

## **Efectos climáticos sobre la producción del vacuno lechero: estrés por calor**

### **Andrés L. Martínez Marín**

Profesor Asociado del Departamento de Producción Animal de la Universidad de Córdoba (España). Licenciado en Veterinaria por la Universidad de Córdoba, año 1991. Trabaja en el sector de la fabricación de piensos como Director Técnico desde el año 1996. Desde el año 2003 trabajo además como profesor asociado del Dpto. de Producción Animal, área Nutrición Animal, de la Universidad de Córdoba. Ha colaborado con publicaciones en las revistas Mundo Ganadero y Nuestra Cabaña. Es miembro numerario de la Asociación Española para la Calidad.

Contacto por e\_mail: [andres\\_l\\_martinez@lycos.es](mailto:andres_l_martinez@lycos.es) -  
[andres\\_chari@wanadoo.es](mailto:andres_chari@wanadoo.es) - [andresluismartinez@gmail.com](mailto:andresluismartinez@gmail.com) -  
[pa1martm@uco.es](mailto:pa1martm@uco.es)

### **RESUMEN**

Cada área geográfica se caracteriza por un ambiente térmico predominante frente al que los animales se adaptan mediante mecanismos termorregulatorios. El objetivo de dichos mecanismos es mantener la homeotermia. Cuando la temperatura ambiente es tan alta que para mantener la homeotermia el organismo debe eliminar calor de forma activa hablamos de una situación de estrés por calor. Durante el estrés por calor ocurren numerosos cambios fisiológicos que en conjunto tienen un

marcado efecto negativo sobre la producción de las vacas lecheras. El conocimiento de los mecanismos termorregulatorios y de los cambios que el estrés por calor provoca en el organismo animal a diferentes niveles constituye el primer paso para adoptar medidas nutricionales que permitan minimizar el impacto de las altas temperaturas sobre los resultados productivos de las vacas lecheras.

**PALABRAS CLAVE:** vacuno lechero, estrés por calor, termorregulación.

### **INTRODUCCION**

Las consecuencias de las variaciones climáticas sobre la producción de vacuno lechero son bien conocidas por los ganaderos. Los ambientes extremos afectan negativamente al organismo animal repercutiendo en la expresión del potencial productivo. Los efectos del clima sobre los animales están mediados por cambios metabólicos, fisiológicos y de comportamiento, y son más o menos acentuados en función de factores como: raza, edad, nivel productivo y características individuales (Johnson 1987a). El frío afecta más gravemente a los animales recién nacidos, especialmente si el manejo del rebaño es deficiente, y es relativamente poco importante para los animales adultos en producción (LeDividich, 1992). El calor tiene efectos adversos sobre la producción de leche y la reproducción sobre todo en los animales de mayor potencial productivo (West 2003). Por otro lado, la adaptación al medio ambiente cambiante supone variaciones en las necesidades energéticas de mantenimiento (Blaxter 1964, National Research Council 1981).

El clima imperante es el resultado de una combinación de elementos que incluyen temperatura, humedad, régimen de lluvias, movimiento del aire, radiación solar y presión barométrica. Con este conjunto de variables se definen diversas áreas y subáreas climáticas (tropical, desértica, continental, mediterránea, etc.) Dentro de un área climática existe un ambiente térmico predominante caracterizado por el valor de la temperatura modificado por efecto de la humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar (Johnson 1987a). La integración de todas las características del ambiente térmico se puede expresar en forma de "Temperatura Ambiente Efectiva" o TAE (National Research Council 1981, Cornell 1990, National Research Council 1996), cuyo valor es un índice que permite evaluar el impacto de aquel sobre los animales. La cuantificación de la TAE es difícil. Una de las medidas más utilizadas es el "Índice Temperatura-Humedad" (Johnson 1987a) que únicamente tiene en cuenta el efecto combinado de la temperatura y la humedad. Otras fórmulas de cálculo más complejas que se han propuesto (Fox 1998), no han sido suficientemente validadas (National Research Council 2001). Dentro del área climática en que se desarrolle la explotación lechera hay que conocer cual es el ambiente térmico predominante para poder mejorar las condiciones de alojamiento, de manejo y de alimentación en un sentido que permita mantener los niveles óptimos de producción.

## REVISION BIBLIOGRAFICA

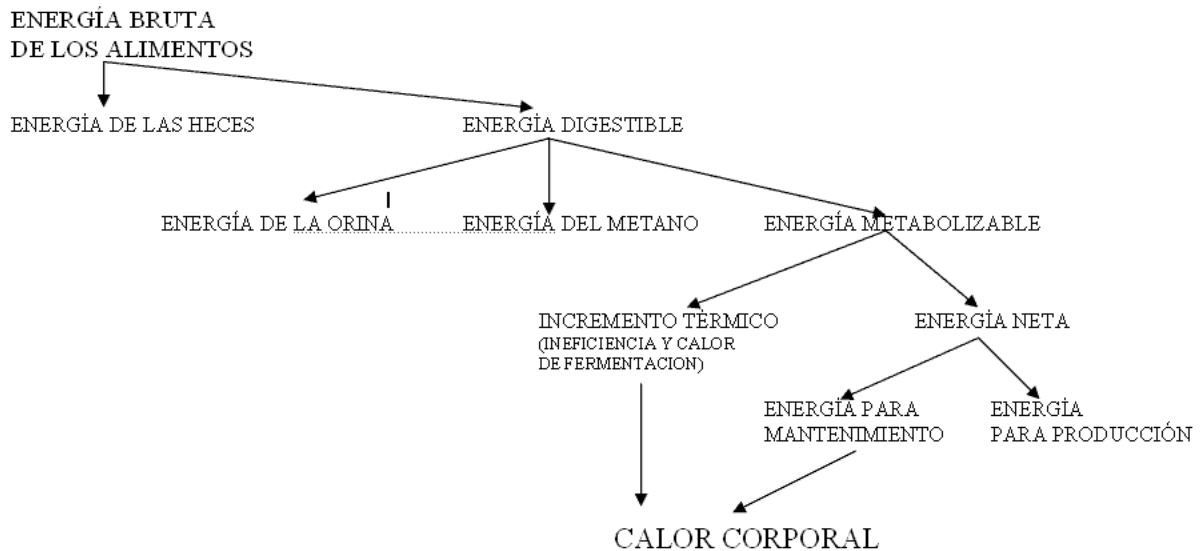
### FUNDAMENTOS DE LA TERMORREGULACION

La homeotermia, o mantenimiento de la temperatura corporal constante, es el resultado de equilibrar el calor producido por el organismo ( $Q_p$ ) con la pérdida ( $Q_{el}$ ) o ganancia ( $Q_{alm}$ ) de calor desde el ambiente que lo rodea. Esto puede escribirse de forma genérica como:  $Q_p = Q_{alm} \pm Q_{el}$  (Blaxter 1964). Este balance se consigue a corto plazo mediante la actuación conjunta de mecanismos termorregulatorios físicos y fisiológicos, y modificaciones morfológicas y de comportamiento, a largo plazo ocurren cambios en el metabolismo energético. Si el organismo perdiera calor demasiado rápido ocurriría hipotermia. Por el contrario, el almacenamiento de calor conduciría a la hipertermia. Ninguna de ambas situaciones puede mantenerse durante demasiado tiempo (National Research Council, 1981).

El calor producido por el organismo animal no sometido a estrés térmico procede de la energía gastada en el mantenimiento y a la ineficiencia de utilización de la energía consumida en los procesos productivos (crecimiento, lactación, gestación, cambio de las reservas corporales) (Institut National de la Recherche Agronomique 1978), en los rumiantes incluye además el calor generado en la fermentación ruminal del alimento consumido (FIGURA I), por tanto está determinado por:

- el peso vivo, que determina el gasto de mantenimiento
- la demanda energética para el nivel productivo alcanzado, que determina el calor debido a la ineficiencia de utilización de la energía disponible para producción
- la cantidad y tipo de alimento consumido
- la fracción de energía que proviene de las reservas corporales

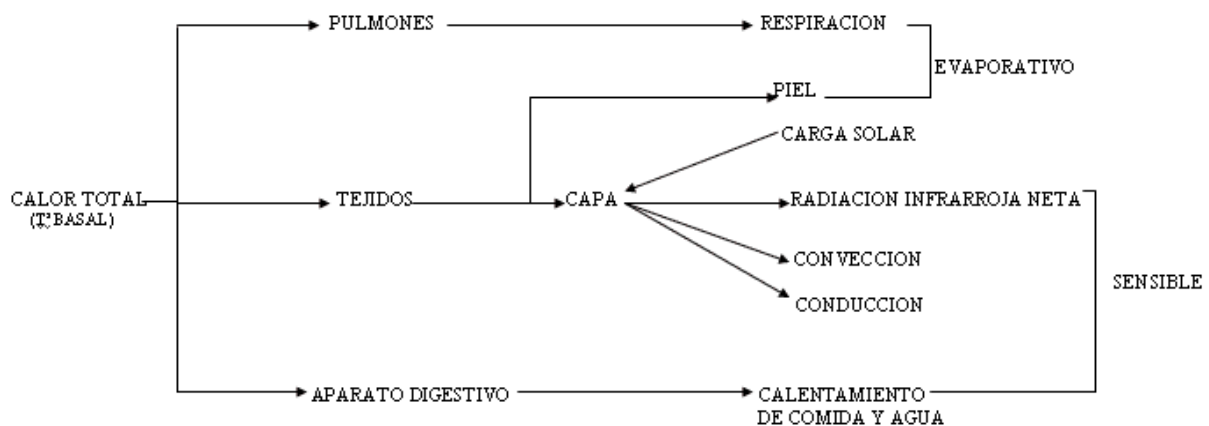
### ORIGEN DEL CALOR CORPORAL



(ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DIVERSAS FUENTES)

