

TERMORREGULACIÓN CORPORAL Y AMBIENTACIÓN

Bavera, G. A. y H. A. Beguet. 2003. Cursos Producción Bovina de Carne FAV UNRC.
www.produccion-animal.com.ar o www.produccionbovina.com.

La interpretación de las reacciones de los animales bajo la influencia del clima nos indica las diferencias morfológicas funcionales que existen entre las razas y aún entre los individuos de una misma raza.

Para determinar que características anatomofisiológicas se relacionan con la adaptabilidad, es necesario estudiar el efecto de los factores ambientales específicos sobre los órganos o partes del cuerpo y en regiones subtropicales en primer lugar determinar que efecto tendrá sobre el animal la radiación, la temperatura y la humedad.

De ahí que mediante una selección cuidadosa de ciertas cualidades sea posible desarrollar razas de ganado vacuno poseedoras de características hereditarias que asegurarán su adaptabilidad a determinadas condiciones.

Dentro del ganado vacuno para carne, las razas índicas están bien adaptadas a las altas temperaturas en áreas subtropicales. Este hecho es concluyente para realizar programas de cruzamiento con ganado de razas británicas o continentales para combinar cualidades genéticas convenientes de ambas especies y crear nuevas razas (cebuinas).

Sobre esta base es posible subdividir el país en zonas climáticas, en cada una de las cuales puede encontrarse una raza o biotipo que esté en armonía con su ambiente.

El ambiente, el animal y su producción potencial determinarán el manejo animal.

Un animal de sangre caliente, confrontado con altas temperaturas ambientales, responde fisiológicamente reduciendo su producción metabólica de calor y usando todos los mecanismos posibles para reducirla. Si las condiciones ambientales persisten por algún tiempo, el comportamiento del animal cambia gradualmente para minimizar el estrés fisiológico impuesto sobre él por el ambiente.

La actividad continuada del animal depende de su habilidad para mantener razonablemente constante la temperatura del cuerpo. Estos animales que tienen la capacidad de controlar la temperatura de su cuerpo dentro de un rango estrecho, en un ambiente cuya temperatura puede cambiar en un margen amplio, se los clasifica como homeotermos.

Aquellos animales cuya temperatura corporal varía con la del ambiente por carecer casi completamente de control fisiológico se denominan poiquilotermos. Un descenso de la temperatura ambiental se traduce automáticamente en un descenso de la temperatura corporal del animal. En este grupo encontramos a los reptiles y batracios, que por no poseer mecanismos termorreguladores deben valerse de otros medios para subsistir (hibernación, permanencia en el agua, etc.).

Mamíferos y aves son homeotermos:

- ◆ su temperatura corporal es, dentro de ciertos límites, independiente de la temperatura ambiental.
- ◆ Mantienen su temperatura relativamente constante, mediante un continuo balance entre el calor que se genera en su interior más el que reciben del ambiente y el que disipan en su contorno.
- ◆ Dado que el calor se desplaza desde lugares de alta temperatura a lugares de baja temperatura y el animal genera constantemente calor, la estabilidad térmica del animal requiere que el cuerpo sea más caliente que el ambiente.

Los vacunos, al igual que la mayoría de los animales domésticos, son homeotermos. Como la temperatura se desplaza de lugares de alta temperatura a los de baja temperatura, la estabilidad térmica del animal, en un ambiente térmicamente inestable, requiere que el animal sea más caliente que su ambiente.

El funcionamiento eficiente de un organismo altamente complejo como es el bovino, depende de mantener una temperatura estable. Sometidos al frío, el bovino puede requerir grandes cantidades de alimento como combustible para calentar su cuerpo y sometido a condiciones cálidas necesitan grandes cantidades de agua para enfriarlo por evaporación. La carencia de alimentos y agua constituyen por lo tanto los principales factores externos que limitan el homeotermismo en los climas extremos.

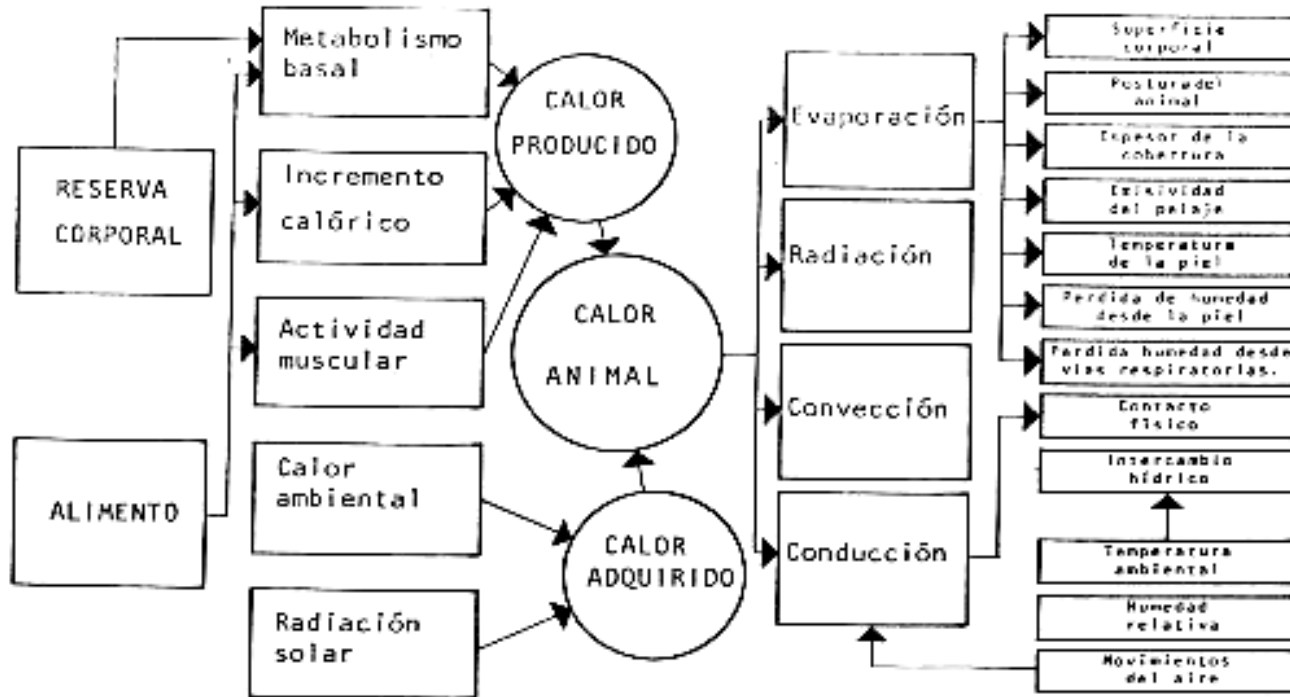
La temperatura interior debe mantenerse entre límites muy estrictos para el normal desenvolvimiento de sus actividades fisiológicas. Para conservar esos niveles térmicos, el vacuno está obligado a sostener un continuo balance entre el calor que se genera en sus partes íntimas y el que puede disipar en el entorno.

PRODUCCIÓN DE CALOR EN EL ANIMAL

Desde el punto de vista de la producción térmica, los animales pueden representarse esquemáticamente comparándolos con un radiante de rayos infrarrojos. Este radiante estaría alimentado por fuentes energéticas de diferente origen:

- Endógena, dada por las distintas funciones orgánicas.
- Exógena, calorías provenientes de radiaciones solares y calor ambiental.

Figura 1.- Producción y disipación del calor en el vacuno (Adapt. de Findley)



El metabolismo basal representa una fuente de calor incesante, formada por los procesos fisiológicos esenciales: respiración, actividad cardiaca, respiración a nivel de los tejidos celulares y mantenimiento del tono muscular.

En el incremento calórico se incluye el calor de fermentación y el calor dinámico específico. La fermentación microbiana que caracteriza la actividad ruminal produce una disipación térmica que representa del 5 al 10 % de la energía aportada por los alimentos. El calor dinámico específico consiste en las pérdidas de energía en el proceso de utilización de los nutrientes por parte de la célula.

