2,00	2,00
Estrella B	2,00	1,97	1,99
San Juan blanco B	2,22	2,07	2,12
San Juan morado B	2,09	1,90	1,96
Ruzi B	2,05	1,98	2,00
Kikuyo B	2,17	2,11	2,13
X	2,09	2,02	2,04
King Grass C	1,80	1,72	1,75

*A: 21-25 d; B:26-30 d de pastoreo; C: cosechado en prefloración  
Sánchez y Soto (1998)*

**Cuadro 3.****Contenido de Energía Neta de Lactación Estimada (Mcal/kg de MS)  
de los pastos del distrito de Quesada, cantón de San Carlos**

Especie	Estación		X
	Semiseca	Lluviosa	
Estrella A	1,23	1,23	1,23
Estrella B	1,23	1,21	1,22
San Juan blanco B	1,35	1,27	1,29
San Juan morado B	1,28	1,17	1,21
Ruzi B,	1,25	1,22	1,23
Kikuyo B	1,32	1,29	1,30
X	1,27	1,24	1,25
King Grass C	1,12	1,07	1,09

*A: 21-25 d; B:26-30 d de pastoreo; C: cosechado en prefloración  
Sánchez y Soto (1998)*



# EFECTO DEL BALANCE ENERGÉTICO SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL GANADO LECHERO

## EL BALANCE ENERGÉTICO NEGATIVO

Con el objeto de discutir el efecto del balance energético negativo sobre el comportamiento productivo y reproductivo del ganado lechero, en los Cuadros 4 y 5 se presentan balances nutricionales para vacas de las razas Holstein y Jersey, que están en las primeras semanas de lactancia y que se encuentran en ambientes con temperaturas óptimas para la producción de leche (5 a 25°C). Los animales consume pasto Kikuyo (25,6% de PC y 1,30 Mcal de ENL/kg de MS), un alimento balanceado (18,7% de PC y 1,79 Mcal de ENL/kg de MS) y minerales. Se asume que el hato pastorea en potreros de Kikuyo de buena disponibilidad de MS. Estos balances fueron hechos utilizando el programa Spartan de la Universidad Estatal de Michigan.

**Cuadro 4.**

### Balance nutricional para una vaca Holstein en producción<sup>1</sup>

Alimento	MS, kg	ENL, Mcal/kg	PC, %	FDN, %
Pasto Kikuyo	6,43	1,3	25,6	57,4
Alimento balanceado	15,83	1,79	18,7	20,1
Minerales	0,1	—	—	—
TOTAL	22,36 kg	36,75 Mcal	4,6 kg	6,9 kg
Requerimientos	20,17	43,09	4,5	6,1
Balance	+2,19	-6,34	+0,1	+0,8

*1* *Peso corporal 550 kg; 3era lactancia; producción 45 kg/día con 3.2% de grasa; días en lactación 35; condición corporal 2.5.*

**Cuadro 5.****Balance nutricional para una vaca Jersey en producción<sup>1</sup>**

<b>Alimento</b>	<b>MS, kg</b>	<b>ENL, Mcal/kg</b>	<b>PC, %</b>	<b>FDN, %</b>
Pasto Kikuyo	5,03	1,3	25,6	57,4
Alimento balanceado	11,27	1,79	18,7	20,1
Minerales	0,1	—	—	—
<b>TOTAL</b>	<b>16,40 kg</b>	<b>26,73 Mcal</b>	<b>3,4 kg</b>	<b>5,1 kg</b>
Requerimientos	16,0	34,81	3,7	4,8
<b>Balance</b>	<b>+0,4</b>	<b>-8,08</b>	<b>-0,3</b>	<b>+0,3</b>

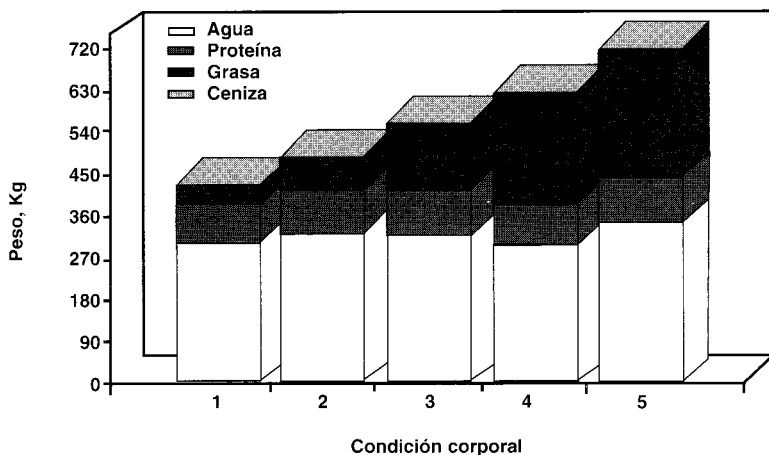
1 *Peso corporal 400 kg; 3era lactancia; producción 32 kg/día con 4,5% de grasa; días en lactación 35; condición corporal 2.5.*

**EFFECTO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE LECHE**

El balance energético en las vacas de la raza Holstein fue de -6.34 Mcal de ENL por día. Este déficit de energía en la dieta equivale a la energía necesaria para la producción de 9,2 kg de leche. Debido a que este animal se encuentra en el inicio de la lactancia, ese desbalance energético negativo es compensado por la movilización de las reservas energéticas corporales que normalmente se da durante el primer trimestre de la lactación (Coppock, 1985), siendo esta movilización del tejido adiposo el origen de la evolución que sufre la condición corporal de la vaca durante la lactancia (Figura 2). Staples et al. (1992) han encontrado que un balance energético de -10 Mcal de ENL/día hace que el animal pierda alrededor de 17 kg de peso vivo por semana, por lo que los animales del caso en discusión estarían perdiendo alrededor de 1,5 kg por día. Según Moe et al. (1971) un kilogramo de grasa corporal que se moviliza puede suplir la energía necesaria para la síntesis de 8 a 10 kg de leche.