La producción total de calor se calcula como el consumo de energía metabolizable menos la energía neta de producción (esta es valor energético de los productos: carne, leche, tejidos fetales y anejos, reservas). Excluyendo el rumen, unos dos tercios del calor corporal se originan en el metabolismo de las diferentes vísceras que sin embargo representan menos

### ESQUEMA DE LAS PÉRDIDAS DE CALOR



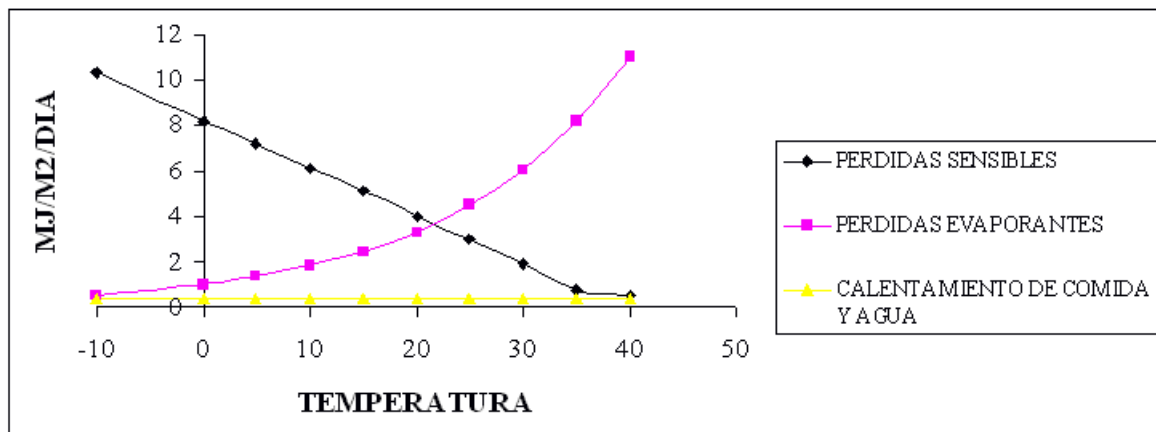
(ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DIVERSAS FUENTES)

del 10% del peso total del cuerpo. La piel y la musculatura producen el resto (Schmidt-Nielsen 1990). Podemos considerar pues que el cuerpo consiste en un núcleo donde se produce la mayor parte del calor, y una envuelta (los músculos, la grasa de cobertura y la piel) que genera solo una pequeña fracción del mismo, rodeado todo ello por la capa (pelos y aire entre ellos) y la lámina de aire inmediatamente contigua a la superficie de la capa (Blaxter 1964) (FIGURA II). Al igual que la producción de calor, la temperatura corporal es diferente según donde se mida. (CUADRO I). La medida más representativa del estado térmico del organismo es la temperatura corporal profunda (TC) tomada a nivel rectal o timpánico (Schmidt-Nielsen 1990, Hahn 1999).

DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL			
ÁREA CORPORAL	TEMPERATURA AMBIENTE °C		
	35	20	5
RECTO	39.8	39.2	39.5
COLA	37.1	31.5	11.4
PIE	36.5	29.0	10.1
PIERNA	37.3	32.8	10.8
MUSLO	37.6	33.1	27.4
CRUZ	37.7	34.8	29.1
PECHO	38.0	36.5	31.2
OREJAS	38.5	27.5	7.0

(TOMADO DE BLAXTER, 1964)

### DISTRIBUCIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE CALOR SEGÚN LA TEMPERATURA AMBIENTE



(ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DIVERSAS FUENTES)

Dependiendo del ambiente térmico, el calor se pierde principalmente por vía sensible (radiación, convección y conducción) o por vía evaporativa (jadeo y sudor) (CUADRO II). La importancia relativa de las pérdidas evaporativas ( $Q_e$ ) aumenta en un ambiente cálido y disminuye en un ambiente frío. Por el contrario, las pérdidas sensibles ( $Q_s$ ) son significativas

en un ambiente frío y su importancia disminuye al aumentar la temperatura (Blaxter 1964, Schmidt-Nielsen 1990, Bruce 1993). Una pequeña pérdida de calor sensible esta representada por el calentamiento de los alimentos y el agua consumidos (FIGURA III). El control del animal sobre las pérdidas de calor sensible es escaso y se reduce a cambios posturales y de comportamiento con objeto de modificar la superficie corporal expuesta. La eliminación de calor por vía evaporante está muy controlada por el organismo animal y se ajusta estrictamente según las necesidades termorregulatorias (Blaxter 1964, Berman 2003).

CUADRO II: VÍAS PARA LA PÉRDIDA DE CALOR CORPORAL

CLASE DE PÉRDIDA	MECANISMO	CARACTERÍSTICA	TIPO	INCREMENTO DEL CALOR CORPORAL
PERDIDAS SENSIBLES	RADIACIÓN	FUNCIÓN DE LA DIFERENCIA DE T° ENTRE LA SUPERFICIE CORPORAL Y LAS SUPERFICIES CIRCUNDANTES INCLUYENDO EL AIRE. LA CARGA SOLAR. ESTA INFLUIDA POR LA REFLEXIÓN DE LA CAPA	SOLAR	POSITIVO
			INFRARROJO	POSITIVO O NEGATIVO
	CONVECCIÓN	FUNCIÓN DE LA DIFERENCIA DE T° ENTRE LA PIEL Y EL AIRE Y DE LA VELOCIDAD DEL MISMO	ESTÁTICA	NEGATIVO
			FORZADA	
CONDUCCIÓN	FUNCIÓN DE LA DIFERENCIA DE T° ENTRE LA SUPERFICIE CORPORAL Y LA SUPERFICIE DE CONTACTO Y DEL AREA TOTAL DE CONTACTO	ESTÁTICA	NEGATIVO	
CALENTAMIENTO DE ALIMENTOS Y AGUA	FUNCIÓN DEL T° DE LA MISMA	ESTÁTICA	NEGATIVO	
PERDIDAS EVAPORANTES	JADEO	FUNCIÓN DE LA T° DEL AIRE Y DE LA PRESIÓN DE VAPOR DE AGUA	FORZADA	NEGATIVO
	SUDOR	FUNCIÓN DE LA T° DEL AIRE Y DE LA PRESIÓN DE VAPOR DE AGUA	ESTÁTICA	NEGATIVO

(ELABORACION PROPIA A PARTIR DE DIVERSAS FUENTES)

El aislamiento térmico total del organismo (CUADRO III) depende de su aislamiento físico y de mecanismos fisiológicos. El aislamiento físico esta determinado por la suma de las resistencias al flujo de calor que proporcionan los tejidos, la capa y el aire que rodea al animal y es relativamente constante para cada animal de forma que las pérdidas de calor sensible son en la práctica proporcionales al gradiente de temperatura entre el cuerpo y el ambiente. El aislamiento de los tejidos, principalmente la grasa subcutánea, es la primera barrera frente a la pérdida de calor y su efecto depende del grosor interpuesto entre el interior del organismo y la superficie. La capacidad aislante de la capa depende de la longitud del pelo y puede modificarse por efecto del viento y de la lluvia. La resistencia térmica del aire tiene un componente radiativo de onda larga y otro convectivo; a radiación constante, la capacidad aislante del aire está determinada por su velocidad (Blaxter 1964, Bruce 1993, Berman 2003). El principal mecanismo fisiológico para controlar la pérdida de calor corporal es la modificación del flujo de sangre que llega a la superficie corporal y la redistribución del mismo. La vasodilatación periférica facilita la pérdida de calor sensible al reducir el efecto del aislamiento tisular (en un factor de más de 3) y favorece la eliminación

de calor por vía evaporante al facilitar la difusión de agua desde la piel. Por el contrario, cuando la vasoconstricción periférica es máxima, las pérdidas evaporantes son mínimas y el efecto aislante de los tejidos, máximo. La modificación del ritmo respiratorio regula la pérdida de calor a través del aire exhalado desde los pulmones. Además de las adaptaciones fisiológicas los animales mediante su comportamiento pueden alterar la eficacia del aislamiento, así utilizan cambios posturales para modificar la superficie corporal expuesta, (p.ej. para reducir el efecto del viento), reducen el área de contacto con el suelo evitando echarse, o buscan protección del sol y la lluvia (Blaxter 1964).