La actividad muscular provoca una pérdida de energía que se manifiesta con pérdida de calor. Esta actividad está causada por la tarea que cumple el animal en pastoreo, graduando su importancia según la distancia a las aguadas, magnitud de los potreros y oferta forrajera.

Todas estas fuentes térmicas dependen de un factor común que es la energía que aporta la ingestión de alimentos. Los tejidos de reserva representan una fuente energética potencial para el mantenimiento de la vida cuando existe una carencia de alimentación.

Al calor producido debe agregarse el calor adquirido que el animal recibe del ambiente que circunda su cuerpo, es decir, el que incorpora por efecto de las radiaciones solares y el calor ambiental.

En consecuencia, el calor animal es la suma del calor producido en los fenómenos fisiológicos más el calor adquirido proveniente del exterior. Los bovinos están fisiológicamente obligados a realizar un estricto balance del calor producido y adquirido para mantener su temperatura interna dentro de márgenes estrechos, so pena de experimentar profundos desarreglos en su comportamiento vital.

Ambiente y clima:

La diferencia radica en la escala de tiempo considerada.

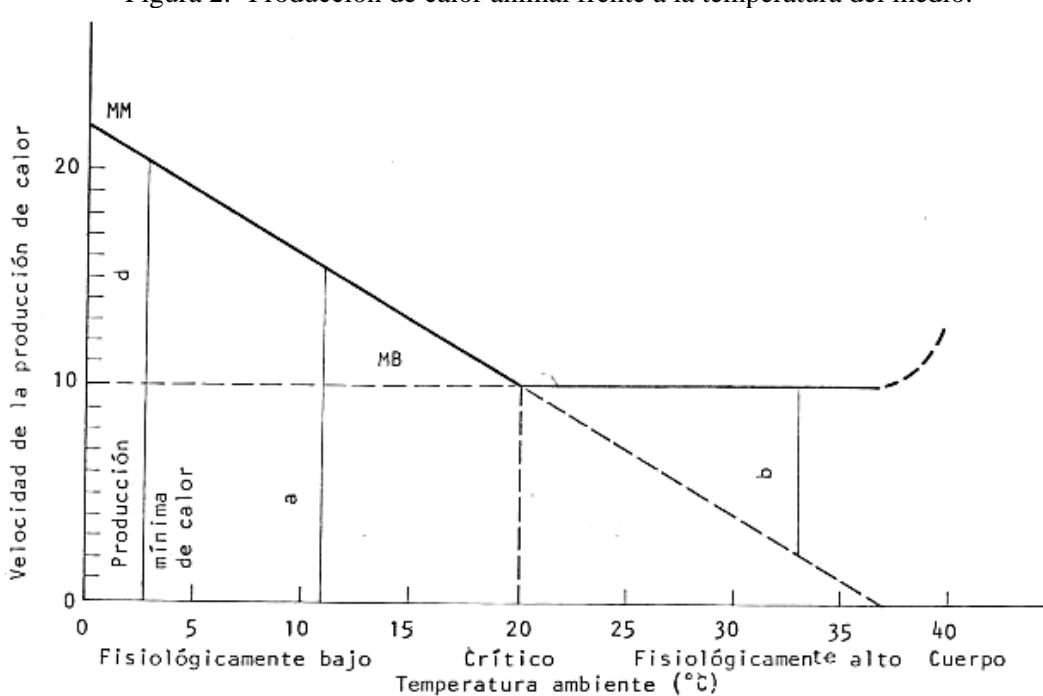
- ◆ AMBIENTE: combinación temporaria de los factores meteorológicos: temperatura, viento, radiación, humedad, presión atmosférica, precipitaciones. El ambiente cambia de hora en hora.
- ◆ CLIMA: en el largo plazo esas variaciones comienzan a ser cada vez más pequeñas. Si comparamos las temperaturas o precipitaciones promedio entre años, encontramos valores no tan distintos. Este patrón de largo plazo es el clima.

La velocidad de producción de calor (velocidad metabólica) del bovino disminuye al aumentar la temperatura ambiente, y cuanto mejor sea el aislamiento térmico del animal, la temperatura del ambiente a la cual se alcanza la velocidad metabólica mínima será más baja. También, cuanto mejor sea el aislamiento térmico, menos súbito será el aumento de velocidad metabólica al descender la temperatura del medio.

ELEMENTOS DEL CLIMA QUE INFLUYEN EN LA ADAPTACIÓN ANIMAL	
DIRECTOS (definen el confort)	INDIRECTOS
Temperatura ambiente	Precipitaciones
Humedad atmosférica	Luz
Radiación solar	Nubosidad
Movimiento del aire	Presión atmosférica

A una temperatura ambiente baja, la velocidad metabólica de un homeotermo obedece a la necesidad de calor. La velocidad metabólica disminuye al aumentar la temperatura ambiente. Sin embargo, si la temperatura efectiva del medio sube por encima de cierta temperatura crítica (20° C en el cuadro siguiente) la velocidad metabólica ya no disminuye con el aumento sucesivo de la temperatura ambiente, sino que permanece constante hasta que la temperatura del medio es tan elevada que el animal no puede eliminar el calor que produce. En estas circunstancias, la temperatura del cuerpo aumenta y también la velocidad metabólica, pues los procesos celulares ya no se controlan y funcionan de acuerdo con la ley de Van't Hoff. Si esta realimentación positiva continúa, se convierte en un ciclo vicioso fatal.

Figura 2.- Producción de calor animal frente a la temperatura del medio.



- MM: Metabolismo máximo.
- MB: Metabolismo basal.
- a : Necesidad calórica.
- b : Exceso de calor (desprendido por evaporación de agua).
- d : Calor adicional necesario para conservar el cuerpo caliente.

La figura 2 indica la necesidad de calor. Muestra la cantidad creciente de calor en exceso conforme aumenta la temperatura efectiva del medio y sobrepasa la crítica. Este exceso de calor se disipa por los mecanismos físicos reguladores de la temperatura, aumento de la evaporación de agua y del flujo sanguíneo hacia la superficie. Muestra también el calor extraordinario producido bajo la influencia de la regulación metabólica de la temperatura. Aumenta conforme la temperatura efectiva del medio disminuye por debajo de la crítica. Si a una temperatura baja del medio el calor extraordinario necesario sobrepasa la fuerza metabólica del animal, baja la temperatura del cuerpo y sobreviene la muerte.

Frío: Cuando la temperatura ambiente cae por debajo de la crítica inferior, el mantenimiento de la temperatura corporal a un nivel normal depende de la capacidad para aumentar la tasa metabólica. El metabolismo estable

máximo en los mamíferos pequeños es alrededor de 6 veces mayor que el metabolismo basal (proporcional al peso corporal elevado a las $3/4$). Los animales grandes, en cambio, no requieren una gran capacidad metabólica debido a su alta aislación que les permite mantener el equilibrio térmico en severas condiciones de frío con un pequeño o ningún aumento en la producción de calor. La tolerancia al frío está así determinada por el aislamiento suplementado por una cantidad extra variable de producción de calor.

Existen relativamente muy pocos datos conocidos sobre temperaturas ambientales por debajo de las cuales los mamíferos pierden su calidad homeotérmica.

Las vacas en respuesta a temperaturas diarias mínimas que cubren un margen de -21° a 3° C han mostrado un efecto sobrecompensador en su temperatura rectal. Este hecho indica que se requieren todavía temperaturas más bajas para inducir hipotermia.

Independientemente de la hipotermia general, los animales pueden sufrir daños localizados debido al frío. Los apéndices del cuerpo como las orejas, reciben alguna protección contra la helada a través de la acción de las anastomosis arteriovenosas. Esos desvíos entre arterias y venas se abren periódicamente suplementando de esa manera al tejido local en forma intermitente con sangre caliente.

