

# El bienestar en las granjas de vacuno de leche (VII):

## El estrés calórico (1)

En este número iniciamos una nueva serie de trabajos relacionados con el bienestar del vacuno de leche. En esta ocasión nos centraremos en un asunto de suma importancia en este ganado y en países que, como el nuestro, experimentan prolongados períodos de altas temperaturas y, en algunas zonas, también elevada humedad.

En esta primera entrega repasaremos los mecanismos de transmisión de calor y recordaremos las necesidades térmicas de estos animales.

Por ello, en un trabajo posterior, abordaremos la evaluación y medición del estrés calórico, pues el enorme progreso genético en las últimas décadas y el consiguiente incremento de la producción han dado lugar a la necesaria revisión de algunos datos ahora generalmente aceptados por la comunidad técnica y científica. Ese ha sido el caso, por ejemplo, del índice de temperatura y humedad (ITH) cuyo valor umbral para considerar que la vaca ha entrado en EC, aunque sea en un nivel leve o moderado, ha sido necesario reducir para tener en cuenta la mayor producción de calor metabólico de las vacas actuales, sobre todo las de alta producción. Además de este índice, se explicarán otros más de los propuestos en los últimos años, que tratan de incluir en su cálculo los principales parámetros que influyen en la sensación de calor percibida por el animal.

*El progreso genético y el aumento de producción de las últimas décadas hacen necesaria la revisión de índices como temperatura y humedad y la reducción del umbral de entrada de la vaca en EC*

Asimismo, expondremos las consecuencias que el estrés por calor tiene en el animal, tanto en sus respuestas fisiológicas, que tienen un efecto negativo sobre la economía de la explotación y la salud del animal, como en sus respuestas conductuales, que deben servir como un primer signo de alerta de una situación que no debe dejarse que progrese.

Finalmente, propondremos las diversas alternativas que podemos contemplar para evitar que las vacas en EC o, al menos, para mitigar sus negativos efectos y no llegar a niveles de alerta o peligrosos.

### 1. INTRODUCCIÓN

Las condiciones ambientales presentes en un alojamiento de vacuno lechero son de enorme importancia para conseguir un adecuado confort y bienestar de los animales alojados, además de ser una condi-

ción necesaria (aunque no suficiente) para que puedan expresar todo su potencial productivo.

Por otra parte, su resistencia a las enfermedades aumenta cuando las vacas están en unas condiciones de alojamiento óptimas pues la falta de salud es la primera causa de NO BIENESTAR. Debe pensarse que el sistema inmunitario del animal se deprime cuando estas "necesidades ambientales" no se satisfacen adecuadamente.

Sin duda, en animales que, como se verá posteriormente, soportan mejor las bajas temperaturas que las altas, este factor ambiental es de una extraordinaria importancia en nuestro país, con una gran superficie del mismo expuesta a veranos largos y calurosos.

Los elevados valores térmicos van a causar lo

**Antonio Callejo Ramos.** Dr. Ingeniero Agrónomo.  
Dpto. Producción Agraria E.T.S.I. Agronómica, A. y  
de B.-U.P.M. - antonio.callejo@upm.es

que se conoce como “estrés térmico”<sup>1</sup> o “estrés calórico” (en adelante, EC). Otros factores ambientales como la humedad o la velocidad del aire pueden aliviar o agravar este estrés, como se señalará oportunamente.

Por tanto, en este primer capítulo de esta nueva serie, se describirán cuáles son las necesidades térmicas de estos animales y se explicarán cuáles son sus mecanismos de producción y eliminación de calor.

No es sencillo conseguir de forma óptima, en todo momento, el confort térmico de las vacas lecheras, si se tiene en cuenta que, al contrario que en explotaciones intensivas de animales monogástricos, en los alojamientos bovinos el control de la temperatura es mucho menor, cuando no inexistente. Además, diversas circunstancias contribuyen a acrecentar esta dificultad:

- Hay una amplia y variada tipología de alojamientos, en función de la edad y estado fisiológico del animal a alojar.
- Las condiciones climatológicas propias de la zona donde se ubica la granja; muy habitualmente sin suficientes datos históricos que orienten sobre la mejor solución constructiva a adoptar.
- La considerable oscilación térmica lo largo del año en la mayor parte de nuestro país y de otras zonas de similar latitud geográfica, incluso a lo largo de un mismo día.
- La altísima producción de calor y de vapor de agua de estos animales (dado su tamaño y nivel de producción), así como de deyecciones que, a su vez, generan gran cantidad de calor, vapor de agua y gases nocivos, cuya mayor o menor importancia en el confort ambiental también dependerá del sistema de eliminación de deyecciones que se instale.
- Los episodios cada vez más frecuentes y prolongados de altas temperatura, así como la mayor producción de calor de unos animales con niveles productivos muy elevados y mayor peso corporal

En todo caso, ante el EC las posibles medidas a adoptar tienen bastante en común independientemente de la zona donde nos encontremos y el estado fisiológico del animal. Existe un factor común, el exceso de calor, y un conjunto de medidas que con mayor o menor intensidad y grado de importancia se deberán considerar para combatir el problema.