CUADRO III: MECANISMOS TERMORREGULATORIOS

COMPORTAMIENTO	BÚSQUEDA DE PROTECCIÓN FRENTE AL SOL O LA LLUVIA
	REDUCIR LA SUPERFICIE EXPUESTA AL VIENTO O EL SOL POR CAMBIO DE LA ORIENTACIÓN CORPORAL
	EVITAR ECHARSE SOBRE CAMA SOLEADA O BUSCAR ÁREAS HÚMEDAS Y FRESCAS PARA DESCANSAR
AISLAMIENTO FÍSICO	CAMBIO DE CAPA DE INVIERNO A VERANO
	PILOERECCIÓN
	POCO CONTROL, ES PRÁCTICAMENTE PROPORCIONAL A LA DIFERENCIA DE T° ENTRE EL CUERPO Y EL AMBIENTE, LA SUMA DE LOS AISLAMIENTOS DE LOS TEJIDOS, LA CAPA Y EL AIRE ES ADITIVA Y POCO MODIFICABLE POR EL ANIMAL
MECANISMOS FISIOLÓGICOS	REDISTRIBUCIÓN DE LA CIRCULACIÓN DE LA SANGRE,
	VASOCONSTRICCIÓN EN AMBIENTES FRÍOS PARA REDUCIR LAS PÉRDIDAS EVAPORANTES AL MÍNIMO
	VASODILATACIÓN PERIFÉRICA PARA FACILITAR LAS PÉRDIDAS DE CALOR POR EL SUDOR
	ACTIVACIÓN DEL JADEO
	EL ORGANISMO EJERCE UN CONTROL ESTRICTO SOBRE ESTOS MECANISMOS

(ELABORACION PROPIA A PARTIR DE DIVERSAS FUENTES)

## TERMONEUTRALIDAD Y ESTRES TERMICO

Como dijimos al principio, el medio ambiente térmico se define por el valor de la Temperatura Ambiente Efectiva (TAE). Según el efecto de la TAE sobre el animal se pueden distinguir varias "zonas térmicas" en las que se desarrolla la producción animal (Blaxter 1964, National Research Council 1981, Johnson 1987a, Schmidt-Nielsen 1990, Cornell 1990, Bruce 1993, National Research Council 1996, Fox 1998, Hahn 1999, Berman 2003) (FIGURA IV):

a) La "zona de termoneutralidad" se define como el rango de TAE donde la producción normal de calor del organismo compensa completamente las pérdidas al ambiente, sin necesidad de incrementar la tasa de calor corporal producido. En esta zona, se pueden distinguir tres subzonas: La "zona óptima" corresponde a aquella donde la productividad, la eficiencia y el rendimiento son máximos; por debajo de la zona óptima

existe una "zona fría" donde el animal utiliza mecanismos fisiológicos y posturales para conservar el calor (vasoconstricción periférica, cambios en la orientación del cuerpo, piloerección) pero la tasa metabólica permanece constante; por encima de la zona óptima existe una "zona cálida" donde el animal aumenta la pérdida de calor sin gasto energético añadido (vasodilatación periférica, aumento del área efectiva).

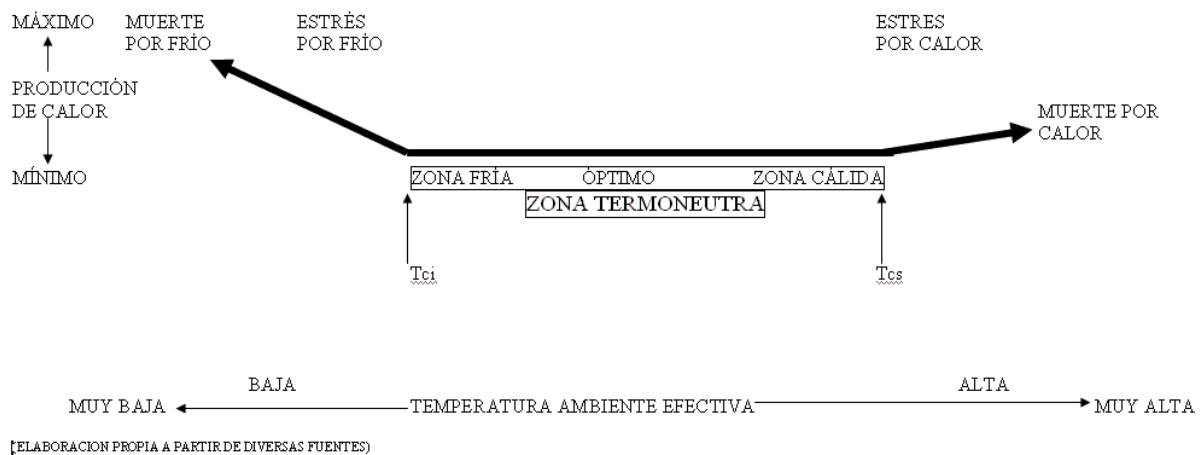
b) Al final de la "zona fría" existe una TAE denominada "temperatura crítica inferior" (Tci) a partir de la cual el organismo necesita incrementar la producción de calor para mantener la homeotermia, pues la vasoconstricción es máxima (pérdidas evaporantes mínimas) y el aislamiento total es incapaz de evitar más pérdidas de calor sensible hacia el ambiente. Entonces se dice que el animal se encuentra sometido a "estrés por frío". Aunque lo correcto es calcular la Tci para cada caso particular se puede considerar de media que la Tci para vacas lactantes se sitúa en torno a 5°C. La demanda térmica que se origina en animales expuestos a estrés por frío activa la producción de calor corporal consumiendo energía a expensas de los procesos productivos. A temperaturas ambientes extremas, ocurre catabolismo de los tejidos corporales para producir calor. La producción máxima de calor corporal se sitúa en torno a 5 veces el valor del gasto metabólico basal. Si el organismo no pudiera compensar las pérdidas de calor a largo plazo, se produciría la muerte por hipotermia.

c) Por encima de la "zona cálida" existe una TAE denominada "temperatura crítica superior" (Tcs) por encima de la cual el animal debe incrementar la pérdida evaporativa de calor con el fin de mantener la homeotermia pues las pérdidas sensibles no son suficientes. Se dice entonces que el animal está sometido a "estrés por calor". La Tcs debe calcularse para cada caso. En general, la evaporación cutánea tiene un punto de inflexión entre 15 y 18°C en tanto que el jadeo comienza a partir de 21°C. El Índice Temperatura-Humedad a partir del cual se afecta la producción lechera se sitúa en torno a 71. Cuando la TAE iguala a la temperatura corporal superficial, la pérdida de calor por evaporación es prácticamente la única vía de eliminación de calor. Si el aire no sólo está a la misma temperatura que la piel sino que además está saturado de humedad o se supera la máxima capacidad de disipar calor por vía evaporante (equivalente a unos 4.8 litros de agua por metro cuadrado de superficie corporal), no se puede transferir más calor al ambiente y el resultado es que el calor producido por el metabolismo se acumula y la temperatura corporal asciende. En estas circunstancias el organismo debe reducir drásticamente la producción de calor. Sin embargo, se requieren de 3 a 4 días para activar los diversos mecanismos de defensa, esto puede resultar en cargas térmicas excesivas, especialmente si no existen algunas horas frescas al día, que pueden desencadenar la muerte por hipertermia si la temperatura corporal profunda supera en 6°C el valor fisiológico de 38,5°C. En general, la adaptación continuada al estrés por calor requiere de 8 a 10 días desde el momento en que se supera la Tcs.

En definitiva, la anchura de la zona de termoneutralidad depende de factores como: edad, raza, capacidad de aislamiento corporal, nivel de alimentación y alojamientos. En vacas lactantes y terneros de cebo, la elevada producción de calor corporal unida a un elevado aislamiento y a una baja relación superficie/masa, determinan que la Tci para estos animales corresponda con una TAE muy baja y, sin embargo, la Tcs se alcance muy pronto al aumentar la TAE (National Research Council 1981). Por ello, en muchas áreas geográficas son las altas temperaturas las que determinan mermas en los rendimientos del ganado vacuno (Johnson 1987b). Este hecho supone que habitualmente los ganaderos concentren

los partos al comienzo de la estación fría con dos objetivos: reducir el número de vacas a inseminar durante la estación cálida y evitar la presencia en los rebaños de vacas con altas producciones durante dicha época.

FIGURA IV: ZONAS TÉRMICAS



## EFFECTOS DEL ESTRÉS POR CALOR SOBRE LA PRODUCCION LECHERA.

En situaciones de estrés por calor la producción lechera disminuye de una forma prácticamente lineal con el aumento de la temperatura (Johnson 1987b). Como hemos visto, cuando la temperatura ambiente supera a la  $T_{cs}$ , el organismo debe activar mecanismos fisiológicos para favorecer la eliminación de calor y mantener la homeotermia. Estos mecanismos inmediatos incluyen vasodilatación periférica, sudoración y jadeo. Si la situación es duradera, la adaptación a las altas temperaturas supone una reducción del consumo de alimentos (y de nutrientes) y una alteración del metabolismo hídrico y mineral (National Research Council 1981, West 1999b). Cuando el estrés por calor es de corta duración u oscilante las consecuencias sobre la producción son peores que si se alcanza una situación estable de altas temperaturas que permita una adaptación de larga duración (Alnaimy 1992, Forbes 1995). Los efectos negativos del estrés por calor sobre la producción de leche (CUADRO IV) son debidos a la suma de varias circunstancias:

### Incremento del gasto energético de mantenimiento.

Las necesidades energéticas son considerablemente más altas en vacas expuestas a estrés por calor y este incremento se asocia con el aumento del ritmo respiratorio que a 32°C es 2.5 veces más intenso que a 21°C (McDowell 1969). El gasto energético debido al jadeo aumenta prácticamente de forma exponencial desde los 21°C y supone un incremento de las necesidades de mantenimiento de aproximadamente un 30% sobre el metabolismo basal a una TAE de 40°C. Este gasto se relaciona con la TAE media diaria del mes corriente. El incremento de calor derivado de la actividad muscular al jadear se suma al calor total que el organismo debe disipar (Cornell 1990, National Research Council 1996, Fox 1998). Se calcula que si el jadeo no aprovechara el beneficio de la frecuencia de resonancia natural del

aparato respiratorio, el esfuerzo muscular de jadear generaría más calor que el calor total que puede ser disipado por esta vía (Schmidt-Nielsen 1990).