Calor: Los límites de la termorregulación se alcanzan más rápidamente en un ambiente cálido que en uno frío. Durante breves períodos de tiempo, los animales grandes tienen una cierta ventaja sobre los pequeños en el sentido que ellos se calientan con mucha más lentitud debido a su mayor capacidad de calor. Durante períodos largos la tolerancia al calor en ambos tipos de animales depende primariamente de su capacidad para perder calor por transpiración. En general, las especies que transpiran toleran temperaturas mayores que las que jadean.

ENERGÍA DEL ESPECTRO SOLAR	
50 % VISIBLE (onda media). Superficie blanca: absorbe el 20% Superficie negra: “ “ 100%	50 % INVISIBLE 99 % infrarrojos onda larga 1 % ultravioletas “ corta COMPLETAMENTE ABSORBIDA

La temperatura ambiente a la cual la temperatura interior del cuerpo comienza a elevarse en respuesta al calor, en la mayoría de las especies de animales domésticos se encuentra entre los 28° y 32° C.

Si el calor es moderado, se establecerá un nuevo equilibrio de la temperatura del cuerpo que se regulará a un nuevo nivel, pero si el calor es severo, un estado térmico estable no podrá ser mantenido durante más tiempo y la temperatura del cuerpo se elevará continuamente indicando una verdadera hipertermia. Esto ocurre a temperaturas ambientales de alrededor de 30° a 50° C. El umbral de las temperaturas ambientales para la iniciación de un proceso de hipertermia ocurre a temperaturas ambientales relativamente bajas cuando la humedad del aire y la radiación solar son elevadas, con un alto nivel de nutrición, y/o de producción o como resultado de una preñez o excitación. Con hipertermia progresiva, la transpiración y la actividad respiratoria declinan conduciendo eventualmente a una total desintegración del proceso de termorregulación.

TEMPERATURAS AMBIENTALES CRÍTICAS

La figura 3 muestra las temperaturas ambientales críticas y las zonas comprendidas por ellas. Existe un rango de temperatura ambiente dentro del cual la temperatura del cuerpo se mantiene constante con un mínimo esfuerzo de los mecanismos termorreguladores y dentro del cual la sensación de calor o frío está ausente (B' a B), conocida como zona confort o de termoneutralidad. Esta zona varía entre 1° C bajo cero y 16° C para el ganado típico de las zonas templadas, y de 10° a 27° C para el ganado tropical.

Los valores de los extremos pueden estar afectados por la raza y los diferentes sistemas de producción.

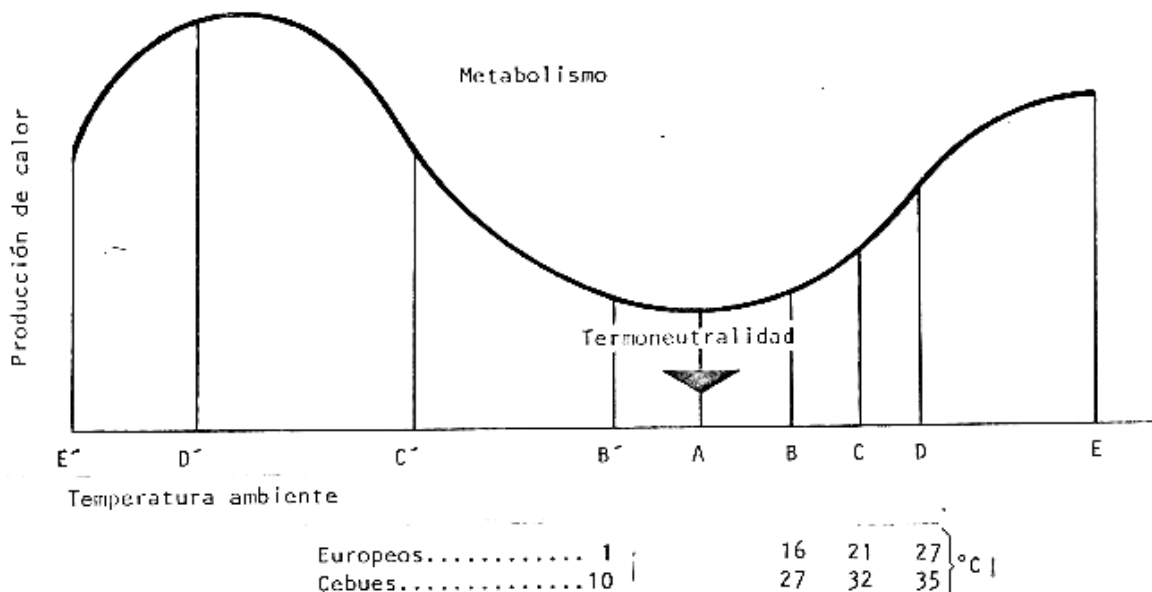
En la zona de termoneutralidad los vasos sanguíneos de la piel de todo el cuerpo no presentan en su totalidad ni vasodilatación ni vasoconstricción, la evaporación de humedad es mínima, la piloerección y las respuestas de comportamiento al frío o al calor están ausentes.

Cuando el animal se desplaza hacia afuera de la zona de confort termal el animal activa todos sus mecanismos de defensa en forma secuencial. Del punto B' hacia la izquierda, hay aumento del metabolismo para contrarrestar las pérdidas de calor que desde el organismo se difunden hacia el exterior. Además, la baja temperatura ambiente provoca vasoconstricción y piloerección general. Al disminuir el flujo sanguíneo periférico se reducen las pérdidas de calor sensible.

Para lograr un incremento de la tasa metabólica, el animal recurre a diferentes mecanismos: aumenta la ingesta de alimento para someterlo a la combustión y disminuye la superficie radiante, adoptando posturas que denotan encogimiento de sus formas.

A partir del punto C', la tasa de producción de calor aumenta, se recurre a procedimientos químicos, mejor alimentación y combustión de las reservas energéticas.

Figura 3.- Temperatura ambiente, producción de calor del animal y la respuesta de los mismos (Brody).



El punto D' indica el máximo de la producción calórica del animal, denominada cima metabólica. El calor extra producido es insuficiente para balancear la pérdida de calor del animal y la temperatura corporal comienza a decaer.

Aquí se suma la combustión interna con la actividad muscular (escalofríos) y reducción del volumen. La producción de calor luego de haber alcanzado un pico declina bruscamente acelerando de este modo el proceso de enfriamiento. Si la temperatura ambiente sigue disminuyendo, eventualmente a un nivel letal, el animal muere (E').

Cuando la temperatura ambiente se eleva por encima de la zona de confort termal B los mecanismos de defensa física contra el sobrecalentamiento entran en juego: vasodilatación general, perspiración, sudoración y jadeo. El organismo experimenta un aumento de la tasa metabólica, consecuencia del relativo bloqueo a la eliminación normal del calor excesivo. Con el jadeo el animal aumenta las pérdidas de calor por aire espirado y por la evaporación de humedad del aparato respiratorio.

La evaporación en el aparato respiratorio es menos eficaz como disipadora de calor que la sudoración. El trabajo respiratorio produce un calor extra que será necesario disipar. Además, el incremento del ritmo respiratorio interfiere en los procesos de pastoreo y rumia.

El punto C muestra el momento en que la temperatura corporal aumenta, exigiendo la puesta en marcha de todos los mecanismos termorreguladores. La movilización de esos mecanismos representa un esfuerzo fisiológico que alcanza su límite máximo en el punto D. Aquí se señala que los esfuerzos para acomodarse a las altas temperaturas han fracasado, decayendo la producción zootécnica.

El punto E significa la incompatibilidad con la vida por el fracaso o la incapacidad para eliminar el excedente de calor producto de la temperatura crítica y el aumento constante del metabolismo.

Biotipo	Zona confort (grados)	Sube temperatura rectal	Temperatura mortal
Aberdeen Angus	0 - 16	27	46
½ Brangus	5 - 20	30	48
Cebú	10 - 25	33	50

MECANISMOS PARA EL INTERCAMBIO DE CALOR

Cuando existe una diferencia de temperatura entre el animal y su ambiente se produce un flujo calórico, que, de acuerdo con las leyes de la física, tiende a igualar ambas temperaturas.