Esta movilización de reservas energéticas además de hacer posible una mayor producción pico; en momentos en que no se ha obtenido el pico de consumo de MS, puede inducir a desbalances metabólicos como la cetosis y atrasar el retorno de los ciclos estrales.

**Figura 2.**  
**Composición del cuerpo según su condición**



El balance energético para las vacas Jersey fue de -8,08 Mcal de ENL/día, el cual es mayor al obtenido para los animales Holstein. Esta cantidad de energía equivale a la requerida para producir 10,4 kg de leche con 4,5% de grasa. Los consumos de MS, PC y FDN en estos balances satisfacen las necesidades de los animales de ambas razas.

La evaluación de la condición corporal se ha hecho muy popular en los últimos años en el manejo de los hatos de ganado lechero, para estimar el balance energético de los animales. Numerosas investigaciones científicas y observaciones a nivel de finca indican que la condición corporal se asocia estrechamente con la productividad, la reproducción, la salud y la longevidad de los animales.

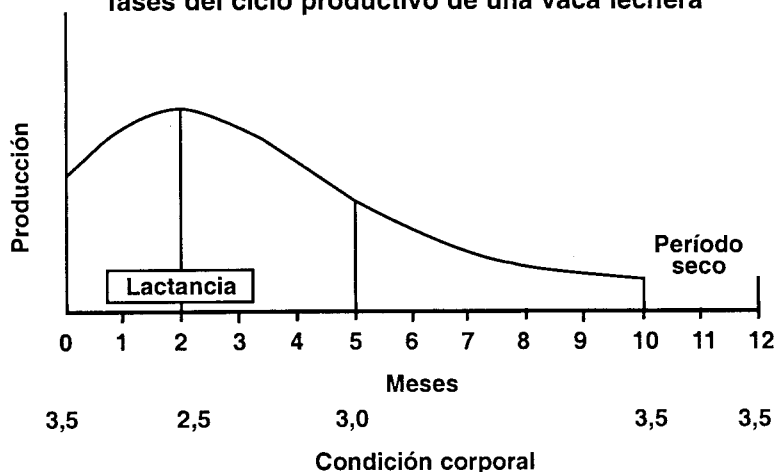
La grasa es el principal componente del cuerpo que contribuye a los aumentos de peso que se dan al incrementarse la condición corporal. Ese aumento de grasa sigue una tendencia exponencial, lo que indica que el potencial para la producción de leche a partir de la energía que generan las reservas de grasa es mayor cuando un animal pasa de una condición corporal de 4 a 3 que de 2 a 1. El potencial para la producción de leche a partir de las reservas de grasa en promedio es de unos 636 kg por punto de condición corporal. Abajo de una condición de 2 este potencial es de 272 kg, mientras que cuando la condición corporal pasa de 4 a 3 el potencial es de 1090 kg (Chandler, 1997).

Idealmente una vaca debe empezar la lactancia con una condición corporal de 3,5, luego ésta cae durante los dos meses siguientes; sin embargo, esta caída debe ser menor a 1 punto por mes. Al momento de la primera inseminación, después de los 45 días del parto, la vaca debe estar alcanzando un equilibrio energético, lo cual equivale a dejar de perder peso o bien empezar a ganarlo. En los meses siguientes las vacas lactantes deben ganar peso hasta una condición de 3 (-3 a +3) y pasar la mayor parte de la lactancia en esa condición. Al final de la misma, la vaca debe ganar peso para llegar a una condición de -3,5, que es la condición a la que debe parir (Figura 3). Valores de condición corporal mayores al parto son contraproducentes para la producción de leche (Barton , 1996; Heinrichs, 1998).

El manejo de la condición corporal antes del parto es importante ya que una vaca alta productora puede satisfacer sus necesidades de energía movilizand o sus reservas de grasa y perdiendo alrededor de 1 punto de condición corporal al inicio de la lactancia. Sin embargo, estas vacas deben de pasar durante el segundo mes de producción a raciones densas en energía para obtener un equilibrio energético positivo y estar en condiciones para ser inseminadas y luego permanecer en una condición corporal de 3 a 3,5 durante el resto de la lactancia (Heinrichs, 1997).

Figura 3.

Condición corporal recomendada para las diferentes fases del ciclo productivo de una vaca lechera



Domecq et al. (1997) al evaluar hatos con niveles altos de producción de leche (10500 kg por lactancia) han encontrado que la ganancia de 1 punto de condición corporal entre el secado y el parto, en animales que se secan con una condición de 2,77, se asocia con un incremento de 545 kg de leche a los 120 días de lactancia. Por el contrario, por cada punto de condición corporal al secado sobre el promedio de 2,77, el animal produce 300 kg de leche menos a los 120 días, lo cual sustenta las recomendaciones de Barton (1996) y Heinrichs (1998).