#### **Reducción del consumo de materia seca.**

La reducción en el consumo de alimentos tiene como objetivo reducir la producción de calor de fermentación y el derivado de la actividad física (caminar hasta los pesebres, masticar y rumiar). El impacto de la TAE sobre la ingesta de alimentos es inmediato, manifestándose el mismo día de exposición. Por encima de 18°C el consumo comienza a descender y a partir de 30°C disminuye acusadamente, de forma que a 40°C el consumo no alcanza el 60% del valor en la zona de termoneutralidad (National Research Council 1981, National Research Council 1987). Este efecto es menos acentuado en individuos de menor consumo y/o menor producción (recién paridas, primíparas, vacas en último tercio de lactación), siendo por tanto las vacas multíparas en la mitad de la lactación el grupo del rebaño más afectado (West 1999b). La reducción del consumo es compensada parcialmente si las temperaturas nocturnas son lo suficientemente bajas respecto a las diurnas (Holter 1997, Roseler 1997), o si las instalaciones disponen de mecanismos de ventilación y refrigeración (Huber 1995) (CUADRO V). Parte del efecto de las altas temperaturas sobre el consumo es debido a que la reducción de la motilidad del tracto digestivo provoca efecto de llenado (National Research Council 1981). El menor consumo de energía es compensado, a corto plazo, por un aumento de la digestibilidad debido a la menor velocidad de tránsito (Sanchez 1994), no obstante las vacas sometidas de forma continuada a una elevada TAE tienen valores de digestibilidad ruminal similares a los de vacas mantenidas en condiciones termoneutras (Bernabucci 1999). Es posible que las vacas sufran acidosis ruminal subclínica (Sanchez 1994) derivada de varias causas actuando en conjunto: como consecuencia de la función ruminal alterada, particularmente por la reducción inicial de la motilidad, la producción de ácido por unidad de alimento fermentado es mayor y el pH más bajo; además el tiempo dedicado a la rumia e insalivación es menor reduciendo el reciclaje de tampones salivares al rumen; por último todo ello puede verse agravado por el suministro de raciones menos fibrosas o muy concentradas.

#### **Aumento de las pérdidas de agua y minerales.**

El agua es el nutriente más importante para el ganado y esta importancia se acentúa en ambientes cálidos. La pérdida de un quinto del agua corporal es fatal (Beede 1992, Huber 1995). La sudoración, el jadeo y la polirrea salivar suponen un aumento importante de las necesidades hídricas, aunque el organismo intenta compensar reduciendo la excreción fecal de agua. El incremento del consumo de agua es lineal con la temperatura y del orden de 1.2 litros por cada grado centígrado de elevación de la temperatura ambiente mínima diaria (Murphy 1992). Las pérdidas de agua a 32°C por sudoración se estiman en 150 gramos por m<sup>2</sup> y hora, mientras que por jadeo alcanzan 90 gramos por m<sup>2</sup> y hora (McDowell 1969). La polirrea salivar puede suponer una pérdida de agua de hasta 18 kg/día (Schneider 1984) lo que equivale aproximadamente a un 8% de la producción salivar diaria estimada en vacas en lactación (Valk 2003). En general, las necesidades de agua son de 1.2 a 2 veces superiores en animales sometidos a estrés térmico (Beede 1992). Utilizando el método factorial puede calcularse que las pérdidas corporales totales de agua de vacas con un potencial productivo de 8500 litros por lactación sometidas a una temperatura de 35°C son de 135 litros/día en la semana 21 de lactación (Martínez 2000).

Durante el estrés por calor, la disminución del consumo de alimentos reduce el consumo de minerales pero además ocurre un aumento de las pérdidas de los mismos

principalmente por el sudor pero también por la orina y la saliva, de forma que su disponibilidad para la producción disminuye (Sanchez 1994). El sudor contiene cantidades importantes de potasio y sodio (Beede 1983, National Research Council 2001). La saliva contiene principalmente sodio, pero también fósforo, potasio y cloro (National Research Council 2001). Las pérdidas de minerales por la polirrea debida a la polipnea durante el estrés térmico pueden alcanzar los 50 a 80 gramos por día (Schneider 1984). La elevada biodisponibilidad (80%) del fósforo endógeno reciclado a través de la saliva (Agricultural and Food Research Council 1991, Valk 2003) hace que su pérdida por la polirrea influya de forma especialmente negativa sobre la cantidad total disponible para su absorción intestinal. La absorción de fósforo desde el sistema porta se reduce un 50% en vacas sometidas a estrés térmico (Sanchez 1994). En cuanto al sodio, además de las pérdidas por sudoración, ocurren dos hechos complementarios que influyen negativamente sobre su nivel plasmático: por un lado aumentan las pérdidas urinarias en el intercambio renal para conservar potasio (Schneider 1986); por otra parte la absorción activa de sodio desde el rumen disminuye porque depende de la concentración de ácidos grasos volátiles que durante estrés por calor está reducida por la menor ingesta. A su vez, el cloro y el magnesio dependen del sodio para ser absorbidos (Schneider 1986). El nivel de calcio iónico sanguíneo disminuye durante el estrés por calor hipotetizándose que es capturado y fijado por las proteínas del plasma cargadas negativamente por haber cedido protones para contrarrestar el incremento del pH sanguíneo debido a la alcalosis respiratoria (Sanchez 1994).

#### **Alteración del equilibrio acido-básico.**

El jadeo altera la ventilación alveolar afectando al pH sanguíneo y a la presión parcial y concentración de dióxido de carbono. La eliminación más rápida de lo normal debida a la aceleración del ritmo respiratorio, reduce la presión parcial de dióxido de carbono en la sangre por lo que el pH de la misma tiende a subir, ocurriendo alcalosis respiratoria. El descenso de la presión parcial de dióxido de carbono reduce la secreción renal de ácidos y exagera la pérdida compensatoria de bicarbonato en la orina, el sodio acompaña al bicarbonato para preservar la neutralidad eléctrica y se intercambia con los iones hidrógeno en sustitución del potasio que es conservado para otras demandas fisiológicas de alta prioridad (Schneider 1984, Schneider 1986, Sanchez 1994). La excreción renal de sodio es 1.5 veces superior durante las horas más cálidas del día en vacas sometidas a estrés por calor (West 1991). La elevada pérdida de bicarbonato induce la ocurrencia de acidosis metabólica compensatoria en las horas más frescas del día (Sanchez 1994). La menor disponibilidad de bicarbonato sanguíneo disminuye su reciclaje vía salivar lo que reduce la entrada de tampones al rumen (Schneider 1984). Esto es particularmente grave debido a la alteración del comportamiento alimenticio que determina que la mayor parte del consumo, y por tanto la mayor producción de ácidos grasos volátiles y el pH ruminal más bajo, se concentre justamente en las horas en que se está manifestando la acidosis metabólica compensatoria (Sanchez 1994). La reducida capacidad tampón de la sangre y la acidosis metabólica compensatoria determinan que las raciones con una elevada concentración de iones con poder acidificante como el cloro sean consumidas en menor cantidad (West 1991).

#### **Modificación del flujo sanguíneo a los órganos.**

Durante el estrés por calor el flujo de sangre al útero (Hansen 1999), glándula mamaria (Lough 1990) y sistema porta-hepático (McGuire 1989) disminuye. Sin embargo parece ser que el menor flujo de sangre a estos órganos no es únicamente consecuencia de

la necesidad de dirigir la sangre hacia la piel para facilitar la eliminación de calor corporal sino que además deriva del menor consumo de alimentos (McGuire 1989, Lough 1990).

**Cambios bioquímicos y hormonales.**

El estrés por calor provoca cambios bioquímicos diversos que incluyen alteración de los valores hemáticos, descenso de la glucemia, descenso de la urea sanguínea y modificación de la actividad de las enzimas séricas (Alnaimy 1992).

Los cambios hormonales que ocurren como respuesta al estrés por calor juegan un papel integral en el descenso de la productividad. La secreción y la concentración plasmática de hormona somatotropa se reducen a altas temperaturas. Los niveles de hormonas tiroideas descienden posiblemente en un intento de reducir el ritmo metabólico. El aumento de la adrenalina y noradrenalina indican la respuesta a una situación de estrés (West 1999b). La concentración de aldosterona sérica disminuye favoreciendo la conservación de potasio pero aumentando la eliminación renal de sodio (Schneider 1984, Alnaimy 1992).

En conjunto, los diversos cambios originados en el organismo como respuesta al estrés por calor reducen los rendimientos lecheros del ganado por efecto a nivel fisiológico y metabólico. El principal cambio es la reducción del consumo de alimentos, con la consiguiente disminución de los nutrientes disponibles, al tiempo que se incrementa el gasto basal de energía debido al jadeo (CUADRO VI). La modificación del equilibrio ácido-base y la reducción de los minerales disponibles, particularmente potasio, también afectan sensiblemente los resultados productivos. La reducción media de la producción es de 0.38 kg/°C entre unas temperaturas medias diarias de 12.5 y 27.1°C. Esta reducción es compensada en parte por la influencia de la mayor duración del fotoperíodo durante los meses cálidos, ya que este supone un aumento de producción de 1.15 kg por cada hora extra de luz entre el mínimo y el máximo anual. El efecto opuesto de ambos factores determina una reducción media de la producción lechera de 0.13 kg/°C (Barash 2001)

**CUADRO IV: EFECTOS DE LOS CAMBIOS OCASIONADOS POR EL ESTRES POR CALOR SOBRE LA PRODUCCIÓN**

REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE MATERIA SECA	MENOR DISPONIBILIDAD GENERAL DE NUTRIENTES
JADEO	AUMENTO DEL GASTO ENERGÉTICO DE MANTENIMIENTO
	ALCALOSIS RESPIRATORIA Y ACIDOSIS METABÓLICA COMPENSATORIA
SUDORACIÓN Y POLIRREA	PÉRDIDA DE MINERALES
VASODILATACIÓN PERIFÉRICA	MENOR FLUJO DE SANGRE A VÍSCERAS
CAMBIOS HORMONALES	MENOR PRODUCTIVIDAD