## 2. TRANSMISIÓN DE CALOR. NECESIDADES TÉRMICAS

Los procesos fisiológicos en las vacas requieren (como en todos los mamíferos), dentro de unos límites, una temperatura corporal relativamente constante. Ello se debe a su condición de animales *homeotermos*. Puesto que la temperatura del ambiente que rodea al animal es variable, las vacas deben poner en funcionamiento una diversidad de mecanismos de adaptación a esa variabilidad térmica, fundamentalmente modificando aspectos etológicos (comportamiento) y fisiológicos. En definitiva, lo que se trata es que la producción y eliminación de calor por parte del animal se mantengan en equilibrio.

No obstante, no sólo la temperatura del aire (la que medimos con el termómetro) es responsable de la *temperatura efectivamente percibida* por el animal (o sensación térmica). Hay otros parámetros

que actúan de forma combinada sobre el confort térmico de los animales:

- Temperatura
- Humedad relativa
- Velocidad del aire
- Temperatura de la cama, paredes y suelo
- Radiación solar, directa o indirecta
- Temperatura del agua de bebida

### 1. Mecanismos de producción de calor

Las vacas disponen de los siguientes mecanismos de producción de calor:

- Tasa de metabolismo basal. Es el calor desprendido en los procesos fisiológicos vitales más imprescindibles. Es función del peso metabólico, por lo que aumenta con la edad y el peso del animal, en términos absolutos.
- Ingestión de pienso. Es el calor generado en los procesos de digestión. Puede aumentar hasta un 20% el calor basal.
- La termorregulación. Es el calor que se genera en los procesos fisiológicos que se ponen en marcha para mantener la  $T^{\circ}$  corporal, en especial en situaciones de  $T^{\circ}$  ambiental alta. Los principales procesos son el aumento del ritmo cardíaco y del respiratorio.

A estos procesos básicos hay que añadir el calor generado en la síntesis de los tejidos muscular y adiposo, en la actividad física y, en animales al aire libre, el obtenido por radiación solar, sea ésta directa o indirecta, si bien la radiación indirecta también pueden recibirla los animales que están en estabulación.

### 2. Mecanismos de eliminación de calor

La capacidad de regulación térmica es una adaptación evolutiva que permite a los animales homeotermos sobrevivir a pesar de las variaciones de la temperatura del aire. Esta capacidad permite usar la temperatura como una señal de control de los procesos fisiológicos. Sin embargo, el hecho de que las mayores producciones de leche por animal se hayan alcanzado en climas templados y que las vacas de alto potencial productivo ubicadas en ambientes tropicales no hayan sido capaces de alcanzar su capacidad teórica de producción, subraya la interacción del animal con el ambiente que le rodea.

Los mecanismos que se describen a continuación son de intercambio térmico, si bien la situación más habitual va a ser la de animales que necesitan eliminar exceso de calor en situaciones de altas temperaturas ambientales. Por tanto, la eliminación de calor corporal por parte de las vacas puede realizarse por los procesos que se explican seguidamente.

#### 2.1. Radiación

Cualquier cuerpo u objeto cuya temperatura está por encima del cero absoluto ( $0\text{ K} = -273\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) emite calor de radiación, cuyo valor será función de su temperatura.

La transferencia de calor por radiación implica la transmisión de energía térmica de un cuerpo a otro en virtud de la diferencia de temperaturas de ambos cuerpos y de la cantidad de superficie “vista” entre dichos cuerpos.

La cantidad máxima posible de calor emitida por un objeto cuya temperatura está sobre el cero absoluto está definida por la Ley de Stefan-Boltzman:

<sup>1</sup> El estrés térmico también puede ser por frío intenso, pero no es habitual en ganado lechero en nuestro país, aunque podría afectar negativamente a los terneros de corta edad.

$$Q_{rad} = A \chi \sigma \chi T^4$$

donde:

- $Q_{rad}$ : calor de radiación (expresado en Watios) emitido por una superficie a una temperatura T
- $\sigma$  constante de Stefan Boltzman =  $5,67 \times 10^{-8}$  (W/m<sup>2</sup> K<sup>4</sup>)
- A: Área del cuerpo (m<sup>2</sup>)
- T: Temperatura de la superficie del cuerpo (K)

En la práctica, la emisión máxima no se produce y se introduce un factor de corrección, según las propiedades de la superficie emisora:

$$Q_{rad} = A \chi \epsilon \chi \sigma \chi T^4$$

donde:

- $\epsilon$  es la emisividad de una superficie, varía de 0 a 1, y es adimensional.