Mecanismos que se desencadenan como respuesta al frío y calor

FRÍO	CALOR
<u>B'</u> :	<u>B</u> :
Vasoconstricción	Vasodilatación
Piloerección	Sudoración
Disminución consumo agua	Jadeo
Aumento consumo alimentos	Aumento consumo agua
	Disminución consumo alimentos
<u>C'</u> :	<u>C</u> :
Combustión grasas de reserva	Aumento sudoración
Adopción formas de encogimiento	Aumento jadeo
<u>D'</u> :	<u>D</u> :
Disminución temperatura corporal	Aumento temperatura corporal
Escalofríos	

Este intercambio térmico tiene lugar de acuerdo a determinadas leyes físicas. Los animales ceden calor mediante radiación, convección y conducción, que en conjunto constituyen las pérdidas de calor sensible. La ganancia o pérdida de calor por estos procesos se realiza según que la temperatura ambiente sea mas alta o más baja que la del animal.

No obstante, el animal también puede perder calor, independientemente de la temperatura ambiental, por evaporación en las superficies húmedas.

La transferencia de calor por radiación, conducción y convección puede operar también en la dirección contraria, es decir, del ambiente al cuerpo, en tanto que la transferencia por evaporación es del cuerpo al ambiente solamente (Cuadro 3).

Radiación: Es la forma de transferencia del calor por medio de los rayos infrarrojos o calóricos. Necesita para su cumplimiento efectivo una diferencia entre la temperatura de la piel del animal y la del ambiente que lo rodea.

En la transferencia efectiva de calor por radiación tiene importancia la superficie efectiva que presenta el animal y la superficie de los elementos receptores. Cuanto más voluminoso es el animal, menor es el área de su superficie corporal con respecto al peso. Un novillo terminado tiene una menor superficie corporal por unidad de peso que uno del mismo desarrollo pero falto de terminación, por lo cual al primero le será más difícil irradiar la cantidad de calor necesaria en ambientes cálidos.

La postura que adopta el animal, según esté parado o echado, hace variar notablemente la superficie radiante, controlando esta fuente de eliminación de calor.

El color de la cobertura del animal influye en la energía calórica absorbida. La superficie de un cuerpo negro absorbe toda la radiación que incide en ella. Por el contrario, un cuerpo claro es un reflector perfecto que refleja casi toda la radiación incidente. Esta habilidad de absorber o reflejar la radiación se denomina emisividad.

Convección: facilita el intercambio de calor tanto interna como externamente. Internamente por medio de la sangre circulante y externamente por la rapidez del flujo del aire. La delgada lámina de aire en contacto inmediato con la piel alcanza rápidamente la misma temperatura que la piel. Cualquier otro intercambio de calor entre la lámina de contacto y el aire más distante será lenta con aire en calma, aunque si se produce una turbulencia se acelerará la transferencia de calor.

El calor perdido por convección dependerá primeramente de la densidad, calor específico y viscosidad del aire, propiedades que varían con la presión barométrica, humedad y temperatura absoluta. En segundo lugar, las pérdidas por convección dependerán de los atributos de la superficie a partir de la cual la convección ocurre.

La convección puede ser forzada o libre. Es forzada cuando el propio movimiento del animal provoca una corriente de aire local o cuando el aire sopla sobre el animal. Convección libre o natural es la que se presenta en aire estancado como resultado de las corrientes pequeñísimas provocadas por la expansión del aire más próximo a la piel.

Conducción: Es la pérdida de calor transferido por diferencia de temperaturas entre dos sistemas vecinos. Este mecanismo cumple importante función en la transmisión de calor desde el interior del organismo hasta la superficie de la piel, dependiendo su efectividad de la conductividad de los tejidos constitutivos y el paso de calor desde la superficie de la piel hacia el medio que la rodea.

La conducción al medio externo es de escasa valía y sólo se realiza cuando el animal se apoya en objetos de menor temperatura, en cuyo momento tiene suma importancia la conductividad de los tegumentos externos que integran la cobertura.

La conducción facilita también la pérdida de calor desde las superficies internas que entran en contacto con el ambiente externo, específicamente los tractos digestivos y respiratorio.

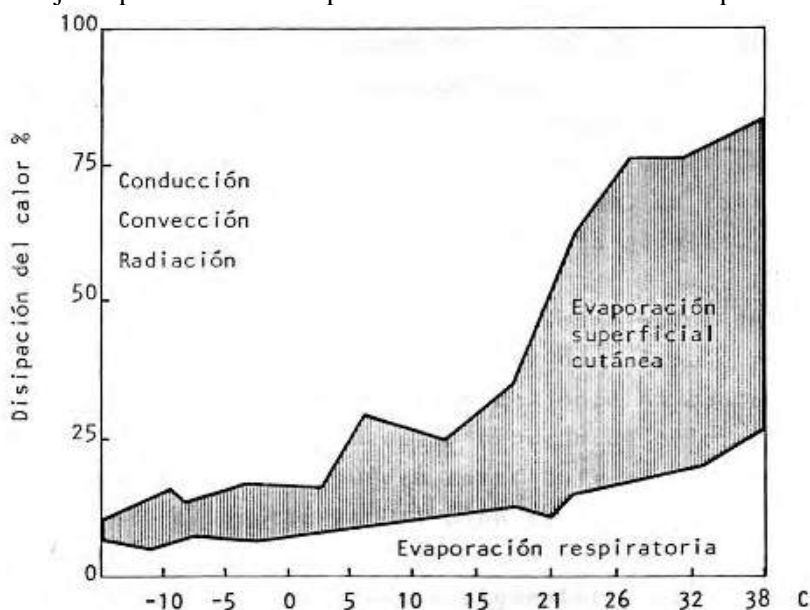
Evaporación: El bovino pierde calor por la evaporación del agua a partir de la piel y del sistema respiratorio. Es un proceso endotérmico, es decir, que absorbe energía calórica. La evaporación de 1 Kg de agua del cuerpo requiere alrededor de 575 Kcal, pudiendo variar esta cifra de acuerdo a la temperatura de la superficie evaporante y la temperatura y humedad del aire.

El fenómeno de evaporación se produce desde el bovino al medio de las siguientes maneras:

- a) Al pasar el aire espirado por las partes húmedas de las vías respiratorias.
- b) Por transpiración, es decir, por la actividad de las glándulas sudoríparas.
- c) A través de la piel por difusión de agua desde los tejidos subcutáneos sin intervención de las glándulas sudoríparas (perspiración).
- d) Evaporación de agua proveniente de lameduras y mojaduras que se depositan sobre la superficie de la piel, fortuitas o intencionales.
- e) Pérdida por saliva, consecuencia del babeo que se produce cuando los animales se hallan muy agitados por el calor.

En resumen, los factores que afectan la evaporación cutánea son: temperatura ambiente, humedad ambiente, movimiento del aire, edad del animal, longitud del pelo, número de glándulas sudoríparas por unidad de superficie, volumen de las glándulas sudoríparas y capacidad de las mismas para producir sudor.

Figura 4.- Porcentaje de pérdidas de calor por distintas vías a diferentes temperaturas ambientales.



En la disipación térmica en los bovinos, la vía más importante corresponde a los fenómenos evaporativos. En reposo, a temperaturas ambientes de 20° C, el 65 % del calor se disipa por las tres vías físicas. El 35 % restante lo hace a través de la vaporización de agua a nivel de la piel y de las vías respiratorias. A partir de esa temperatura y a medida que aumenta, es evidente el papel preponderante de las vías de evaporación.

Si bien los mecanismos termorreguladores son eficaces en el bovino adulto, no siempre funcionan bien en el recién nacido, el que expuesto en los primeros días de vida a condiciones climáticas adversas, muchas veces no logra mantener su homeostasis.