(ELABORACION PROPIA A PARTIR DE DIVERSAS FUENTES)

CUADRO V: INFLUENCIA DEL AMBIENTE EL CONSUMO DE MATERIA SECA

CATEGORIA	Tª MEDIA DE UNA SEMANA EN °C	HUMEDAD RELATIVA MEDIA DE UNA SEMANA EN %	Tª MINIMA	FRÍO NOCTURNO	AJUSTE KG/DÍA	
					PRIMÍPARAS	MULTÍPARAS
TERMONEUTRALIDAD Y FRÍO NOCTURNO	10-18	0-100	SI<10	SI	0	0
TERMONEUTRALIDAD CON FRÍO NOCTURNO Y BAJA HUMEDAD	10-18	0-70	SI≥10	NO	-0.2	-0.3
TERMONEUTRALIDAD CON FRÍO NOCTURNO Y ALTA HUMEDAD	10-18	71-100	SI≥10	NO	-0.6	-0.8
FRÍO	<10	0-100	ND	ND	0.02	0.03
CALOR CON FRÍO NOCTURNO Y BAJA HUMEDAD	>18	<65	SI≥15	SI	-0.2	-0.3
CALOR SIN FRÍO NOCTURNO Y BAJA HUMEDAD	>18	<65	SI≥15	NO	-0.05	-0.07
CALOR CON FRÍO NOCTURNO Y ALTA HUMEDAD	>18	≥65	SI<15	SI	-0.8	-1
CALOR SIN FRÍO NOCTURNO Y ALTA HUMEDAD	>18	≥65	SI>=15	NO	-2.1	-3.2

(ADAPTADO DE ROSELER, 1997)

CUADRO VI: CAMBIOS RELATIVOS DE DIVERSOS ASPECTOS PRODUCTIVOS POR EFECTO DE LA Tª AMBIENTE

Tª °C	NECESIDADES DE MANTENIMIENTO EN % SOBRE 10°C	CONSUMO DE MATERIA SECA ESTIMADO EN KG/DÍA	CONSUMO DE MATERIA SECA ACTUAL EN KG/DÍA	PRODUCCION DE LECHE EN KG/DÍA	CONSUMO DE AGUA EN LITROS/DÍA
-16	151	21.3	20.4	20	49.1
-10	126	19.8	19.8	25	56.1
0	110	18.8	18.8	27	61.9
10	100	18.2	18.2	27.5	64.6
20	100	18.2	18.2	27	65.4
25	104	18.4	17.7	25	71.2
30	111	18.9	16.9	23	76.2
35	120	19.4	16.7	17.2	116.1
40	132	20.2	10.5	12	102.6

NOTAS:

CALCULADO PARA UNA VACA QUE PESA 600 KILOS, PRODUCE 27.5 KG DE LECHE CON 3.7% DE GRASA  
LOS VALORES PARA TEMPERATURAS IGUALES O SUPERIORES A 25°C SON PARA DÍAS QUE TIENEN ESA TEMPERATURA ENTRE 6 Y 12 HORAS  
LAS NECESIDADES ESTAN ESTIMADAS PARA MANTENIMIENTO Y PRODUCCION DE LECHE  
EL CONSUMO DE AGUA Y MATERIA SECA SE ENTIENDE A LIBRE DISPOSICION. LA RACION CONTIENE 60% DE HENO Y ENSILADO DE MAIZ Y 40% DE CONCENTRADOS  
(DE MCDOWELL 1974. TOMADO DE HUBER 1995)

## MEDIDAS NUTRICIONALES PARA REDUCIR LOS EFECTOS DEL ESTRES POR CALOR

Evidentemente la primera medida a adoptar frente a las altas temperaturas debe ser la mejora de las instalaciones que albergan al ganado (Huber 1995). Las actuaciones pueden ser pasivas o activas (West 2003). Las medidas pasivas incluyen: proveer suficientes metros cuadrados de sombra, dar adecuada altura a los techados, evitar la incidencia del sol sobre los animales y sus lugares de descanso, y poner los comederos y bebederos a la sombra y cerca de los alojamientos. La refrigeración activa del ambiente supone la instalación de ventiladores con o sin vaporización simultánea de agua. Por otro lado, deben establecerse

Martínez Marin, Andrés L. **Efectos climáticos sobre la producción del vacuno lechero: estres por calor.** <sup>12</sup>  
[Revista Electrónica de Veterinaria REDVET](http://www.veterinaria.org/revistas/redvet)®, ISSN 1695-7504, Vol. VII, nº 10, Octubre/2006, [Veterinaria.org](http://www.veterinaria.org)® -  
[Comunidad Virtual Veterinaria.org](http://www.veterinaria.org)® - Veterinaria Organización S.L.® España. Mensual. Disponible en  
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet> y más específicamente en  
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101006.html>

medidas de manejo para favorecer el consumo de materia seca (Harris, 1992) como P.ej. distribución de la ración en las horas frescas del día, incluso en varias veces para incentivar el acercamiento de los animales a los pesebres, añadir agua en remolque mezclador o en el mismo pesebre, limpiar comederos al menos una vez al día, mantener limpios los bebederos, etc.

Una vez que las instalaciones han sido adaptadas económicamente (Armstrong 1994) para favorecer un ambiente térmicamente más favorable y el manejo de la alimentación revisado, pueden emprenderse modificaciones nutricionales tendentes a compensar la reducción en el consumo de alimentos y a mantener la homeostasis (CUADRO VII).

CUADRO VII: MEDIDAS PARA REDUCIR EL IMPACTO DEL ESTRÉS POR CALOR

ALOJAMIENTOS	PROVEER SUFICIENTES METROS CUADRADOS DE SOMBRA EN LAS AREAS DE DESCANSO
	DAR ALTURA ADECUADA A LOS TECHADOS
	COLOCAR SOMBRA EN COMEDEROS Y BEBEDEROS Y SITUARLOS PRÓXIMOS A LAS AREAS DE DESCANSO
	AISLAR LAS CONDUCCIONES DE AGUA Y LOS DEPÓSITOS
	DISTRIBUIR VENTILADORES Y HUMIDIFICADORES
MANEJO DEL ALIMENTO	RACIÓN DISTRIBUIDA EN HORAS FRESCAS DEL DÍA
	DISTRIBUIR EL ALIMENTO EN VARIAS VECES
	INCORPORAR AGUA AL ALIMENTO
	LIMPIAR CON FRECUENCIA COMEDEROS Y BEBEDEROS
FORMULACIÓN DE LAS RACIONES	REVISAR LA RELACIÓN FORRAJE/CONCENTRADO Y LA CALIDAD DEL FORRAJE
	INCLUIR GRASA INERTES EN RUMEN PERO NO SUPERAR EL 5% DE GRASA TOTAL EN LA RACIÓN
	NIVEL MEDIO DE PROTEÍNA CON DEGRADABILIDAD AJUSTADA A LA ENERGÍA FERMENTESCIBLE CONSUMIDA
	PROTEÍNA NO DEGRADABLE DIGESTIBLE DE ELEVADO VALOR NUTRICIONAL
	POSIBLE COMPLEMENTACIÓN CON AMINOÁCIDOS PROTEGIDOS
	SITUAR LA DIFERENCIA CATION-ANIÓN EN VALORES MEDIOS
	AUMENTAR EL APORTE DE SODIO, POTASIO, MAGNESIO Y FÓSFORO
	SUMINISTRAR AGUA POTABLE, LIMPIA Y FRESCA, CONTROLAR LOS SULFATOS, CLORUROS Y NITRATOS
LOS ADITIVOS SON VÁLIDOS COMO COMPLEMENTO DE LAS DEMÁS ACTUACIONES	

(ELABORACION PROPIA A PARTIR DE DIVERSAS FUENTES)

### **Los alimentos fibrosos durante el estrés por calor**

La concentración energética de la ración reduciendo el aporte de forraje tiene un efecto positivo sobre la reducción de la producción de calor corporal a dos niveles: reducción del calor de fermentación y mayor eficiencia metabólica de los productos finales de la digestión. La mayor concentración de la ración altera el patrón ruminal de ácidos grasos volátiles reduciendo el porcentaje de acetato y aumentando el de propionato cuya eficiencia metabólica de utilización es mayor (Blaxter 1964) y por tanto contribuye menos a la carga térmica del organismo. Teniendo en cuenta que los ácidos grasos volátiles suponen el mayor aporte de energía a la vaca (Institut National de la Recherche Agronomique 1978), cualquier modificación en sus proporciones tendrá un considerable efecto sobre la producción de calor. No obstante hay que tener en cuenta que aunque las raciones muy fibrosas contribuyen a aumentar la producción de calor, el nivel de consumo parece ser un factor aún más importante (Reynolds 1991, West 1999a). Por otra parte, aunque la ingesta total de raciones con bajos niveles de fibra detergente en ácido es mayor que el de raciones más fibrosas, el descenso de su consumo es mayor al aumentar la temperatura (Cummins 1992)

lo que sería indicativo de un efecto negativo sobre la digestión ruminal. Un efecto positivo añadido de la reducción del contenido fibroso de las raciones durante el estrés por calor es que se reduce la pérdida fecal de agua (Huber 1995). En definitiva, el menor uso de los alimentos fibrosos en las raciones reduce la producción de calor de fermentación y aumenta la eficacia de utilización de la energía lo que contribuye al menor incremento térmico, aunque el principal efecto de las raciones así diseñadas es que son consumidas en mayor cantidad aportando por tanto más nutrientes al animal. No obstante, las raciones deben respetar los niveles mínimos de fibra necesarios para mantener la salud ruminal, siendo preferible en cualquier caso aumentar la calidad del forraje que reducir su aporte (Huber 1995, West 1999b). El máximo beneficio del incremento de concentrados en la ración se alcanza cuando estos suponen en torno a un 60-65% de la misma (Coppock 1985).