Si una vaca con alto potencial para la producción, inicia la lactancia con una condición pobre (inferior a 3), ésta puede llegar a agotar sus reservas corporales de energía durante las primeras semanas de producción. En este caso la producción va a caer a niveles en que se produce tanta leche como se lo permita la cantidad de energía que el animal recibe en

el alimento que consume. En relación con la persistencia de la lactancia de estos animales, ésta cae hasta que el animal vuelva a un balance energético positivo (Heinrichs, 1997).

## EFFECTO SOBRE EL COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO

Para optimizar el comportamiento reproductivo del hato de ganado lechero, se requiere que el retorno a la actividad ovárica ocurra temprano durante el período posparto. Diferentes autores (Butler et al., 1981) han encontrado que este proceso está íntimamente ligado al estado de nutrición energética del animal.

La actividad ovárica y la posterior ovulación están bajo el control de las ganadotropinas FSH (Hormona Estimulante del Folículo) y LH (Hormona Luteinizante). El balance energético negativo deprime la liberación del Factor Liberador de las Hormonas Ganadotropinas en el hipotálamo, y por consiguiente la posterior liberación de la LH en la hipófisis. Esta situación afecta el patrón normal de pulsaciones de LH requeridas para la maduración del folículo, la ovulación y la posterior función lútea del ovario, deprimiéndose la actividad reproductiva de la vaca (Barton, 1996; Chandler, 1997).

En estudios realizados por Butler et al. (1998) se concluyó que el estado energético de las vacas Holstein durante los primeros 20 días de lactación, es importante para determinar el momento en que se regresa a la actividad ovárica posparto. En promedio la ovulación ocurre dentro de los 10 días siguientes al momento en que se da el balance energético más bajo, cuando las vacas aún pueden experimentar algún grado de balance energético negativo. Asimismo, Barton (1996) estima que el tiempo requerido para que una vaca ovule por primera vez después del parto, se atrasa un promedio de 2,75 días por cada Mcal de ENL de balance energético negativo que se produzca durante los 20 primeros días

de lactación. Para minimizar el balance energético negativo propio del posparto, es requerido optimizar el consumo de materia seca lo más pronto posible, tener a la vaca en una condición corporal apropiada y minimizar los problemas de salud.

Barton (1996) indica que en la mayoría de los hatos de ganado lechero debe de haber menos de 15% de vacas en anestro después de los 50 a 60 días posparto. Si un porcentaje mayor de vacas presenta anestro, el programa de alimentación debe de ser reconsiderado.

Villa-Godoy et al. (1988) han encontrado que las vacas con un balance energético menor a -3,1 Mcal por día no muestran o bien muestran pequeños incrementos en la concentración de progesterona en la leche, lo cual contrasta con los animales que tienen un balance energético más favorable (mayor a -3) que si tienen una mayor actividad ovárica.

El grado de pérdida de condición corporal después del parto tiene más influencia sobre el comportamiento reproductivo de la vaca, que la condición corporal mostrada al parto. Según Oldick y Firkins (1997) diferentes investigadores han encontrado que la condición al parto no afecta el número de días al primer celo observado, la tasa de concepción, el número de días a la primera inseminación artificial, el número de servicios por concepción o el número de días del período abierto. Por el contrario, la pérdida de peso acelerada después del parto coincidió con una actividad ovárica menor y un incremento en el número de días a la concepción.

Domecq et al. (1997) han observado que las vacas que pierden un punto de condición durante el primer mes de lactancia, tienen una probabilidad 1,5 veces menor de concebir que las que tienen una evolución normal de la pérdida de peso corporal. Asimismo, Ferguson y Otto (1989, citados por Chandler, 1997) informan que las vacas que pierden un punto de condición entre el parto y la primera inseminación artificial, tienen una probabilidad de concebir dos veces menor.

## DESBALANCES METABÓLICOS

El balance energético negativo que caracteriza la fisiología de la vaca en sus primeras semanas de lactación, puede predisponer al animal a sufrir desbalances metabólicos como la cetosis o acetonemia. Este desbalance promueve la movilización de los ácidos grasos de cadena larga del tejido adiposo y deprime los niveles de glucosa en el organismo. Los ácidos grasos circulan en la sangre como ácidos grasos no esterificados y son captados por el hígado en un porcentaje constante, de tal modo que entre mayor sea la concentración de estos, mayor será la susceptibilidad de la vaca a sufrir el complejo cetosis-hígado graso. Los niveles bajos de carbohidratos propios del inicio de la lactancia hacen que la oxidación de los ácidos grasos no esterificados que fueron captados por el hígado sea incompleta, dándose un incremento en la producción de cuerpos cetónicos que conduce al animal a sufrir cetosis (Davidson et al., 1997; Drackey, 1997).

## EFFECTO DEL ESTRÉS CALÓRICO SOBRE LA NUTRICIÓN ENERGÉTICA Y LA PRODUCCIÓN DE LA VACA LECHERA

El estrés calórico afecta la producción animal incrementando la temperatura corporal y reduciendo el consumo de alimentos, de energía y la producción de leche. Estos efectos se acentúan aún más cuando se incrementa la humedad relativa. El efecto de las temperaturas cálidas es mayor en las vacas altas productoras que en las de niveles bajos de producción, ya que las primeras están sometidas a una mayor carga de calor por consumir más alimento, el cual a su vez genera una cantidad mayor de calor metabólico. Para disipar el exceso de calor y mantener su temperatura corporal, estos animales deben modificar su fisiología, incrementando sus requerimientos de energía de mantenimiento. Estos mismos principios se aplican a las vacas tratadas con la hormona del



crecimiento. Si un productor desea que su hato mantenga niveles altos de producción de leche durante las épocas de temperaturas altas, además de cambiar las prácticas de alimentación, debe de modificar el ambiente para darles bienestar a los animales (Armstrong, 1994; West, 1996).