REGULACIÓN FISIOLÓGICA DE LA TEMPERATURA

En los animales, el centro encargado de recibir las sensaciones térmicas se encuentra en el hipotálamo. El medio por el cual el calor se distribuye uniformemente en el cuerpo es la sangre. Al pasar el torrente sanguíneo a una temperatura superior o inferior al nivel normal, se cursan órdenes nerviosas dirigidas a los distintos mecanismos con que cuenta el organismo para perder o conservar calor. Además, existen receptores sensitivos en la superficie corporal que regulan la cantidad de sangre en la piel, la erección del pelo y la actividad de las glándulas sudoríparas.

Al ser la sangre un medio eficaz de transmisión de calor, su afluencia a la superficie corporal eleva la pérdida de calor por radiación, convección y conducción. La frecuencia de los movimientos respiratorios aumenta con el fin de acelerar la velocidad de evaporación y con ello la pérdida de calor.

Por debajo de su temperatura crítica inferior, el bovino se ve obligado a producir más calor para mantener su temperatura. Al tiritar, el organismo no hace un trabajo exterior, ya que produce un trabajo mecánico de contrac-

ción muscular sin cambiar de posición. La totalidad de la energía que surge en la transferencia de la energía química la libera en el músculo en forma de calor.

Cuando la superficie corporal acusa los efectos del frío, se inicia la producción de los escalofríos, a la vez que el pelo entra en erección en un intento por retener la capa de aire caliente en contacto con la superficie corporal, con lo cual se reduce la pérdida de calor por convección.

Los depósitos adiposos pueden constituir una fuente de energía en épocas de penurias alimenticias, si bien su función primordial es actuar como sustancia aislante.

Se denomina estrés a los aumentos o descensos de las temperaturas ambientales y tensión a la compensación o falta de compensación por parte del animal para mantener su equilibrio térmico. El estrés manifiesta la magnitud de las fuerzas externas que inciden sobre el organismo intentando desplazarlo de su estado básico o de reposo, mientras que la tensión mide el desplazamiento interno impuesto por el estrés sobre el estado básico.

Los intentos de compensación realizados por el animal frente a las altas temperaturas sigue el presente orden:

- a) Disminuye el diferencial de temperatura entre su piel y el núcleo central. Aunque una temperatura más elevada de la piel facilita el flujo de calor desde la piel hacia el ambiente, reduce el paso de calor desde el núcleo central hacia la superficie, disminuyendo a su vez las pérdidas de calor. Para estas condiciones, el animal establece una compensación por medio de una vasodilatación periférica. El incremento del flujo sanguíneo a las zonas periféricas puede considerarse como una reacción termorreguladora. Aún cuando la misma es debida a los centros termorreguladores que actúan mediante estímulos nerviosos, la acción directa de la temperatura sobre la piel favorece este fenómeno.
- b) Si la vasodilatación periférica es incapaz de compensar el desequilibrio térmico, se produce un ligero aumento de la perspiración insensible seguida por el comienzo de la sudoración. La sudoración se inicia en el bovino con una temperatura de unos 25°C (Mc Dowell et al). Las glándulas son estimuladas por impulsos que les llegan a través del sistema nervioso simpático desde los centros termorreguladores. La respuesta es gradual, variando el número de glándulas que trabajan en un mismo tiempo. No obstante, la tasa de producción de una zona determinada permanece bastante constante.

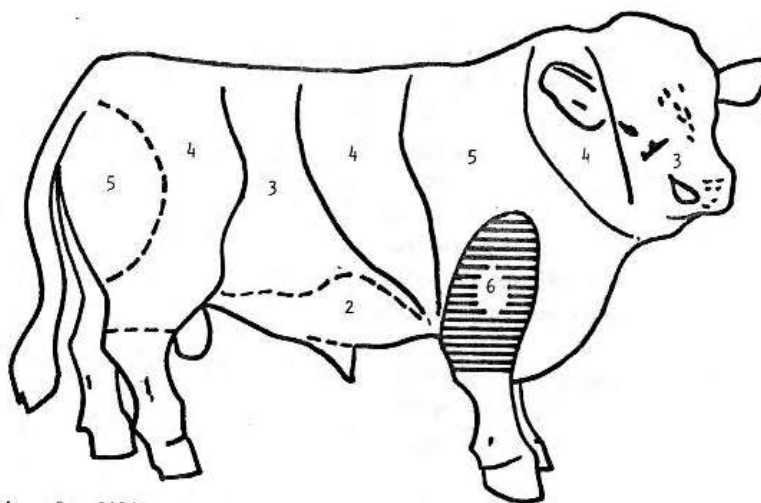
Cuando las glándulas sudoríparas son estimuladas, producen una lámina de agua sobre la superficie de la piel, que si se evapora con rapidez puede restablecer la temperatura en niveles normales.

El bovino presenta una glándula sudorípara por cada folículo piloso. Su densidad varía de acuerdo con la edad, tamaño corporal y raza. Las razas británicas poseen un promedio de glándulas sudoríparas 800/cm² y el cebú 1000/cm². El ganado cebú, por lo tanto, posee un 25 % más de glándulas sudoríparas que el británico y las razas Africander, Jersey y Pardo un 10 % más. Es importante destacar la factibilidad de selección por este carácter cuya heredabilidad es 0.30 (media).

Las experiencias realizadas con cebú han demostrado que generalmente mantienen una tasa de producción de sudor de 200-300 cc/m² de piel/hora, mientras que el bovino europeo segrega alrededor de 130 cc/m² de piel/hora.

Esta tasa de secreción varía de una región a otra del cuerpo independientemente del tipo de ganado. Tomando como base la sudoración promedio de las regiones de la papada, cruz, costillar y vientre, se ha confeccionado el siguiente diagrama:

Figura 5.- Capacidad de los distintos sectores de la superficie del bovino para perder agua por transpiración (Mc Lean, 1963).



De esta experiencia surge que la región del brazo es la de mayor evaporación, luego le sigue la cruz, espalda, cuello nalga y en un nivel inferior, muslo y costillas.

El incremento respiratorio suele darse con posterioridad a los procesos de vasodilatación y sudoración. Cuanto mayor sea el volumen de aire que puede respirarse, calentándolo y humedeciéndolo, mayor será la pérdida de calor resultante. Este aumento de los movimientos respiratorios comienzan a verificarse cuando la temperatura alcanza los 29° C.

La evaporación respiratoria es importante entre los 10° y 27° C aunque pierde importancia con respecto a la evaporación total cuando las temperaturas ambientales sobrepasan los 30° C.

La respiración rápida interfiere el consumo de alimentos y la rumia. Además aumenta la producción de calor corporal derivado de la actividad muscular y consume energía que podría utilizarse para fines productivos.

Las frecuencias respiratorias elevadas no indican que los animales mantengan con éxito su equilibrio térmico sino que señalan una carga excesiva de calor.

El funcionamiento de las glándulas endocrinas también se ve afectado como resultado de la hipertermia. La glándula tiroides ejerce una influencia importante sobre el crecimiento y producción de los animales en ambientes calurosos, directamente a través de su influencia sobre el apetito o indirectamente mediante su papel en la producción de calor. Temperaturas del aire superiores a 30° C ejercen una influencia destacada sobre las adrenales. Esto influye a su vez sobre el metabolismo. Temperaturas elevadas pueden también reducir la producción de gonadotrofinas en el lóbulo anterior, conduciendo a una deficiente producción de estrógenos o progesterona, y por consiguiente, una baja de la fertilidad.

Los testículos poseen un mecanismo de termorregulación que es eficiente hasta temperaturas ambientales próximas a la corporal. La finalidad es mantener a los testículos a una temperatura tres grados inferior a la corporal, para asegurar una espermatogénesis normal. La eficiencia de este mecanismo se evidencia en el hecho que la temperatura testicular se mantiene prácticamente constante frente a cambios de temperatura ambiental entre 10° y 40° C. No solo interviene en este proceso la contracción y relajación del escroto, sino que influye también la vascularización. Las altas temperaturas afectan la espermatogénesis, la migración espermática y las funciones del endometrio y prehipófisis.