### **El uso de grasas**

Teóricamente, la incorporación de grasa a las raciones podría tener una doble ventaja: por un lado reduciría el incremento térmico (mayor eficiencia de utilización y no producen calor de fermentación), y permitiría aumentar la ingesta de energía sin incremento del consumo y sin riesgo de acidosis ruminal. Diversas experiencias indican que el principal efecto de la utilización de grasas en las raciones durante el estrés por calor deriva del aumento de la densidad energética de la materia seca consumida aunque los resultados son variables (Chan 1992, Chan 1993). No se ha podido demostrar claramente un efecto de la grasa añadida a la ración sobre la producción de calor o la temperatura corporal (Knapp 1991), de hecho, vacas albergadas en ambientes refrigerados muestran mayor respuesta en producción de leche que vacas albergadas en ambientes no refrigerados (Huber 1995) (CUADRO VIII). La incorporación a la ración de ácido linoleico conjugado (CLA) no tiene ningún efecto sobre la producción de leche, la temperatura superficial o el ritmo respiratorio en comparación con ácidos grasos de palma durante el estrés por calor (Moore 2005). En cualquier caso, la utilización de grasas debe respetar los porcentajes de incorporación según la fuente y grado de saturación de las mismas. La recomendación general es que la concentración en la ración no debe superar el 5-7% con un tercio aportada por los alimentos, otro tercio por semillas oleaginosas y el resto por grasas inertes en rumen. La menor fermentescibilidad de raciones con grasa añadida requiere la revisión de los aportes de proteína degradable y no degradable (Agricultural and Food Research Council 1993) para garantizar los aportes nitrogenados adecuados.

CUADRO VIII: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE GRASAS A LA RACIÓN BAJO DIFERENTES TEMPERATURAS AMBIENTALES

AMBIENTE	CONSUMO DE MATERIA SECA KG/DÍA		CONSUMO DE ENERGÍA NETA Mcal/DÍA		PRODUCCIÓN DE LECHE KG/DÍA		PROTEÍNA LÁCTEA %	
	CONTROL	GRASA	CONTROL	GRASA	CONTROL	GRASA	CONTROL	GRASA
CÁLIDO	22.9	24.0	37.3	41.0	32.9	34.1(*)	3.14	3.1
	25.8	24.7	42.3	42.7	30.3	30.9	2.95	2.95
TEMPLADO	24.2	25.3	40.6	45.3	31.6	34.2(*)	3.13	3.01
	27.2	26.8	44.6	46.4	32.6	34.3(*)	3.03	3.08

NOTA: (\*) INDICA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA  $p < 0.05$   
 (TOMADO DE HUBER 1995)

### **El efecto de la proteína**

Durante el estrés por calor el incremento del porcentaje de proteína en la ración por encima de las necesidades estimadas produce una elevación de la producción de leche (West 1999b). Este efecto es obvio debido a la menor disponibilidad de todos los nutrientes en circunstancias de ingesta reducida de materia seca. No obstante, un exceso de proteína en ciertas circunstancias puede ser contraproducente debido a que la síntesis y excreción de urea procedente del amoníaco en exceso absorbido a nivel ruminal reduce la energía neta disponible para producción (Cornell 1990) aumentando la producción total de calor corporal y contribuyendo de esta forma al estrés térmico. Además el porcentaje de proteína bruta de la ración se relaciona linealmente con la pérdida urinaria de agua (Holter 1992). La degradabilidad de la proteína también es importante, a igual concentración de proteína las vacas que reciben una proteína menos degradable producen más leche durante estrés por calor; sin embargo, los resultados son similares en condiciones templadas (Huber 1994). Por otra parte, la calidad de la proteína no degradable también es importante (Chen 1993). El perfil de aminoácidos en la fracción no degradada y su digestibilidad puede determinar la respuesta productiva de los animales sometidos a estrés por calor ante la reducción de los aportes de proteína ruminodegradable. La respuesta a la mejor calidad de la proteína ingerida es incluso apreciable en vacas sometidas a estrés por calor frente a aquellas mantenidas en ambiente refrigerado con dietas de menor calidad proteica (Chen 1993) (CUADRO IX). Es recomendable que la fracción rápidamente degradable no suponga más del 40% de la proteína degradable efectiva en rumen (Agricultural and Food Research Council, 1993). Si la ración contiene un 18% de proteína bruta la fracción degradable no debe ser superior al 61% del total, además se tiene que tener en cuenta el aporte de aminoácidos esenciales. (Huber 1994). Si las vacas son mantenidas en ambientes refrigerados, la proteína bruta no es necesario que supere el 16% de concentración y la degradabilidad puede alcanzar un 65% (Arieli 2004).

CUADRO IX: INFLUENCIA DE LA PROTEÍNA DE LA RACIÓN SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN DIFERENTES TEMPERATURAS AMBIENTALES

TRATAMIENTO	AMBIENTE CÁLIDO				AMBIENTE TEMPLADO			
	1	2	3	4	1	2	3	4
PROTEÍNA BRUTA <sup>º</sup> MS	18.4	18.5	16.1	16.1	18.5	18.0	15.4	15.0
PROT. DEGRADABLE <sup>º</sup> PB	65.3	58.3	65.0	60.0	66.2	55.1	67.1	57.3
LECHE kg/día (1)	25.5	28.9	28.5	28.4	36.9	35.4	34.8	36.7
3.5% FCM kg/día (2)	23.5	26.8	26.5	26.1	34.7	31.8	32.2	32.4
CONSUMO kg/día (3)	21.2	21.6	23	22.8	--	--	--	--
% GRASA (4,5)	2.72	3.04	3.01	2.95	3.11	2.89	3.04	2.78
% PROTEÍNA	3.04	3.04	3.13	3.11	2.89	2.94	2.92	2.96

NOTAS:

- (1) TRATAMIENTO 1 FRENTE A TODOS LOS DEMÁS  $p < 0.05$  PARA AMBIENTE CÁLIDO
- (2) INTERACCIÓN  $P < 0.06$  PARA AMBIENTE TEMPLADO
- (3) EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNA  $P < 0.01$
- (4) TRATAMIENTO 1 FRENTE A TODOS LOS DEMÁS  $P < 0.05$  PARA AMBIENTE CÁLIDO
- (5) EFECTO DE LA DEGRADABILIDAD DE LA PROTEÍNA  $P < 0.05$  PARA AMBIENTE TEMPLADO (DE HUBER, 1995)

### **Los minerales y el equilibrio ácido-básico**

El incremento de la concentración de minerales en la ración diaria de vacas tiene diversos efectos sobre el consumo y la producción de leche que además depende de la época del año (Sanchez 1994). El incremento de la concentración de fósforo en el rango de 0.33% a 0.65% tiene un efecto lineal positivo no significativo sobre la ingesta diferente en verano e invierno, en tanto que no existe ningún efecto sobre la producción. El incremento del aporte de sodio en el rango de de 0.1% a 1.2% tiene un efecto cuadrático sobre el consumo y la producción, con un óptimo en torno al 0.55% sin diferencias entre estaciones. La concentración de potasio tiene un efecto positivo lineal no significativo sobre el consumo en el rango de 0.66% a 1.96% más marcado en verano pero no hay un efecto significativo sobre la producción de leche. El incremento del aporte de cloro de 0.15% a 1.62% tiene un efecto negativo sobre el consumo y la producción que es más marcado en verano. La respuesta positiva al aumento de la concentración de calcio desde 0.5% a 1.34% es mayor en verano que en invierno. El aumento de la concentración de magnesio en la ración de 0.2% a 0.62% es más positivo en verano tanto para el consumo como para la producción, con un valor óptimo en torno a 0.35%. Las relaciones ente los minerales también deben ser tenidas en cuenta. En el caso del potasio, sodio y cloro hay que distinguir el efecto debido a la relación entre ellos expresada como diferencia catión-anión ( $DCA = K+Na-Cl$ ) de la ración. El aumento de la DCA de la ración tiene un efecto positivo sobre el consumo de materia seca y la producción de leche diferente en invierno y verano (Sanchez 1994, Delaquis 1995). Este efecto es independiente del catión (sodio o potasio) que se aumente para subir la DCA (Tucker 1988). La DCA óptima en verano se sitúa en torno a 40 meq/100 gramos de materia seca (Sanchez 1994), siendo el efecto más positivo en vacas al comienzo y mitad de la lactación (Delaquis 1995).

Los aportes de potasio y sodio pueden aumentarse por incorporación de cloruro potásico o sódico (sales neutras). Para la modificación de la DCA es preciso utilizar ambos cationes en forma de bicarbonatos, estos compuestos tienen además un efecto alcalinizante ruminal. Los aportes de fósforo y calcio deben hacerse en forma de fosfato bicálcico y carbonato cálcico, el magnesio se puede aportar como óxido que también es alcalinizante ruminal aunque sin efecto sobre la DCA.