En el caso de la transmisión de calor de radiación entre un animal y el entorno que le rodea (por ejemplo, las paredes o la cubierta de un alojamiento), la ecuación anterior se expresaría de la siguiente forma:

$$Q_{rad} = A_b \chi \epsilon_b \chi \sigma \chi (T_{sk}^4 - T_r^4) \quad (1)$$

donde:

- $A_b$ : Área del cuerpo del animal (m<sup>2</sup>)
- $\epsilon_b$ : emisividad de la superficie de la piel (0,90 en la mayoría de los animales)
- $T_{sk}$ : Temperatura de la superficie de la piel del animal (K)
- $T_r$ : temperatura de las superficies alrededor del animal pero con las que no está en contacto (K)

La radiación puede ser directa<sup>2</sup> o indirecta, es decir, radiación reflejada por otro cuerpo sólido y recibida por el animal.

La cantidad de calor de radiación absorbida por un cuerpo no sólo depende de la temperatura de éste sino también de su color y textura, siendo las superficies oscuras las que absorben más calor que las claras, a la misma temperatura. Vacas con capa de pelo blanco absorbieron alrededor del 66 % de la radiación de onda corta, mientras que las de pelo negro absorbieron casi el 89 % de esta radiación. Colocados estos animales a la exposición solar directa, la temperatura de las vacas blancas subió 0,7 °C y la de las negras se elevó 4,8 °C (ver ejemplo).

Ejemplo:

Una vaca de 600 kg bajo una estructura metálica que le da sombra. Esta estructura, calentada por el sol, se convierte en un foco emisor de calor (radiación).

- $A_b=0,14 \times PV^{0.57}$
- Temperatura de la piel de la vaca: 36 °C
- Temperatura de la cara interna de la cubierta: 42 °C
- Se considera que la superficie de la vaca que "mira" a la cubierta e intercambia calor de radiación es de 2/3.
- $\epsilon_b$ : 0,90

Por tanto, la vaca está intercambiando calor de radiación con una superficie a 42 °C. Aunque el intercambio de calor es bidireccional, el balance será positivo para la vaca (ganará calor) al ser su temperatura inferior a la de la cubierta:

$$Q_{rad} (cub - vaca) = A_b \chi \epsilon_b \chi \sigma \chi (T_{sk}^4 - T_r^4) = \left( \frac{2}{3} \chi 0,14 \chi 600^{0.57} \chi 0,90 \chi 5,67 \right) \chi 10^{-8} \chi (315^4 - 309^4) = 135 \text{ W}$$

Si estas condiciones se prolongasen durante un día entero (lo que es una mera hipótesis de cálculo) la ganancia de calor de radiación por parte de la vaca sería de:

$$Q_{rad} (cub - vaca) = 135 \text{ W} \chi 60 \text{ s/min} \times 60 \text{ min/h} \times 24 \text{ h/d} = 11.700 \text{ kW} \cdot \text{s/d} = 11,7 \text{ MJ/d}$$

2.2. Convección

La transmisión de calor se produce por calentamiento de la capa de aire que rodea al animal. Al calentarse, se eleva y permite que aire más frío ocupe su lugar y se repita el proceso. Las pérdidas por esta vía son proporcionales a la velocidad del aire alrededor del animal y a la diferencia de temperatura entre éste y el aire que le rodea. Esta convección puede ser forzada cuando se usa energía<sup>3</sup> para mover el aire e incrementar así la transmisión de calor. En ambientes calurosos no supone un porcentaje muy importante del intercambio térmico, salvo que enfriemos el aire que rodea el animal.

Cualquier elemento que dificulte el movimiento del aire (por ejemplo, el pelo del ganado) disminuirá la transferencia de calor por convección. La tasa de transmisión de calor mediante este mecanismo es descrita por ASHRAE (1986) mediante la ecuación siguiente:

$$Q_{cv} = h A_{ev} (T_s - T_a) \quad (2)$$

siendo:

- $Q_{cv}$ : calor transferido por convección (W)
  - h: coeficiente de transmisión de calor de convección (W/m<sup>2</sup> °C)
  - A: Superficie del animal (m<sup>2</sup>)
  - $T_s - T_a$ : diferencia de temperatura entre la de la superficie del animal ( $T_s$ ) y la del aire ( $T_a$ ) (en °C)
- Las temperaturas también pueden ser expresadas en grados Kelvin (K), pues la diferencia ( $T_s - T_a$ ) tendrá el mismo valor.