El efecto que tienen las temperaturas altas sobre la producción de leche es principalmente por la reducción en el consumo de materia seca. El análisis de las Tablas de Requerimientos Nutricionales del ganado lechero (NRC 1981; 1989) indica que el consumo de materia seca de una vaca de 600 kg de peso vivo que produce 27 kg de leche por día, disminuye de 18,2 kg a una temperatura óptima (20°C) a 16,7 kg a 35°C, temperatura a la cual produce solamente 18 kg. Asimismo, con este cambio de temperatura los requerimientos de energía para mantenimiento se incrementan en un 20%. En promedio, la reducción en la producción de leche puede ser explicada en un 40% por la reducción en el consumo de materia seca, 30% por el incremento de energía de mantenimiento y el 30% restante por una serie de factores entre los cuales están un flujo de sangre menor a la vena porta, una reducción en la captación de nutrientes en el tracto gastrointestinal y una menor irrigación de la glándula mamaria. Bajo las condiciones descritas, los requerimientos de agua se incrementan de 68 litros por animal por día a 20°C, a 120 litros a 35°C (Shearer y Beede, 1990; West, 1996).

Dependiendo de la temperatura ambiental y la humedad relativa, Beede y Shearer (1991) y Shearer y Beede (1990) informan incrementos en los requerimientos de energía para mantenimiento que oscilan entre 7 y 25%. Según estos autores el consumo de materia seca se reduce a 90, 75 y 67% del consumo que se da a temperaturas óptimas, cuando la temperatura ambiental se incrementó a 30, 32 y 40°C, respectivamente. A partir de los 25°C el consumo de materia seca empieza a verse comprometido.

En relación al efecto del estrés calórico sobre la composición de la leche, este tiende a reducir el porcentaje de grasa láctea, lo cual está asociado al consumo menor de fibra que se da durante los períodos de

temperaturas altas. El conteo de células somáticas se incrementa durante las épocas cálidas, habiéndose encontrado en el estado de Arizona valores de 10 a 15% mayores durante los meses del verano que en los del invierno. El contenido de proteína láctea no parece ser afectado por cambios en la temperatura ambiental (Verbeck et al., 1996).

Los objetivos de las prácticas de alimentación que se utilizan en los hatos de ganado lechero ubicados en ambientes cálidos son compensar la reducción que normalmente se da en el consumo de materia seca, y mantener la fisiología del animal. Las prácticas de alimentación per se tienen un efecto moderado en la reducción del estrés calórico (Shearer y Beede, 1990; West, 1996).

El incremento calórico que producen los alimentos en el organismo está dado por el calor que se genera durante los procesos de fermentación ruminal y metabolismo de los nutrimentos. Las grasas se caracterizan por producir un incremento calórico bajo debido a la eficiencia alta con que se metaboliza en el organismo, por el contrario la utilización de la fibra si genera una cantidad importante de incremento calórico. En las vacas de mediana y alta producción lechera, el incremento térmico de los alimentos representa aproximadamente dos terceras partes de la producción total de calor (West, 1996).

Diferentes investigaciones sugieren que el uso de dietas bajas en fibra durante las épocas cálidas mejoran el consumo de materia seca, la producción de leche y posiblemente reducen el estrés térmico. Sin embargo, éstas deben contener un mínimo de fibra (17 a 18% de FDA ó 25% de FDN) para prevenir una acidosis, siendo los animales sometidos a estrés térmico más susceptibles a esta condición (Beede y Shearer, 1991; Verbeck et al., 1996; West, 1996).

Durante las primeras semanas de lactancia las vacas son menos susceptibles al efecto del estrés calórico debido a que consumen cantidades menores de materia seca y movilizan cantidades mayores de tejido adiposo.

La energía metabolizable proveniente de la grasa corporal se utiliza con un 82,4% de eficiencia para la síntesis de la leche, mientras que la proveniente de otros nutrimentos de la dieta se utiliza con un 64,4%. Esto sugiere que la grasa tiene un potencial importante para la alimentación de las vacas lecheras en condiciones de estrés calórico, por producir un incremento calórico menor y ser fuentes de energía concentradas, en momentos en que el consumo de materia seca está deprimido (Coppock, 1985; West, 1996).

En diferentes investigaciones no se ha encontrado un efecto consistente de la suplementación de la grasa dietética sobre el estrés calórico en las vacas lactantes (Huber et al., 1994); sin embargo, éstas se pueden beneficiar de la mayor densidad energética de las grasas durante las épocas en que se deprime el consumo de materia seca. Una recomendación general es no utilizar más de 5 a 6% de grasa dietética degradable en el rumen. Si se desea utilizar niveles mayores de grasa (para llegar a un porcentaje de 7 a 8) estos deben de ser suministrados en forma de grasa sobrepasante. Como una guía general, un 40 a 45% de la grasa dietética debe provenir de los ingredientes basales de la dieta, un 30 a 40% de semillas oleaginosas integrales (semilla de algodón, soya tostada) y 15 a 30% de grasas inertes en el rumen (sales de calcio de ácidos grasos de cadena larga). Otra recomendación de uso general es que la grasa del alimento provenga en terceras partes de los ingredientes basales de la dieta, de semillas de oleaginosas integrales y grasas inertes en el rumen o sobrepasantes. Debido al costo de la grasa sobrepasante, el uso de éstas se recomienda durante el verano sólo en aquellos hatos donde el promedio es superior a 27 kg de leche por vaca por día. Además de aportar energía para la producción de leche, la suplementación con grasa también evita que los animales pierdan peso y condición corporal (Beede y Shearer, 1991; Hutjens, 1994; West, 1996).