### **El aporte de agua**

El aporte de agua durante el estrés por calor es de importancia crítica porque cubre dos propósitos: es el vehículo para disipar calor mediante la sudoración y el jadeo, además es el principal componente de la leche (Beede 1992, Sanchez 1994). El consumo de agua es beneficioso por otros motivos: el mayor contenido de agua del rumen acelera su vaciado (Silanikove 1992) lo que reduce el efecto de llenado debido a la menor velocidad de tránsito durante el estrés por calor; por otro lado el agua consumida contribuye al enfriamiento corporal total (Blaxter 1964). Aunque los resultados positivos sobre la producción lechera de las experiencias en que el agua de bebida es enfriada no son definitivos y teniendo en cuenta que la economía de enfriar el agua es discutible, debe hacerse hincapié en otros aspectos tales como evitar el calentamiento en las conducciones y depósitos y habilitar bebederos suficientes de pequeño volumen y llenado rápido (Beede 1992). La temperatura del agua de bebida no debe ser superior a 30°C (Huber 1995). Por otro lado, la calidad del agua también es un factor a tener en consideración ya que un contenido muy elevado de

sulfato más cloro (más de 1000 ppm) agrava el desequilibrio ácido-básico que ocurre durante el estrés por calor (Sanchez 1994).

### **Aditivos**

Las sustancias cuya incorporación a las raciones se ha considerado beneficiosa durante el estrés por calor son vitaminas y microorganismos y/o sus metabolitos.

Dentro de las vitaminas, la niacina ha sido la más utilizada porque a dosis elevadas (6 a 12 grs/día) produce vasodilatación periférica lo que facilita la eliminación de calor por vaporización desde la piel reduciendo la temperatura superficial, aunque no se modifica la temperatura rectal (Di Costanzo 1997). La niacina tiene efecto anticetósico y antilipolítico, mejora el balance energético al comienzo de la lactación y actúa estimulando la síntesis de proteína microbiana (Hutjens 1992). Sin embargo, el efecto directo de la suplementación con niacina sobre la tolerancia al estrés por calor no se ha podido demostrar de forma definitiva (Belibasakis 1996, Di Costanzo 1997) (CUADRO X).

CUADRO X: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE NIACINA A LA RACIÓN SOBRE LOS RESULTADOS PRODUCTIVOS EN DIFERENTES CONDICIONES AMBIENTALES

PERÍODO	TRATAMIENTO	
PERÍODO I	CONTROL	NIACINA
LECHE KG/DÍA	28.0	29.0
GRASA%	3.40	3.33
PROTEÍNA%	2.90	2.91
LECHE 4% GRASA KG/DÍA	25.5	26.1
CONSUMO KG/DÍA	21.7	22.5
PERÍODO II	CONTROL	NIACINA
LECHE KG/DÍA	25.0	22.9
GRASA%	3.45	3.38
PROTEÍNA%	2.90	2.91
LECHE 4% GRASA KG/DÍA	22.9	23.5
CONSUMO KG/DÍA	17.9	17.8
PERÍODO III	CONTROL	NIACINA
LECHE KG/DÍA	28	28.7
GRASA%	3.33	3.35
PROTEÍNA%	3.17	3.17
LECHE 4% GRASA KG/DÍA	25.2	25.9
CONSUMO KG/DÍA	21.2	20.0

NOTA: NINGÚN VALOR ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTE ENTRE CONTROL Y NIACINA AÑADIDA

PERÍODO	MINIMA		MAXIMA	
	Tª °C	HR %	Tª °C	HR %
1	20.4	72.1	28.5	91.8
2	22.9	77.1	31.4	99.8
3	17.3	77.4	25.2	100

(DE DI CONSTANZO, 1997)

El extracto de fermentación de *Aspergillus oryzae* ha sido el aditivo microbiano más utilizado para mejorar la producción durante el estrés por calor (Huber, 1994) con el argumento de que aumenta la tolerancia al calor. El uso de este producto mejora la producción de leche particularmente en vacas al comienzo de la lactación porque estimula la flora ruminal celulolítica y estabiliza el pH ruminal (Hutjens 1992) aunque los resultados en cuanto a la tolerancia al calor son inconcluyentes (Kellems 1990, Denigan 1992, Higginbotham 1994, Huber 1994).

En general, aquellas sustancias que mejoren la salud y eficiencia ruminal en particular y el metabolismo en general contribuirán a mejorar los resultados productivos durante el estrés por calor.

## **CONCLUSION**

El estrés por calor resulta de la incapacidad del organismo para disipar suficiente cantidad de calor corporal y mantener la homeotermia. El calor a eliminar proviene del gasto energético de mantenimiento, la ineficacia de los procesos productivos y los procesos digestivos. La principal vía de eliminación de calor metabólico a altas temperaturas es la evaporación de agua desde el tracto respiratorio y sobre todo desde la piel. Los factores ambientales que determinan la capacidad de eliminar calor son temperatura, humedad, velocidad del viento y radiación solar, medidos en su conjunto como Temperatura Ambiente Efectiva. La consecuencia directa del estrés por calor es una menor producción de leche. Las medidas a adoptar son básicamente tres: modificación de los alojamientos, adaptación del manejo de la alimentación y cambios en la formulación de las raciones.

Los alojamientos deben proveer suficientes metros cuadrados de sombra, fácil acceso a comederos y abrevaderos y conveniente protección de estos frente al calor (sombras, aislamiento de conducciones, etc.). La instalación de ventiladores y humidificadores puede ser una solución si económicamente se justifica. La ración diaria debe repartirse en varias veces y coincidiendo con las horas más frescas del día. La apetecibilidad puede aumentarse por adición de agua, alimentos acuosos o melazas.

Una vez mejoradas las condiciones de alojamiento y el manejo, los cambios en la formulación de las raciones deben centrarse en la provisión de suficiente forraje de alta calidad, aumento de la concentración energética incorporando grasas protegidas, mejora de la calidad de las fuentes de proteína e incremento del aporte de minerales convenientemente equilibrados. No se debe pasar por alto la provisión de agua potable y fresca.

## **BIBLIOGRAFIA.**

1. Agricultural and Food Research Council. Technical Committee on Response to Nutrients. Report 6. A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle. Nutr. Abstr. and Rev. (series B) Vol. 61. 1991 P. 573-612
2. Agricultural and Food Research Council. Technical Committee on Response to Nutrients. Energy and protein requirements of ruminants: an advisory manual. Wallingford: CAB International. 1993

3. Alnaimy, A., Habbeb, M., Fayaz, I., Marai, M., Kamal, T.H. Heat stress. In: C. Phillips and D. Piggins (eds.) Farm animals and the environment. Wallingford: CAB International. 1992. P. 27-47
4. Arieli, A., Adin, G., Bruckental, I. The effect of protein intake on performance of cows in hot environmental temperatures. J. Dairy Sci. Vol. 87. 2004. P. 620-629
5. Armstrong, D.V. Heat stress interaction with shade and cooling. J. Dairy Sci. Vol. 77. 1994. P. 2044-2054
6. Barash, H., Silanikove, N., Shamay, A., Ezra, E. Interrelationships among ambient temperature, day length and milk yield in dairy cows under a mediterranean climate. J. Dairy Sci. Vol. 84. 2001. P. 2314-2320
7. Beede, D.K., Mallone, P.G., Schneider, P.L., Wilcox, C.J., Collier, R.J. Potassium nutrition of heat-stressed dairy cows. S. Afr. J. Anim. Sci. vol 13. 1983. P.198-200
8. Beede, D.K. Water for dairy cattle. In: H.H. VanHorn and C.J. Wilcox (eds.) Large Dairy Herd Management. Champaign IL: Am. Dairy Sci. Assoc. 1992. P. 260-271
9. Belibasakis, N.G., Tsigogianni, D. Effects of niacin on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows in hot weather. Anim. Feed Sci. Tech. Vol. 64. P. 53-59
10. Berman, A., Wolfenson, D. Environmental modifications to improve production and fertility. In: H.H. VanHorn and C.J. Wilcox (eds.) Large Dairy Herd Management. Champaign IL: Am. Dairy Sci. Assoc. 1992. P. 126-134
11. Berman, A. Estimates of heat stress relief needs for holstein dairy cows. J. Anim. Sci. Vol. 83. 2005. P. 1377-1384
12. Bernabucci, U., Bani, P., Ronchi, B., Lacetera, N., Nardone, A. Influence of short and long-term exposure to a hot environment on rumen passage rate and diet digestibility by friesian heifers. J. Dairy Sci. Vol. 82. 1999. P. 967-973
13. Blaxter, K.L. Metabolismo energético de los rumiantes. Zaragoza: Acribia, 1964. 314 P.
14. Bruce, J. M. Interactions between the animal and its environment. In: J. M. Forbes. and J. France (eds.) Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. Wallingford: CAB International. 1993. P. 495-508
15. Chan, S.C., Huber, J.T., Wu, Z. J., Chen, K.H., Simas, J. Effect of fat supplementation and protein source on performance of dairy cows in hot environmental temperatures. J. Dairy Sci. Vol. 75 (sup. 1). 1992. P. 175 (abstr.).
16. Chan, S.C., Huber, J.T., Wu, Z. J., Simas, J., Chen, K.H., Santos, F., Rodrigues, A., Varela, J. Effects of supplementation of fat and evaporative cooling of dairy cows subjected to hot temperatures. J. Dairy Sci. Vol. 76 (sup. 1). 1993. P. 184 (abstr.)
17. Chen, K.H., Huber, J.T., Theurer, C.B., Armstrong, D.V., Wanderlay, R., Simas, J., Chan, S.C., Sullivan, J. Effect of supplemental protein quality and evaporative cooling on lactation performance of holstein cows in hot weather. J. Dairy Sci. Vol. 76. 1993. P. 819-825
18. Coppock, C.E. Energy nutrition and metabolism of the lactating dairy cow. J. Dairy Sci. Vol. 68. 1985. P. 3403-3410
19. Cummings, K.A. Effect of dietary acid detergent fiber on responses to high environmental temperature. J. Dairy Sci. Vol. 75. 1992. P. 1465-1471
20. Delaquis, A.M., Block, E. Dietary cation-anion difference, acid-base status, mineral metabolism, renal function, and milk production of lactating cows. J. Dairy Sci. Vol. 78. 1995. P. 2259-2284