Si la temperatura del aire que rodea al animal es menor que la temperatura de la piel de éste, el aire en movimiento alrededor del dicho animal tiene un efecto refrigerador como consecuencia del intercambio de calor por convección. Este efecto tiene una gran influencia en el diseño de los alojamientos ganaderos, especialmente en los avícolas, donde se construyen naves de considerable longitud. En vacuno lechero, este efecto refrigerador puede conseguirse en presencia de viento o moviendo el aire con ventiladores. Asimismo, si el diseño de la nave potencia el llamado "efecto chimenea" o empuje térmico, del que hablaremos en posteriores trabajos.

El valor del coeficiente de transmisión de calor por convección "h" es función de la velocidad del aire, tal y como se muestra en la Figura 1. Según se incrementa la velocidad del aire, también aumenta

<sup>2</sup> Del sol, al no instalarse sistemas de calefacción por radiación en el interior del establo.  
<sup>3</sup> Medios mecánicos, como los ventiladores.



el coeficiente "h" y, a igualdad de otros factores, también se incrementa la pérdida de calor por convección, resultando en un efecto refrigerador para el animal.

Lo más interesante de la Figura 1, sin embargo, es observar que el incremento de "h" es menor conforme aumenta la velocidad del aire, representado como el "beneficio de convección"  $\frac{dh}{dU}^4$ . En la práctica, esto significa que el efecto refrigerador del aire como resultado de una mayor velocidad del mismo va disminuyendo en términos relativos, es decir, va siendo menos eficiente. Por encima de 2 m/s la eficiencia de la refrigeración por convección va siendo cada vez menor.

### 2.3. Conducción

Este mecanismo de transmisión de calor se produce cuando un cuerpo caliente entra en contacto físico con otro más frío, siendo el intercambio térmico proporcional a la diferencia de temperatura entre ambos cuerpos. En las vacas se produce cuando están tumbadas. A veces, la superficie de descanso está excesivamente caliente y el animal permanece de pie para evitar ganar calor por contacto con esta superficie.

El flujo de calor por conducción también depende de la conductividad de los cuerpos o medios en contacto y del área de las superficies en contacto. Hay una proporcionalidad entre la densidad y la conductividad, de modo que un material más denso también es más conductor del calor o, inversamente, ofrece menor resistencia al flujo de éste.

La transferencia de calor por conducción fue descrita por Yousef (1985) mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{cd} = A \frac{(T_H - T_C)}{R} \quad (3)$$

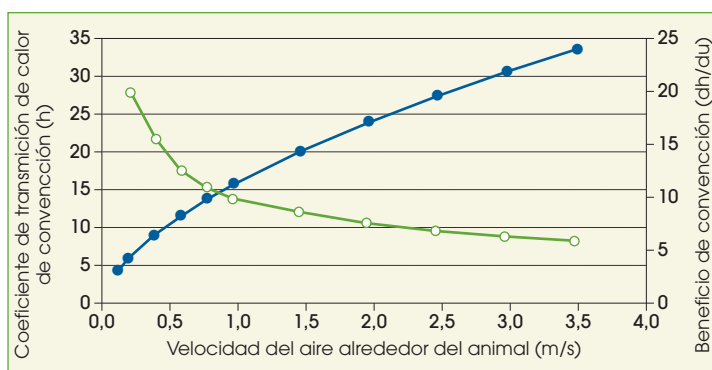
siendo

- $Q_{cd}$ : calor transferido por conducción (W)  
 $A$ : área de la superficie en contacto en la dirección perpendicular al flujo  $Q_{cd}$  ( $m^2$ )  
 $(T_H - T_C)$ : Diferencia de temperatura entre la superficie más caliente y la superficie más fría que están en contacto ( $^{\circ}C$ )  
 $R$ : Resistencia térmica al flujo de calor del material en contacto con la piel ( $m^2^{\circ}C/W$ ) o de la propia piel;  $R=e/\lambda$   
 $e$ : espesor del cuerpo que atraviesa el flujo de calor (en m)  
 $\lambda$ : conductividad térmica del medio a través del que se desplaza el flujo de calor ( $W/m^{\circ}C$ )

En vacuno lechero, el uso de materiales de cama de elevada conductividad térmica puede facilitar el enfriamiento de los animales. De los diferentes animales ensayados por Cummins (1998), las vacas mostraron mayor preferencia por la caliza en forma gruesa, la cual tenía la menor temperatura ( $25,9^{\circ}C$ ) a 25 mm por debajo de la superficie. Esto subraya la importancia de la elección del material de cama en la estrategia de lucha contra el calor. En el animal levantado, la pérdida de calor por conducción es mínima porque la mayor parte del calor transferido se produce desde el animal al aire y éste tiene una conductividad térmica muy baja.