## RECOMENDACIONES

Nutrición Energética durante las primeras tres semanas de lactación (Weiss, 1998).

1. Las prácticas de alimentación deben tender a prevenir desbalances metabólicos y estimular el consumo de materia seca.
2. Dietas con 19 a 20% de PC (40% de proteína sobrepasante) durante esta fase mejoran el consumo de materia seca.
3. Utilice los mejores forrajes para este grupo de animales.
4. La dieta debe contener entre 55 y 60% de forraje. No de más de 6,5 a 7,5 kg de alimento balanceado por vaca por día durante la primera semana de lactación. La relación producción de leche:alimento balanceado no debe ser mayor a 3:1.
5. No de excesos de concentrado a las vacas recién paridas. Asegúrese que las dietas contengan alrededor de 30% de FDN y menos de 40% de carbohidratos no fibrosos.
6. El uso de las grasas depende de la condición corporal:
  - \* Condición corporal de 3.5 a 4: no use grasa o límitela a 225 g por vaca por día.
  - \* Condición corporal menor a 3: use hasta 400 g por vaca por día. Después del pico de la lactancia se pueden utilizar cantidades mayores.

## ANIMALES EN ESTRÉS CALÓRICO

1. Utilice prácticas que estimulen el consumo voluntario, tales como ofrecer alimento fresco a los animales varias veces al día.
2. Use sistemas de enfriamiento (sombra, ventiladores) en el área de comederos, para estimular el consumo.
3. Evite que los animales caminen distancias largas durante las horas de estrés calórico, utilizando los potreros cercanos a la lechería durante las horas cálidas y los más lejanos en la noche.

4. Utilice una mayor cantidad de alimento balanceado durante las horas cálidas.
5. Suministre agua fresca a libre voluntad. Ésta debe ser de fácil acceso.
6. Incremente la densidad energética de la dieta (alrededor de 1.5 Mcal de ENL por kg de MS) utilizando cantidades mayores de alimentos balanceados, pero evitando excesos de carbohidratos no fibrosos que pueden causar acidosis.
7. Utilice grasas degradables en el rumen en cantidades no mayores de 5 a 6% de la dieta. Si se desea usar cantidades mayores (7 a 8%) hágalo con grasa de sobrepeso.
8. Utilice forrajes de buena calidad como fuentes de fibra, para estimular el buen funcionamiento del rumen (Huber et al., 1994; West, 1998).

## EL BALANCE ENERGÉTICO POSITIVO

El principal objetivo de la alimentación de la vaca seca es prevenir deficiencias o excesos de energía y en general de todos los nutrimentos, lo cual de ocurrir puede hacer a la vaca más susceptible a una serie de problemas de salud tales como distocia, fiebre de leche, retención de placenta, cetosis, desplazamiento del abomaso, metritis y problemas reproductivos. Asimismo, la alimentación de la vaca pronta tiende a preparar el ecosistema ruminal para el consumo de dietas densas en energía al inicio de la lactancia (Allen y Beede, 1996; Dyk y Emery, 1996).

En los Cuadros 6 y 7 se presentan balances nutricionales para vacas secas de las razas Holstein y Jersey, respectivamente, que llegan al período seco con una condición corporal de 4. Estos animales están en el noveno mes de gestación y su alimentación se basa en el consumo de pasto Kikuyo (25,6% de PC y 1,30 Mcal de ENL/kg de MS), 3 kg de un alimento balanceado (12% de PC y 1,63 Mcal de ENL) y 30 g de minerales bajos en calcio por día. Además, los animales tienen un balance energético positivo: +1,10 Mcal de ENL por día para las vacas Holstein y +0,39 para las vacas Jersey.

**Cuadro 6.****Balance nutricional para una vaca Holstein seca<sup>1</sup>**

<b>Alimento</b>	<b>MS kg</b>	<b>ENL Mcal/kg</b>	<b>PC %</b>	<b>FDN %</b>
Pasto Kikuyo	7,68	1,3	25,6	57,4
Alimento balanceado	2,61	1,63	12,00	24,4
Minerales	0,03			
<b>TOTAL</b>	<b>10,32 kg</b>	<b>14,23 Mcal</b>	<b>2,3 kg</b>	<b>5,0 kg</b>
Requerimientos	10,32	13,13	1,4	3,6
Balance	0	+1,1	+0,9	+1,4

*1 Cuarta gestación; peso corporal 590 kg; 9no. mes de gestación; condición corporal 4.*

**Cuadro 7.****Balance nutricional para una vaca Jersey seca<sup>1</sup>**

<b>Alimento</b>	<b>MS kg</b>	<b>ENL Mcal/kg</b>	<b>PC %</b>	<b>FDN %</b>
Pasto Kikuyo	5,58	1,3	25,6	57,4
Alimento balanceado	2,61	1,63	12,0	24,4
Minerales	0,03			
<b>TOTAL</b>	<b>8,22 kg</b>	<b>11,50 Mcal</b>	<b>1,6 kg</b>	<b>3,5 kg</b>
Requerimientos	7,53	11,11	1,3	2,6
Balance	+0,69	+0,39	+0,3	+0,9