21. Denigan, M.E., Huber, J.T., Alhadhrami, G., Al-Dehneh, A. Influence of feeding varying levels of Amaferm on performance of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* Vol. 75. 1992. P. 1616-1621
22. Di Costanzo, A., Spain, J.N., Spiers, D.E. Supplementation of nicotinic acid for lactating holstein cows under heat stress conditions. *J. Dairy Sci.* Vol. 80. 1997. P. 1200-1206
23. Forbes, J.M. Voluntary food intake and diet selection in farm animals. Wallingford: CAB International. 1995. 532 P.
24. Fox, D.G., Tytlutki, T.P. Accounting for the effects of environment on the nutrient requirements of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* Vol. 81. 1998. P. 3085-3095
25. Hahn, G.L. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Anim. Sci.* Vol. 77, suppl. 2/J 1999. P. 10-20
26. Harris, B. Feeding and managing cows in warm weather. Factsheet DS 48 of the Dairy Production Guide. Florida Cooperative Extension Service. 1992. 7 P.
27. Higginbotham, G.E., Collar, C.A., Aseltine, M.S., Bath, D.L. Effect of yeast culture and *Aspergillus oryzae* extract on milk yield in a commercial dairy herd. *J. Dairy Sci.* Vol. 77. 1994. P. 343-348
28. Holter, J.B., Urban, W.E. Water partitioning and intake prediction in dry and lactating holstein cows. *J. Dairy Sci.* Vol. 75. 1992. P. 1472-1479
29. Holter, J.B., West, J.W., McGilliard, M.L. Predicting ad libitum dry matter intake and yield of holstein cows. *J. Dairy Sci.* Vol. 80. 1997. P. 2188-2199
30. Huber, J.T., Higginbotham, G., Gomez-Alarcon, R.A., Taylor, R.B., Chen, K.H., Chan, S.C., Wu, Z. Heat stress interactions with protein, supplemental fat, and fungal cultures. *J. Dairy Sci.* Vol. 77. 1994. P. 2080-2090
31. Huber, J.T. "Amelioration of heat stress in dairy cattle" In: C.J.C. Phillips (ed.) *Progress in dairy science.* Wallingford: CAB International. 1995. P. 211-243
32. Hutjens, M.F. Selecting feed additives. In: H.H. VanHorn and C.J. Wilcox (eds.) *Large Dairy Herd Management.* Champaign IL: Am. Dairy Sci. Assoc. 1992. P. 309-317
33. Institut National de la Recherche Agronomique. *Alimentation des Ruminants.* Versailles: INRA. 1980. 622 P.
34. Johnson, H.D. Bioclimates and livestock. In: H.D. Johnson (ed.) *Bioclimatology and the adaptation of livestock.* St. Louis MO: Elsevier, 1987a. P. 3-15
35. Johnson, H.D. Bioclimates effects on growth, reproduction and milk production. In: H.D. Johnson (ed.) *Bioclimatology and the adaptation of livestock.* St. Louis MO: Elsevier, 1987b. P. 35-52
36. Kellems, R.O., Lagerstedt, A., Wallentine, M.V. Effect of feeding *Aspergillus oryzae* fermentation extract or *Aspergillus oryzae* plus yeast culture plus mineral and vitamin supplement on performance of holstein cows during a complete lactation. *J. Dairy Sci.* Vol. 73. 1990. P. 2922-2928
37. Knapp D.M., Grummer, R.R. Response of lactating dairy cows to fat supplementation during heat stress. *J. Dairy Sci.* Vol. 74. 1991. P. 2573-2579
38. LeDividich, J., Herpin, P., Geraert, P.A., Vermorel, M. Cold stress. In: C. Phillips and D. Piggins (eds.) *Farm animals and the environment.* Wallingford: CAB International. 1992. P. 3-26
39. Lough, D.S., Beede, D.L., Wilcox, C.J. Effects of feed intake and thermal stress on mammary blood flow and other physiological measurements in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* Vol. 73. 1990. P. 325-332

40. Martínez, A.L., Sanchez, J.F. Necesidades de agua del ganado vacuno lechero. Madrid: Nuestra Cabaña, 2000. P. 52-56
41. McDowell, R.E., Moody, E.G., Van Soest, P.J., Lehmann, R.P., Ford, G.L. Effect of heat stress on energy and water utilization of lactating cows. J. Dairy Sci. Vol. 52. 1969. P. 188-194
42. McGuire, M.A., Beede, D.K., DeLorenzo, M.A., Wilcox, C.J., Huntington, G.B., Reynolds, C.K., Collier, R.J. Effects of thermal stress and level of feed intake on portal plasma flow and net fluxes of metabolites in lactating holstein cows. J. Anim. Sci. Vol. 67. 1989. P. 1050-1060
43. Moore, C.E., Kay, J.K., Collier, R.J., VanBaale, M.J., Baumgard, L.H. Effect of supplemental conjugated linoleic acids on heat-stressed brown swiss and holstein cows. J. Dairy Sci. Vol. 88. 2005. P. 1732-1740
44. Murphy, M.R. Water metabolism in dairy cattle. J. Dairy Sci. Vol. 75. 1992. P. 326-333
45. National Research Council. Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. Washington, DC: National Academy Press, 1981. 152 P.
46. National Research Council. Predicting feed intake of food-producing animals. Washington, DC: National Academy Press, 1987. 85 P.
47. National Research Council. Nutrient requirements of beef cattle: seventh revised edition 1996: update 2000. Washington, DC: National Academy Press, 2000. 234 P.
48. National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle: seventh revised edition Washington, DC: National Academy Press, 2001. 333 P.
49. Reynolds, C.K., Tyrrell, H.F., Reynolds, P.J. Effects of diet forage to concentrate ratio and intake on energy metabolism in growing beef heifers: Whole body energy and nitrogen balance and visceral heat production. J. Nutr. Vol. 121. 1991. P. 994-1003
50. Roseler, DK., Fox, D.G., Chase, L.E., Pell, A.N., Stone, W.C. Development and evaluation of equations for prediction of feed intake for lactating holstein dairy cows. J. Dairy Sci. Vol. 80. 1997. P. 878-893
51. Sanchez, W.K., McGuire, M.A., Beede, D.K. Macromineral nutrition by heat stress interactions in dairy cattle: review and original research. J. Dairy Sci. Vol. 77. 1994. P. 2051-2079
52. Schmidt-Nielsen, K. Animal physiology (Adaptation and environment). Cambridge: Cambridge University Press. 1990. 630 P.
53. Schneider, P.L., Beede, D.K., Wilcox, C.J., Collier, R.J. Influence of dietary sodium and potassium bicarbonate and total potassium on heat-stressed lactating dairy cows. J. Dairy Sci. Vol. 67. 1984. P. 2546-2553
54. Schneider, P.L., Beede, D.K., Wilcox, C.J. Response of lactating cows to dietary sodium source and quantity and potassium quantity during heat stress. J. Dairy Sci. Vol. 69. 1986. P. 99-100
55. Search Agriculture: Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. No. 34. The Cornell net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. Ithaca NY: Cornell University. 1990. 128 P.
56. Silanikove, N. Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants: a review. Livestock Prod. Sci. vol 30. 1992. P. 175-194
57. Tucker, W.B., Harrison, G.A., Hemken, R.W. Influence of dietary cation-anion balance on milk, blood, urine and rumen fluid in lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. Vol. 71. 1988. P. 346-354

58. Valk, H., Beynen, A.C. Proposal for the assesment of phosphorus requirements of dairy cows. *Livestock Prod. Sci.* vol 79. 2003. P. 267-272
59. West, J.W., Mullinix, B.G., Sandifer, T.G. Changing dietary electrolyte balance for dairy cows in cool and hot environments. *J. Dairy Sci.* Vol. 74. 1991. P. 1662-1674
60. West, J.W., Haydon, K.D., Mullinix, B.G., Sandifer, T.G. Dietary cation-anion balance and cation source on production and acid-base status of heat-stressed cows. *J. Dairy Sci.* Vol. 75. 1992. P. 2776-2786
61. West, J.W., Hill, G.M., Fernandez, J.M., Mandebvu, P., Mullinix, B.G. Effects of dietary fiber on intake, milk yield, and digestion by lactating dairy cows during cool or hot, humid weather. *J. Dairy Sci.* Vol. 82. 1999 a. P. 2455-2465
62. West, J. W. Nutritional strategies for managing de heat-stressed dairy cow. *J. Anim. Sci.* Vol. 77, suppl. 2/J 1999 b. P. 21-35
63. West, J.W. Effect of heat stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* Vol. 86. 2003. P. 2131-2144

Trabajo recibido el 15/07/05/2006, nº de referencia **1006018\_RED VET**. Enviado por su autor principal. Publicado en **REDVET®** el 01/10/06.

(Copyright) 1996-2006. **Revista Electrónica de Veterinaria REDVET®**, ISSN 1695-7504 - **Veterinaria.org®** - **Comunidad Virtual Veterinaria.org®** - Veterinaria Organización S.L.®

Se autoriza la difusión y reenvío de esta publicación electrónica en su totalidad o parcialmente, siempre que se cite la fuente, enlace con Veterinaria.org -**www.veterinaria.org** y **REDVET®** **www.veterinaria.org/revistas/redvet** y se cumplan los requisitos indicados en **Copyright**

**Veterinaria Organización S.L.®** (Copyright) 1996-2006 Email: **info@veterinaria.org**