Es importante destacar que la relación área cor-

Figura 1. Coeficiente de transmisión térmica de convección y "beneficio" de convección en función de la velocidad del aire



poral/peso corporal disminuye según aumenta la edad y, por tanto, el peso del animal. Eso tiene importantes consecuencias en la climatización de alojamientos ganaderos. En definitiva, los animales muy jóvenes perderán calor muy rápidamente en condiciones de bajas temperaturas, lo que obligará a instalar calefacción, abundante cama o, incluso, mantas térmicas. Por el contrario, tardarán mucho más en sufrir los efectos negativos del calor. Por el contrario, los animales adultos, en los que aquella relación es más baja, pierden calor más lentamente, lo que les da mayor resistencia al frío (además de su mayor producción de calor), pero eso les perjudicará en condiciones de altas temperaturas, pues tienen más dificultades para eliminar calor.

Estos tres tipos de mecanismos de transmisión térmica constituyen los que se denomina CALOR SENSIBLE.

$$\text{RADIACIÓN + CONVECCIÓN + CONDUCCIÓN = CALOR SENSIBLE}$$

### 2.4. Transmisión de calor latente

Implica la transmisión de energía térmica a través de un cambio de estado. En nuestro caso, el cambio de estado es de líquido a gaseoso, es decir, mediante evaporación de agua.

La pérdida de calor por evaporación de agua se produce en las mucosas del tracto respiratorio y en la superficie de la piel. Este mecanismo es el más eficiente que tiene el organismo para eliminar calor, al necesitarse 600 cal para evaporar 1 gramo de agua a  $20^{\circ}C$ . El agua llega a la piel por tres posibles rutas:

- Simple eliminación a través de la piel, bajo control hormonal y relativamente independiente de la temperatura del aire.
- Actividad de las glándulas sudoríparas
- Aplicaciones externas (lluvia, aspersion, inmersión).

La transferencia de calor por evaporación se expresa mediante la ecuación siguiente:

$$q_e = k_e A V (p_s - p_a) \quad (4)$$

siendo:

- $q_e$ : calor transferido por evaporación  
 $k_e$ : constante de evaporación  
 $A$ : superficie mojada del animal  
 $V$ : velocidad del aire  
 $p_s$ : presión parcial de vapor de agua en la superficie del animal a la temperatura de la piel del animal  
 $p_a$ : presión parcial de vapor de agua en el aire a la temperatura del aire

<sup>4</sup> Este coeficiente depende de factores geométricos del animal como el tamaño y la forma, de la temperatura del aire y de propiedades del mismo como la densidad, la viscosidad o la conductividad térmica.

# El estrés calórico (1)

Es importante destacar que los mecanismos de eliminación de calor mediante evaporación y convección no son separables. Como indican las ecuaciones correspondientes a cada uno de ellos, la velocidad del aire es un importante factor de transferencia de calor en ambos mecanismos, aumentando esta transferencia según lo hace la velocidad del aire.

**EVAPORACIÓN DE AGUA = pérdidas de calor LATENTE**

Este mecanismo de disipación de calor por evaporación de agua es tanto más eficiente cuanto menor sea la temperatura de bulbo húmedo y mayor la de bulbo seco; en otras palabras, cuanto menor sea la humedad relativa.

La proporción de calor disipado por evaporación aumenta según lo hace la temperatura del aire y según aumenta el gradiente térmico entre el animal y el aire. Cuanto menor es la humedad rela-

tiva del aire que rodea al animal, mayor es la tasa de evaporación y, por ende, mayor es la eliminación de calor.

Conforme la temperatura ambiental aumenta también se incrementan las pérdidas de calor latente en detrimento de las de calor sensible (Figura 2) (Tabla 1); en el ganado vacuno, se incrementan de forma clara entre 16,6 y 18,3 °C (Johnson, 1976).

En ambientes calurosos y en animales expuestos, el intercambio por radiación es el mayoritario (> 75% de la energía absorbida y más del 50% de la emitida). Por ello, la sombra protege a los animales de la radiación solar directa, aunque proporciona otras fuentes de radiación infrarroja.

La Figura 3 muestra los modos de transferencia de calor en una zona calurosa típica.