En general, las modificaciones de los procesos fisiológicos para regular el intercambio de calor modifican el comportamiento del bovino con referencia a los patrones corrientes de postura, movimiento y consumo de alimentos.

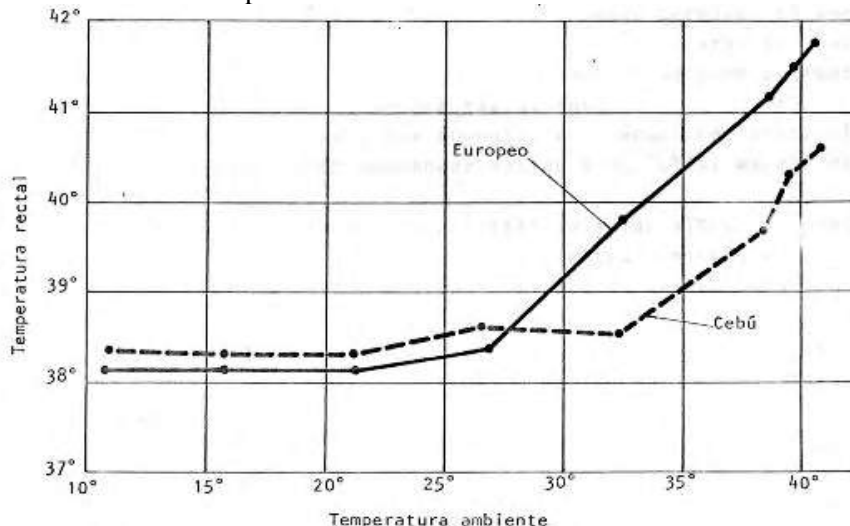
Sometido a un estrés térmico, el bovino reduce la producción de calor, favorece la pérdida del mismo y evita su acumulo. Por ejemplo, las hembras dejan de montarse unas a otras durante el celo, consumen menor cantidad de forrajes y buscan siempre la sombra.

A menos que el animal sea capaz de restablecer su equilibrio térmico por medio de los mecanismos citados, se produce una degeneración progresiva. Los animales adoptan etapas evasivas a través de cambios en el comportamiento o reducen drásticamente la eficiencia productiva.

FRACASO DE LOS MECANISMOS TERMORREGULADORES

El siguiente gráfico muestra las variaciones de la temperatura rectal de los vacunos ante los aumentos de la temperatura del medio:

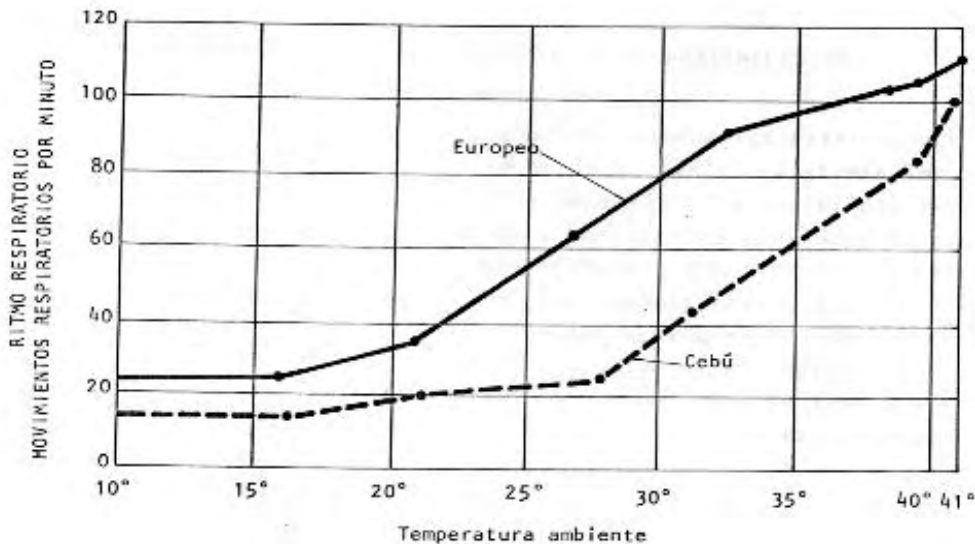
Figura 6.- Variación de la temperatura rectal frente a diferentes marcas térmicas ambientales



Del análisis del gráfico se deduce que hay un fracaso de los mecanismos termorreguladores del bovino europeo a temperaturas ambientes superiores a 27° C, produciéndose un incremento de la temperatura rectal. El cebú experimenta este fracaso a partir de los 31° C, siendo poco pronunciado el aumento de la temperatura rectal hasta temperaturas ambiente de 38° C. Con temperaturas de 10° a 20° C el cebú necesitará un metabolismo más elevado.

La variación del ritmo de los movimientos respiratorios por minuto frente al incremento de las temperaturas ambientes, se analiza en el siguiente gráfico:

Figura 7.- Variación de los movimientos respiratorios frente a la temperatura ambiente.



La primera conclusión es que el ganado europeo experimenta inconvenientes a partir de los 16° C para superar el esfuerzo térmico. El aumento del número de movimientos respiratorios se hace muy necesario por encima de los 22° C. En cambio, en el ganado cebú, este mecanismo se pone en funcionamiento pasados los 27° C y de allí aumenta rápidamente.

Los movimientos respiratorios aumentan en frecuencia hasta alcanzar un máximo (jadeo), para luego disminuir debido a la fatiga de los músculos intervinientes.

Otro factor que revela la inadaptabilidad a las altas temperaturas es el apetito. Cuando la temperatura sobrepasa ciertos límites, el animal se muestra inapetente, evitando la ingesta de alimentos que aumentarían el calor corporal. Como se dijo anteriormente, el 5 al 10 % de la energía suministrada por los alimentos se libera en la fermentación digestiva. Al no comer, el animal adopta un estado de quietud, debido a que no pastorea, evitando la actividad muscular para disminuir la producción de calor (un bovino de 450 Kg al caminar 1 Km llano produce 215 Kcal).

Otra defensa a las altas temperaturas es evitar la exposición directa a los rayos solares, recurriendo a la sombra. El ganado cebú busca la sombra a temperaturas ambientes más elevadas que en el caso del ganado europeo.

Los vacunos de clima cálido aprovechan el elevado calor específico del agua para disminuir su temperatura corporal por medio de la conducción al introducirse en ríos, arroyos, lagunas, etc. El mismo chapoteo obedece a su necesidad de refrescarse.

El agua de bebida cumple a su vez funciones refrigerantes al sustraer del cuerpo calorías por el mismo fenómeno.

LAS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS Y EL INTERCAMBIO DE CALOR

Existen determinadas características corporales externas que pueden resultar ventajosas para el animal en su lucha contra el estrés impuesto por un ambiente desfavorable. Entre ellas se incluye la superficie externa, la piel, pelo, apéndices, grasa almacenada y musculatura próxima a la piel.

Ante el efecto de condiciones idénticas, las pérdidas de calor de los bovinos se suponen proporcionales al área de su superficie. No obstante, cuanto más grande y por lo tanto más pesado es el cuerpo, menor será, en proporción, la superficie corporal. Esto se debe a que el volumen, y por consiguiente el peso, aumenta como el cubo de las dimensiones lineales y el área de la superficie como el cuadrado. De aquí que en un medio frío le será beneficioso para un organismo poseer un cuerpo de gran tamaño, con una superficie relativamente pequeña y como con-

secuencia, reducir las pérdidas de energía, mientras que para un ambiente cálido esta ventaja será para un animal pequeño con un área superficial relativamente grande que facilite la disipación de calor

El gran desarrollo de la papada, región umbilical, prepucio y orejas del cebú, sirve para aumentar el área superficial del cuerpo en más del 12 %.

Estos grandes pliegues colgantes actuarían a modo de radiadores, expulsando el calor hacia la atmósfera. Sin embargo, a no ser que estén muy vascularizados y especialmente adaptados a la sudoración, estos apéndices podrían actuar de una manera completamente opuesta, favoreciendo la transferencia de calor de la atmósfera al animal tan pronto como la temperatura del medio fuese superior a la corporal.