*1 Cuarta gestación; peso corporal 430 kg; 9no. mes de gestación; condición corporal 4.*

# LA CONDICIÓN CORPORAL DURANTE EL PERÍODO SECO

El manejo óptimo del hato de ganado lechero debe tender a que los animales lleguen al período seco con una condición corporal de 3.5. Estos animales deben de ser alimentados durante el período seco con cantidades de energía que les permitan tener ganancias de peso pequeños, por ejemplo 250 g o menos al día. Si las vacas llegaran a este período flacas, o sea con una condición corporal de 3 o inferior, éstas deben de ser alimentadas para que ganen entre 250 y 500 g por día, para que así lleguen al parto con una buena condición y reservas energéticas que les permitan sustentar una buena producción láctea. Por el contrario, cuando la ración le aporta al animal excesos de energía y estos ganan más de 500 g por día (sobrecondicionamiento) se les está predisponiendo a sufrir problemas de salud y reproductivos severos después del parto (Weiss, 1998). Para que las vacas secas que consumen forrajes tropicales pueden ganar peso, éstas deben ser suplementadas con alimentos balanceados (Cuadros 1, 2, 3).

El sobrecondicionamiento de la vaca (condición corporal igual o superior a 4) se da cuando al final de la lactancia, período en que la producción de leche declina, el suministro de energía no se balancea apropiadamente y por el contrario la vaca consume excesos de este nutrimento, el cual se acumula en forma de tejido adiposo. Otras causas del sobrecondicionamiento son las lactancias prolongadas como consecuencia de intervalos entre partos largos, períodos secos superiores a 60 días o una alimentación con excesos de energía, como la discutida anteriormente (Heinrichs, 1998).

## SUSCEPTIBILIDAD A ENFERMEDADES METABÓLICAS

Para analizar la relación entre el sobrecondicionamiento de la vaca seca y la incidencia de problemas de salud se han realizado diferentes investigaciones, las cuales no han llegado a resultados concluyentes (Fonk et al., 1980; Gearhart et al., 1990; Morrow, 1975; Ruegg, 1995). No obstante lo anterior, las observaciones a nivel de finca continúan apoyando esta idea. Se cree que esta posible relación puede ser dada por el efecto que la condición corporal tiene sobre el consumo voluntario de materia seca y por consiguiente sobre el balance de energía del animal (Dyk y Emery, 1996), ya que la energía es uno de los nutrimentos que más afectan la respuesta inmune de los animales. Grummer (1998) ha encontrado que a los 21 días previos al parto las vacas delgadas (condición corporal inferior a 3) comen ligeramente menos que las vacas con una condición media (3) y que las sobrecondicionadas (más de 4). Sin embargo, las vacas prontas con una condición inferior a 3 ó de 3 a 4 mantienen el nivel de consumo durante períodos más prolongados que las vacas con una condición superior a 4, antes de que se dé la depresión en el consumo que normalmente se da en los días previos al parto.

En una investigación realizada por investigadores de la Universidad Estatal de Michigan a nivel de finca, se ha encontrado que conforme la condición corporal aumentaba, la incidencia de cetosis y desplazamiento del abomaso, también se incrementaba. En este estudio no se encontró relación entre la condición corporal y la incidencia de distocia, fiebre de leche, retención de placenta ni mastitis (Dyk y Emery, 1996).

Drackley (1997) indica que las vacas que se alimentan en exceso durante el período seco y que llegan al parto con una condición corporal superior a 4, son más propensas a sufrir cetosis. La mayor susceptibilidad de estos animales se debe a su menor consumo de materia seca (Fronk et al., 1980), a las reservas mayores de grasa corporal que pueden ser movilizadas y al desarrollo de resistencia a la insulina, que permite una



mayor movilización de grasa del tejido adiposo, lo cual a su vez incrementa la producción de cuerpos cetónicos en el hígado (Holtenius, 1993, citado por Drackey, 1997). Además, la obesidad incrementa la susceptibilidad a un complejo de desórdenes metabólicos y enfermedades infecciosas conocido con el nombre de síndrome de la vaca gorda (Morrow, 1976).

Domecq (1997) ha encontrado que las vacas que llegan al período seco sobrecondicionadas tuvieron una producción de leche menor durante los primeros 120 días de lactación, que las que parieron en una condición corporal óptima.

En relación al comportamiento reproductivo, algunos pocos trabajos de investigación sugieren que las vacas secas con una condición corporal igual o mayor a 4, son más susceptibles a desarrollar ovarios quísticos en la siguiente lactancia, que las vacas que paren con una condición adecuada (Heinrichs, 1998).

Si los animales se encuentran en estrés calórico es probable que no presenten problemas de sobrecondicionamiento, ya que bajo estas condiciones ambientales el consumo de MS se deprime y los requerimientos de energía para mantenimiento se incrementan, reduciéndose la cantidad de energía disponible para acumularse en el organismo en forma de tejido adiposo.

## RECOMENDACIONES

### Generales

1. No suministre excesos de energía a las vacas que están finalizando el período de lactación.
2. Los animales deben ser llevados al grupo de vacas prontas, dos a tres semanas antes de la fecha esperada de parición.