Por tanto, para alterar el microclima de un animal a través de modificaciones del ambiente que le rodea o de su alojamiento es preciso alterar uno o más de los factores que controlan la transferencia térmica para cada uno de los cuatro mecanismos de transmisión:

- Disminuyendo la temperatura del entorno próximo (p.ej., proporcionando sombras)
- Disminuyendo la temperatura del aire (p.ej., refrigerando el aire)
- Aumentando la velocidad del aire (p.ej., mediante el uso de ventiladores)
- Aumentando la presión de vapor del aire (p.ej., evaporando agua)
- Aumentando la conductividad de las superficies de contacto con el animal

Los procesos de producción y eliminación se sintetizan en el esquema de la Figura 4.

Figura 2. Importancia de unas formas u otras de pérdidas de calor según la temperatura ambiental (elaboración propia a partir de Spain y col., 2008)

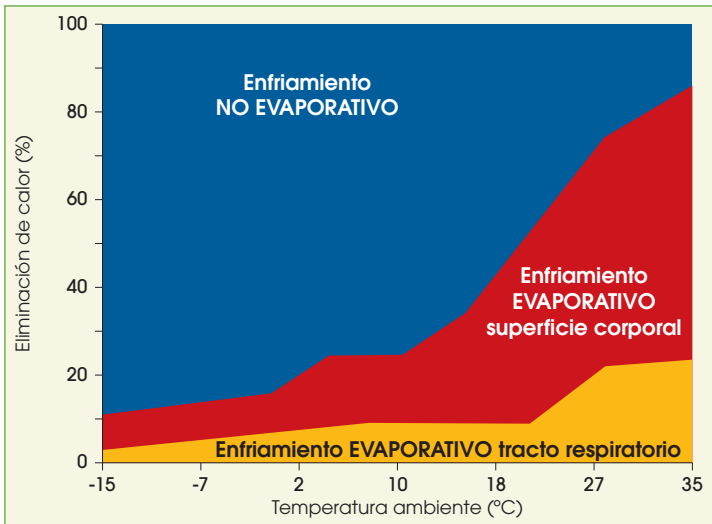


Tabla 1. Producción de humedad y de calor sensible de una vaca lechera de 600 kg (Tyson, 2004)

Temperatura del aire (°C)	Producción de humedad (kg de agua/hora)	Producción de calor sensible (kcal/hora)
1	0,5	960
10	0,6	760
15	0,8	600
21	0,8	550
27	1,1	300



Figura 3. Intercambios de calor entre el animal y el entorno en un ambiente caluroso

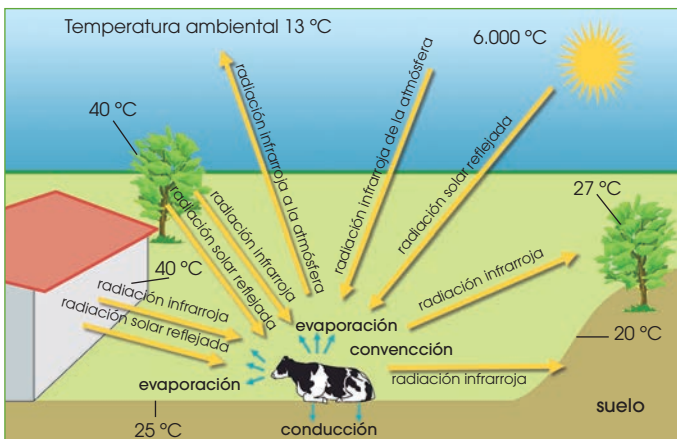
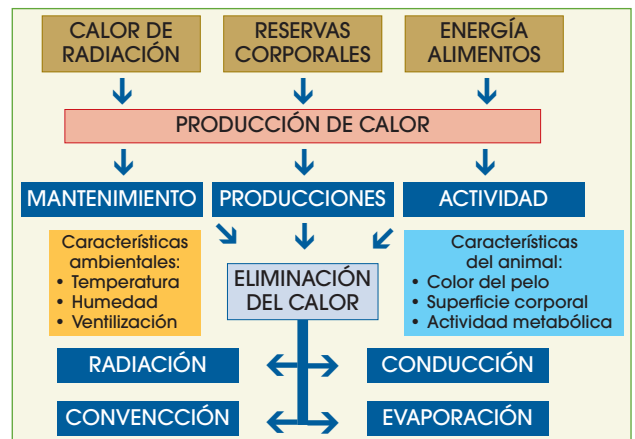