Los apéndices desempeñan un papel en la disipación del calor, aunque no representan el factor clave para la adaptación a los climas cálidos. Se ha demostrado que la papada del cebú presenta una tasa de evaporación superficial reducida comparada con otras regiones del cuerpo. Las orejas, la vulva de las hembras cebú y la giba, a pesar de poseer cada una de ellas condiciones funcionales para la disipación, su situación con respecto a los principales centros de producción de calor es tal que resulta limitada su contribución a la capacidad total de enfriamiento por evaporación.

El cebú debe su gran tolerancia al calor, más que a la posesión de una gran superficie de piel con relación a la masa corporal, a la característica de intensa funcionalidad de la misma.

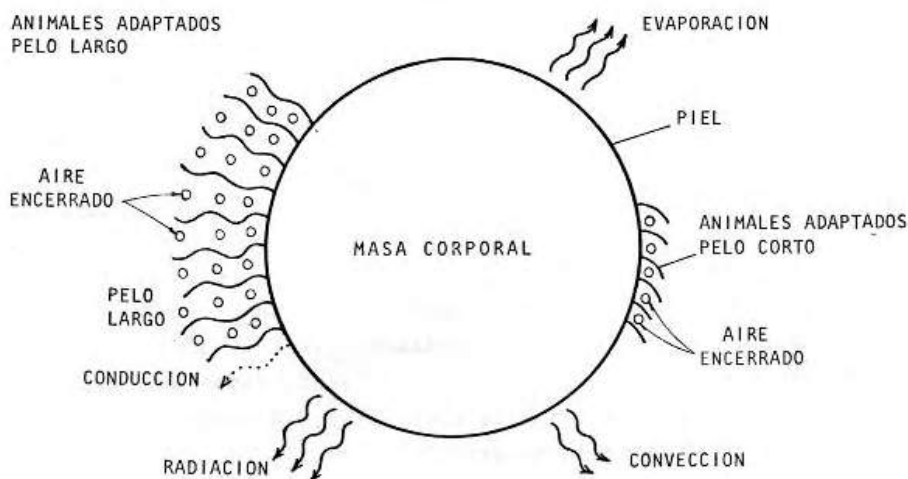
En cuanto a la conformación exterior los animales de clima frío tienden a ser de mayor tamaño que los animales de clima cálido. Tienen aproximadamente igual profundidad que ancho, lo que les da una configuración redondeada, en tanto el cebú muestra una conformación relativamente profunda, ligeramente achatados.

La conformación del cuerpo de las razas británicas no adaptadas a condiciones tropicales llevadas a estos climas, cambian de manera que los animales se desarrollan aumentando la profundidad lateral del pecho, la panza se contrae y se vuelven delgados con costillas marcadas.

El animal constituye un núcleo central de temperatura prácticamente uniforme. Este núcleo está rodeado de capas periféricas aislantes, entre las que figuran la cubierta pilosa y la piel. La longitud del pelo de los vacunos depende de las razas, nivel nutritivo, temperatura y fotoperíodo que prevalece. Los animales adaptados a climas cálidos tienden a presentar un pelo característicamente corto. La disposición del pelo (erecto o aplastado) es otro factor importante para el enfriamiento por convección.

El pelaje largo y ondulado inmoviliza el aire en su interior formándose una capa aislante. Las partículas de aire encerradas se cargan de humedad proveniente de la sudoración hasta la saturación y bloquean este mecanismo de eliminación del calor. El pelaje corto, en cambio, facilita la renovación de esa capa aislante de aire saturado por otra de aire más seco. El viento facilita esta renovación.

Cuadro 8.- Efecto del pelaje en la eliminación de calor.



Los animales de climas cálidos suelen presentar coloraciones más claras que los nativos de climas templados, ya que el color blanco o claro representa una ventaja al reflejar la radiación térmica, reduciendo el calor captado por el organismo.

La piel a su vez puede ser pigmentada o no. En el caso que lo sea, estará mejor protegida contra la quemadura solar producida por las radiaciones ultravioletas.

Los depósitos adiposos pueden constituir una fuente de energía en épocas de penuria alimenticia, si bien su función primordial es actuar como sustancia aislante en climas fríos o templados, pero cuando se almacena próxima a la piel dificulta la pérdida de calor. En este sentido, la grasa almacenada en la giba del cebú supone una ventaja para la pérdida de calor en comparación con aquella distribuida en forma subcutánea.

Los músculos subcutáneos colaboran en la adaptación al medio al otorgarle movimiento a la piel, repeliendo a los insectos picadores y dificultando la implantación de la garrapata.

ADAPTACIÓN Y PRODUCCIÓN

La producción de carne y leche están en función del crecimiento, y si el animal no crece normalmente, su capacidad productiva se verá reducida considerablemente.

Si un animal en el subtrópico es alimentado adecuadamente, pero no está en equilibrio térmico con el ambiente, se debe esforzar para evaporar la mayor cantidad de humedad posible de los pulmones por medio de la respiración acelerada. Además, el metabolismo aumenta y bajo condiciones hipertérmicas al animal le resulta difícil aumentar de peso y el desarrollo del tejido muscular es aún más difícil, pues la formación de una molécula de proteína incluye la adición de 8 moléculas de agua.

El crecimiento del ganado no adaptado muestra el músculo con signos de crecimiento deprimido. Además, la adaptación del animal inapropiado al medio es mucho más baja en los primeros dos años de vida, cuando el tejido de proteína debería desarrollarse, que en los años subsiguientes.

La producción de leche es también una función del crecimiento. Si un animal está bien adaptado a su ambiente, puede utilizar efectivamente el forraje disponible y crecer normalmente. Esto permite que se reproduzca a una edad temprana, lo cual a su vez estimula el crecimiento del tejido mamario y la producción de leche. La vaca que tiene genéticamente una alta producción de leche, producirá ineficientemente si se alimenta en forma inadecuada para mantener sus necesidades.

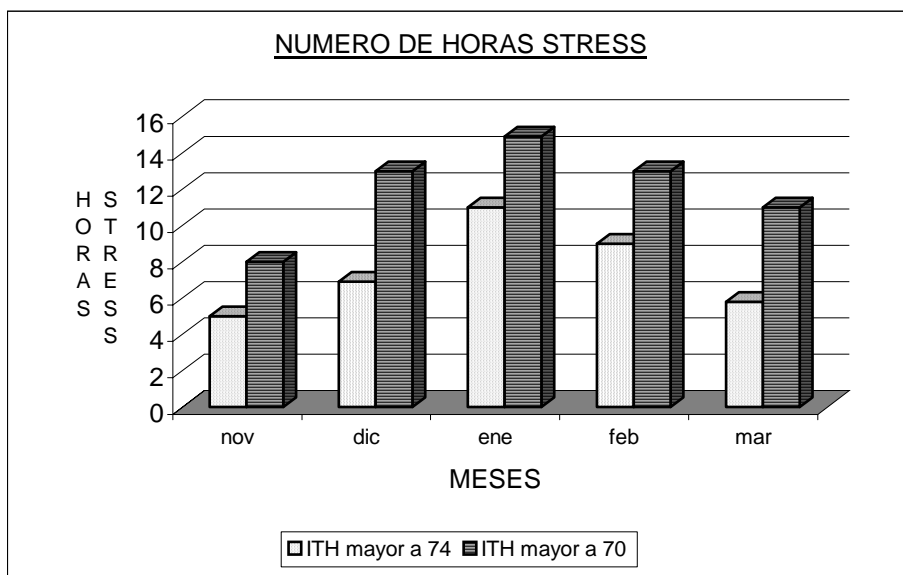
Un animal puede recibir suficiente alimento y sin embargo, puede estar desnutrido si las condiciones climáticas no permiten la conversión efectiva del alimento. Esta es una de las razones por las que las razas europeas lecheras no pueden dar buenos rendimientos de leche en los trópicos.