3. Las vacas deben llegar al período seco con una condición corporal de 3,5 y no ganar peso excesivo (<250 g/día) durante este período.

## **Vacas prontas (últimas dos a tres semanas)**

1. Los animales no deben perder peso durante este período.
2. La ración total (forraje más alimento balanceado) debe ser formulada para que contenga 15 a 16% de PC y 1,5 Mcal de ENL por kg de MS.
3. El alimento debe aportar almidones fermentables (alimento balanceado) para estimular el desarrollo de las papilas ruminales.
4. Las dietas no deben ser muy altas en energía, ya que éstas deprimen el consumo.
5. No dé más de 3,5 kg de alimento balanceado por día. Frecuentemente se recomienda suministrar el 0,5% del peso vivo.
6. Si a las vacas recién paridas se les da grasa, no dé más de 200 g de grasa por animal por día durante este período.

## **RESUMEN**

El término energía es bastante sutil y se define como la capacidad para producir un trabajo. En la nutrición del ganado lechero los alimentos son quienes tienen esa capacidad y el trabajo consiste en el mantenimiento de la vaca, la producción de leche y la reproducción. Alrededor de tres cuartas partes de la materia seca que consume un animal es utilizada por el organismo para generar y satisfacer sus necesidades de energía. Los forrajes tropicales se caracterizan por contener niveles de energía medios y bajos, por lo que la suplementación energética de los animales que pastorean forrajes tropicales requiere de una atención es-

pecial para obtener niveles óptimos de producción. El contenido de energía disponible de los forrajes es difícil de cuantificar y no se puede determinar por técnicas analíticas de uso común en el laboratorio. Para lograr este objetivo frecuentemente se emplean ecuaciones lineales que se basan en el contenido FDA o bien modelos mecanísticos que incluyen diferentes fracciones químicas de los forrajes. Por lo general las vacas experimentan un balance energético negativo durante el primer trimestre de la lactancia, el cual es compensado por la movilización de reservas energéticas corporales. Una vaca puede producir hasta 8 a 10 kg de leche a partir de la energía que se genera de un kg de grasa movilizada o bien un promedio de 636 kg por cada punto de condición corporal perdido. La producción de leche a partir de cada punto de condición corporal sigue una tendencia exponencial. La movilización de tejido adiposo que se da al inicio de la lactancia hace que las vacas recién paridas sean menos susceptibles al estrés por calor. Para que una vaca tenga un ciclo productivo bueno, ésta debe empezar la lactancia con una condición corporal de 3,5, al momento de la primera inseminación, ésta cae a un nivel de 2,5. Luego el animal debe empezar a recuperar sus reservas corporales para pasar la mayor parte de la segunda mitad de la lactancia en una condición de 3 y llegar al período seco con un nivel de 3,5. Si un animal llega al parto con una condición corporal pobre ( $<3$ ) o si su nutrición energética es subóptima durante el inicio de la lactancia, éste sufrirá un desbalance energético negativo severo que le limitará a producir tanta leche como se lo permita la cantidad de energía consumida y además le hará susceptible a enfermedades metabólicas como la cetosis y atrasos en el retorno a la actividad ovárica. Asimismo, cuando los animales ingieren excesos de energía al final de la lactancia y llegan al parto con una condición corporal de 4 o superior, se les está predisponiendo a sufrir desbalances metabólicos como cetosis y desplazamiento del abomaso y problemas reproductivos severos durante el periparto.

## BIBLIOGRAFÍA

- Armstrong, D.V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science* 77(7):2044-2050.
- Allen, M.; D. Beede. 1996. Causes, detection and prevention of ruminal acidosis in dairy cattle. In: *Tri State Nutrition Conference*. Fort Wayne, Indiana. pp. 55-72.
- Barton, B.A. 1996. Determination if reproduction is affected by a nutrient imbalance. In: *Tri State Dairy Nutrition Conference*. Fort Wayne, Indiana. pp. 17-29.
- Beede, D.K.; J.K. Shearer. 1991. Nutrition management of dairy cattle during hot weather. *Agri-Practice* 12(5):1-7.
- Butler, W.R.; R.W. Everett; C.E. Coppock. 1981. The relationship between energy balance, milk production and ovulation in postpartum Holstein cows. *Journal of Animal Science* 53:742.
- Chandler, P. 1997. Body condition score can influence milk production, reproduction. *Feedstuffs*. December 8. pp. 10-11. 27.
- Conrad, H.R.; W.P. Weiss; W.O. Odwongo; W.L. Shockey. 1984. Estimating net energy lactation from components of cell solubles and cell walls. *Journal of Dairy Science* 67:427-436.
- Coppock, C.E. 1985. Energy nutrition and metabolism of the lactating dairy cow. *Journal of Dairy Science* 68:3403-3410.
- Davidson, J.A.; L.A. Rodríguez; D.G. Mashek; C.C. Risch; S.J. Scheurer; E. Pilbeam; D.K. Beede. 1997. The beginning is the most important part of the work: feeding fresh cows optimally. In: *1997 Tri-State Dairy Nutrition Conference*. Fort Wayne, Indiana. pp. 83-104.
- Domecq, J.J.; A.L. Skidmore; J.W. Lloyd; J.B. Kaneene. 1997. Relationship between body condition score and milk yield in a large dairy herd of high yielding Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 80:101-112.