Figura 4. Esquema de la producción y eliminación de calor



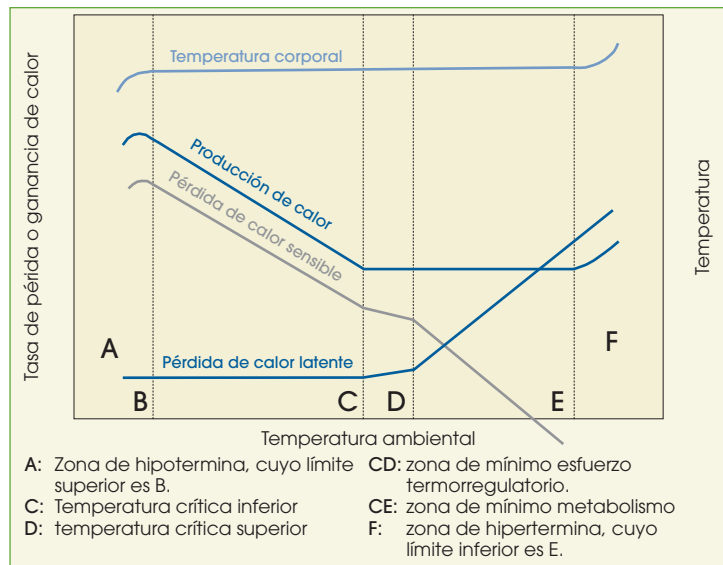
Para mantener la temperatura corporal es preciso que las ganancias de calor sean iguales a las pérdidas, lo que se representa en la Figura 5.

Otros factores que influyen sobre la producción de calor son el tamaño corporal, el ambiente próximo, la especie y la raza, y la disponibilidad de alimento y de agua. En razas de distinto tamaño (por ejemplo, Jersey vs Holstein) el gradiente térmico entre los órganos internos y el ambiente exterior es más pronunciado cuanto menor es el tamaño del animal, por lo que en estas razas de menor formato la eliminación de calor es más rápida y mayor su adaptación a ambientes calurosos.

Las razas pertenecientes a la especie *Bos indicus* están mejor adaptadas al clima tropical debido, entre otros factores, a su menor nivel metabólico y baja ingestión de alimento. Además, la pérdida de calor es mayor por una mayor superficie de piel, especialmente en la zona de la paxa, por su mayor número de glándulas sudoríparas, pelo corto y distribución de la grasa corporal, de modo que ésta es intermuscular o contenida en la joroba, como en el caso del cebú. Estas adaptaciones ayudan a conducir el calor desde el interior del organismo hacia la piel.

A pesar de las ecuaciones que permiten calcular las transferencias de calor por los distintos mecanismos descritos, el intercambio térmico entre los animales y su ambiente no pueden ser enteramente explicados en términos de principios físicos porque las relaciones están considerablemente modificadas por diversos factores del propio animal, como los citados en los párrafos anteriores (raza, disponibilidad de agua y alimento, color del pelo, tamaño corporal, etc.).

Figura 5. Representación gráfica del equilibrio térmico (Robertshaw, 1991)



$$\text{PRODUCCIÓN DE CALOR} = \text{PÉRDIDAS DE CALOR SENSIBLE} + \text{PÉRDIDAS DE CALOR LATENTE}$$

### 3. Temperatura ambiental óptima

Cada especie animal posee una temperatura ambiental óptima, en la que el gasto energético para mantener la temperatura del organismo dentro de los límites normales es mínimo.

Para que las tres funciones orgánicas principales (mantenimiento, crecimiento y producción) se den en un nivel óptimo, el animal debe encontrarse ex-

# SINBAD

## Servicio de Información de La Base de Datos

# CONAFE

### SINBAD SOCIOS

- consulta de ganaderías y animales
- Servicios de elaboración de informes, cálculo de consanguinidad, acoplamientos, salud podal y calidad de leche
- estadísticas de lactaciones, índices genéticos, calificaciones y RCS

## SINBAD FREE

Consulta de animales por su n° genealógico, cib o nombre completo



# El estrés calórico (1)

Tabla 3. Temperaturas críticas en ganado vacuno según condiciones ambientales (López-Pardo, 1987)

Tipo de ganado	Temperaturas críticas (°C)							
	TCI				TCS			
	Pelo seco sin viento		Pelo mojado con viento		Pelo seco sin viento		Pelo mojado con viento	
	En pie	Acostado	En pie	Acostado	HR alta	HR baja	HR alta	HR baja
Terneros nacimiento	+5	+10	+10	+15	+20	+22	+25	+28
Terneros 8-20 días	-5	0	+5	+10	+22	+25	+28	+30
Terneros > 20 días	-12	-5	0	+5	+25	+28	+30	+35
Cebo GMD baja	-20	-9	-1	+3	+28	+30	+35	+40
Cebo GMD alta	-25	-15	-3	0	+25	+28	+30	+35
Vacas lecheras	-20	-10	+5	0	+25	+28	+30	+35
Vacas de carne en lactación	-20	-12	-5	-2	+28	+30	+35	+40

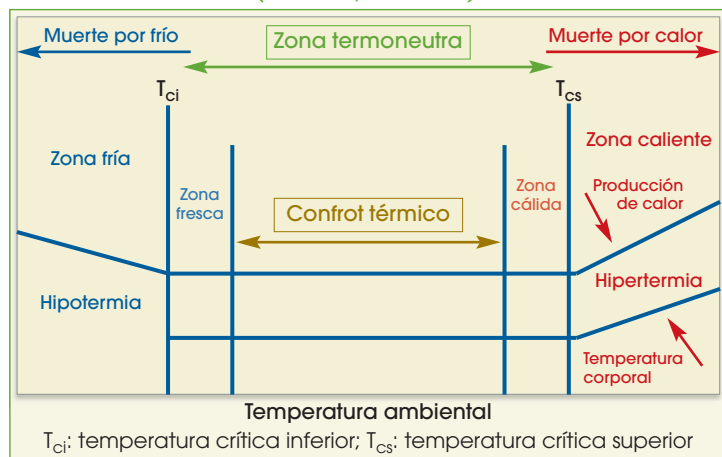
puesto a una temperatura ambiental incluida en el denominado intervalo termoneuro o zona de confort térmico. Este intervalo está limitado por la temperatura crítica superior ( $t_{cs}$ ) y por la temperatura crítica inferior ( $t_{ci}$ ), cuyos valores dependen de los siguientes factores ambientales y productivos y que se exponen en la Tabla 3 y en la Figura 6:

- El peso vivo (edad)
- Nivel de producción
- Condiciones climáticas (en animales expuestos al exterior)
- Velocidad del aire
- Humedad relativa
- Posición del animal (levantado o acostado)
- Grado de humedad de la piel

Como podemos observar, los rumiantes adultos son mucho más tolerantes al frío que al calor.



Figura 6. Relación esquemática entre la temperatura corporal, la producción de calor y la temperatura ambiental (Kadzere y col., 2002).



Tanto las grandes variaciones de temperatura respecto al valor óptimo (bien por exceso, bien por defecto) como la duración de dichas variaciones pueden ocasionar graves alteraciones en el animal, dando lugar a situaciones de estrés térmico (por

Tabla 4. Temperaturas percibidas por las aves según la HR y la velocidad del aire (Bellés, 2006)

T° (°C)	HR (%)	Velocidad del aire (m/s)					
		0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
35	50	35.0	32.2	26.6	24.4	23.3	22.2
	70	38.3	35.5	30.5	28.8	26.1	24.4
29,4	50	29.4	26.6	24.4	22.8	21.1	20.0
	70	31.6	30.0	27.2	25.5	24.4	23.3
23,9	50	23.9	22.8	21.1	20.0	17.7	16.6
	70	25.5	24.4	23.3	22.2	20.0	18.8
21,1	50	21.1	18.9	18.3	17.7	16.6	16.1
	70	23.3	20.5	19.4	18.8	18.3	17.2

calor o frío, respectivamente). En estas circunstancias, los animales ponen en funcionamiento mecanismos de termorregulación para que la temperatura corporal permanezca constante.

El valor térmico marcado por el termómetro no tiene por qué coincidir con la temperatura realmente percibida por los animales o temperatura efectiva. Factores como la humedad relativa, la velocidad del aire o la temperatura de la cama y del agua de bebida modifican la sensación térmica del animal (Tabla 4).

La principal fuente de humedad de la nave son los animales, a través de las deyecciones o, en situaciones de estrés por calor, por el jadeo. Esta humedad debe eliminarse mediante la ventilación si no se quiere que sea absorbida por el material de cama y aumenten los problemas por exceso de amoníaco.

Si la temperatura ambiental es correcta, la humedad relativa aceptable en los alojamientos ganaderos se sitúa entre el 40 y el 70 %, aproximadamente, y la más aconsejable, entre el 50 y el 60 %.

La humedad relativa alta agrava los problemas de estrés por calor cuando coincide con temperaturas elevadas, al reducir las posibilidades de eliminación del calor corporal a través del incremento del ritmo respiratorio (y, en animales que sudan, de la sudoración). Ello es debido a que la pérdida de calor sensible se ve muy limitada por el nivel de humedad del aire, más cercano a la saturación.

## Resumen

En este primer trabajo sobre el estrés calórico se han querido explicar los procesos de producción de calor y los mecanismos de eliminación (en realidad, de transferencia) de calor. Eso nos permitirá entender mejor tanto las consecuencias del estrés calórico en el vacuno lechero como las alternativas existentes para mitigar dicho estrés.