- Donker, J.D.; D.G. Naik. 1979. Predicting total digestible nutrients and estimated net energy of dairy cattle rations from chemical components. *Journal of Dairy Science* 62:424.
- Drackley, J. 1997. Minimizing ketosis in high producing dairy herds. In: 1997 Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, Indiana. pp. 63-81.
- Dyk, P.; R.S. Emery. 1996. Reducing the incidence of peripartum health problems. In: 1997 Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, Indiana. pp. 41-53.
- Fronk, T.J.; L.H. Schultz; A.R. Hardie. 1980. Effect of dry period overconditioning on subsequent metabolic disorders and performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 63:1080.
- Gearhart, M.A.; C.R. Curtis; H.N. Erb; R.D. Smith; C.J. Sniffen; L.E. Chase; M.D. Cooper. 1990. Relationship of changes in condition score to cow health in Holsteins. *Journal of Dairy Science* 73:3132.
- Grummer, R.R. 1998. Transition cow energy, protein nutrition examined. *Feedstuffs*. September 14. pp. 11-12, 23.
- Heinrichs, J.; M.L. O'Connor. 1998. Charting body condition to trouble-shoot dairy nutrition and reproduction problems. *Curso de Nutrición de Ganado Lechero*. LANCE. Balsa, Atenas, Costa Rica. 9 p.
- Huber, J.T.; G. Higginbotham; R.A. Gómez-Alarcón; R.B. Taylor; K.H. Chen; S.C. Chan; Z. Wu. 1994. Heat stress interactions with protein, supplemental fat, and fungal cultures. *Journal of Dairy Science* 77(7):2080-2090.
- Hutjens, M.F. 1994. Feeding strategies under heat stress. In: *Illini Dairy Guide*. 111-2-1-111-2-3.
- Maynard, L.A.; J.K. Looski; H.F. Hintz; R.G. Warner. 1989. *Nutrición Animal*. Traducido de la séptima edición en inglés por Alfonso Ortega Said. Mc Graw-Hill. México. 640 p.
- Minson, D. 1982. Effect of chemical composition on feed digestibility and metabolizable energy. *Nutrition Abstracts and Reviews*. Series B.52:592-615.

- Moe, P.W.; H.F. Tyrrell; W.P. Flatt. 1971. Energetics of body tissue mobilization. *Journal of Dairy Science* 54:548.
- Morrow, D.A. 1975. Fat cow syndrome. *Journal of Dairy Science* 59:1625.
- National Research Council. 1989. Nutrient requirements of Dairy Cattle. 6th rev. ed. Washington, D.C. National Academy Press. 157 p.
- Oldick, B.S.; J.L. Firkins. 1997. Nutrition and reproduction interactions in cattle. Curso sobre nutrición de ganado lechero. Balsa, Atenas, Costa Rica. sp.
- Ruegg, P.L. 1995. Body condition scores of Holstein cows on Prince Edward Island, Canada: Relationships with yield, reproductive performance, and disease. *Journal of Dairy Science* 78:552.
- Sánchez, J.Ml.; H. Soto. 1993. Estimated values of net energy for lactation of tropical pastures. *Journal of Dairy Science* 76(Suppl. 1): p. 215 (Abst.).
- Sánchez, J.Ml.; H. Soto. 1997. Contenido estimado de energía para la producción de leche de los forrajes del distrito de Florencia, cantón de San Carlos. *Agronomía Costarricense* 21(2):273-278.
- Sánchez, J.Ml.; H. Soto. 1999. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. III. Energía para la producción de leche. *Nutrición Animal Tropical* 5(1): 31-49.
- Sánchez, J.Ml.; H. Soto. 1999. Niveles de energía estimada en los forrajes de un distrito de mediana producción lechera. Fortuna de San Carlos, en la zona norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 23 (2): 179-185.
- Sánchez, J.Ml.; H. Soto. 1999. Contenido de energía estimado para el crecimiento del ganado bovino, en los forrajes del trópico húmedo de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 23 (2): 173-178.
- Shearer, J.K.; D.K. Beede. 1990. Thermoregulation and physiological responses of dairy cattle in hot weather. *Agri-Practice* 11(4):1-7.

- Staples, C.R.; W.R. Thatcher; C. García-Bojalil; M.C. Lucy. 1992. Nutritional influences on reproductive function. In: Large dairy herd management. H.H. Van Horn, C.J. Wilcox (eds.). American Dairy Science Association. Champaign, Ill. pp. 382-392.
- Verbeck, R.; J.F. Smith; D.V. Armstrong. 1996. Heat stress in dairy cattle. In: Management of dairy cattle in hot and humid weather. Protiva. St. Louis, Mo. pp. 1-11.
- Villa-Godoy, A.; T.L. Hughes; R.S. Emery; L.T. Chapin; R.L. Fogwell. 1988. Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 71:1063.
- Weiss, W.P. 1997. Energy values for feeds. In: 1997 Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, Indiana. pp. 171-181.
- Weiss, W.P. 1998. Nutrition of dry and transition cows. *Curso de Nutrición de Ganado Lechero*. Balsa, Atenas, Costa Rica. 9 p.
- Weiss, W.P.; H.R. Conrad; N.R. St. Pierre. 1992. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. *Anim. Feed Sci. Tech.* 39:95-110.
- West, J.W. 1998. Alimentación del ganado lechero en ambientes cálidos. *Procedimientos*. 2do Simposio Internacional sobre Ganadería Tropical. Puerto Rico. sp.