ACLIMATACIÓN

Aclimatación es el conjunto de procesos mediante los cuales un animal se adapta al medio ambiente en que tiene que vivir. Si se introduce a un animal en un nuevo ambiente en donde debe soportar condiciones adversas, no podrá aclimatarse y desmejorará considerablemente. Esto ha ocurrido con frecuencia al introducir ejemplares de razas de zonas templadas en un ambiente tropical.

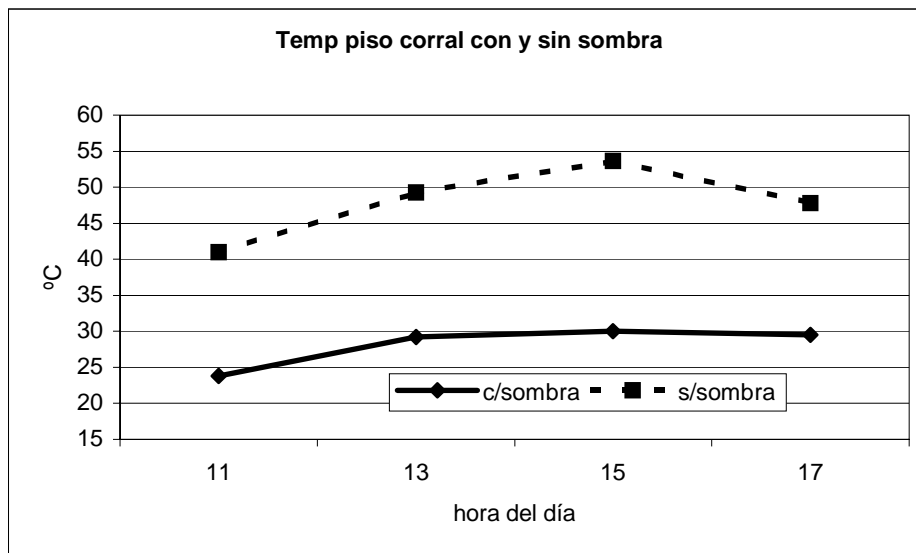
La aclimatación al calor puede ser temporal o permanente, dependiendo de sí el animal aumenta su pérdida de calor, si reduce su producción de calor o si aumenta la tolerancia de sus tejidos a temperaturas más altas y fluctuantes del cuerpo.

Los vacunos de las regiones templadas pueden aclimatarse más fácilmente a un calor fuerte e intermitente que a otro más moderado pero continuo. En zonas áridas subtropicales de América y Australia, razas de ganado vacuno europeo, de climas templados, están expuestas durante los meses de verano a un calor considerable. Sin embargo, este ganado prospera en dichas zonas porque se trata de un calor intermitente, que disminuye por las noches en los meses de verano y no existe durante los meses de invierno.



Una aclimatación permanente al rigor del clima puede imputarse a los cambios introducidos en el comportamiento de los animales o a ciertas modificaciones de sus reacciones fisiológicas, que pueden ser o no heredadas. Puede también tener lugar una selección natural o artificial de ciertos caracteres morfológicos que ayudan al animal a aclimatarse.

En lo referente a la aclimatación, son importantes los cambios introducidos en el comportamiento. En un ambiente tropical, el ganado se vuelve más perezoso en sus movimientos hasta el punto de reducir la producción de calor muscular. Los toros, por ejemplo, en igualdad de circunstancias, son más mansos en los trópicos que en las zonas templadas. El ganado de las razas de zonas templadas pasta en los trópicos mayormente por la noche y busca más la sombra durante el día.

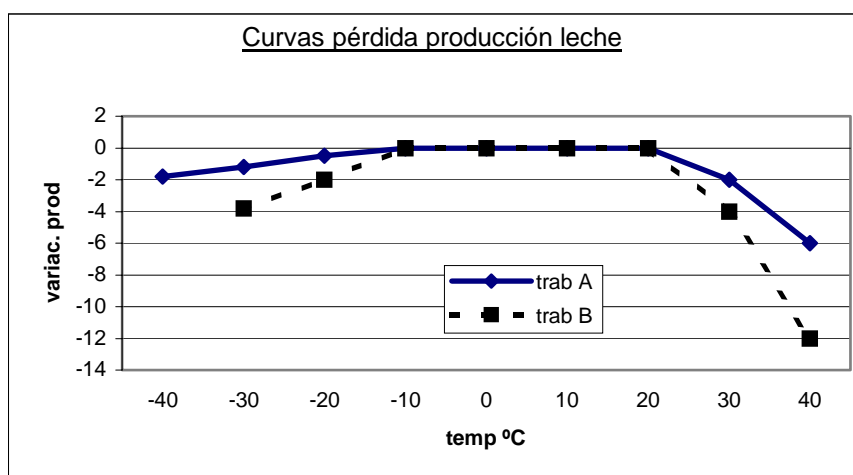


Pueden darse distintos grados de aclimatación:

ABSOLUTA: Cuando los animales que son llevados a un medio distintos al de su origen mantienen intactas sus capacidades productivas económicas.

NATURALIZACIÓN: Se da cuando se trasladan animales a un clima semejante al de su origen y en donde las diferencias ambientales son mínimas.

RELATIVA O DEGENERATIVA: Cuando el animal sobrevive pero a costa de perder parte de su aptitud productiva, disminuyendo la fertilidad y conversión alimenticia. Es quizá la más dañina de las adaptaciones, ya que el animal persiste pero con baja producción.



FRACASO DE RAZA O ACLIMATACIÓN NEGATIVA: Resulta del traslado de animales a un medio diferente al de su origen, donde ningún individuo logra superar el esfuerzo que las nuevas condiciones le exigen, sobreviniendo la muerte.

De esto surge que la elección de una raza en un ambiente determinado no es un capricho, sino que responde a razones fisiológicas. Se han logrado espectaculares avances en la obtención de razas mejor adaptadas a las variaciones extremas de temperatura.

BIBLIOGRAFÍA

- Blaxter, K.L. 1968. Metabolismo energético de los rumiantes. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Bonsma, Jan C. 1967. Breeding cattle for increased adaptability to tropical and subtropical environments. *Journal of Agricultural Science*, 39:204-221
- Bonsma, Jan C. s/f. Estudios sobre selección del ganado. Hemisferio Sur, Montevideo.
- Bovissou, Marie s/f. Etablissement des relations de dominance et soumission chez le bovins. *Anuaire Biolog. Anim. Bioch. Biophys.* 14 (3):383-310.
- Church, D.C. 1974. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Vol. 2, Nutrición. Acribia, Zaragoza.
- Cole, H.H. 1964. Producción animal. Acribia, Zaragoza.
- De Fina, A.I. y A.C. Ravelo. 1973. Climatología y Fenología agrícola. Eudeba, Bs.As.
- Findlay, J.D. 1950. Los efectos de temperatura, humedad, movimiento del aire y radiación solar sobre la fisiología y comportamiento de los animales de granja. *Hannah Dairy Research. Institute, Bull. N° 9.*
- Hafez, E.S.E. 1963. Capacidad reproductora de algunos animales domésticos con relación al clima y la nutrición. *Rev. de Zootecnia y Reproducción*, Bs.As.
- Hafez, E.S.E. 1969. The behaviour of domestic animals. *Depart. of Animal Science. Washington State University. Pullman, Washington, U.S.A..*
- Hammond, J. 1959. Avances en fisiología zootécnica. Vol. 1, Acribia, Zaragoza.
- Helman, M.B. 1968. Ganadería Tropical. Tomo 1, El Ateneo, Bs.As.
- Kleiber, Max 1972. Bioenergética animal. Acribia, Zaragoza.
- Kolb, E. 1971. Fisiología veterinaria. Acribia, Zaragoza.
- Lee Douglas, H.K. 1953. Tolerancia de los animales al calor. *Manual de Estudios de Campo. Cuadernos de Fomento 38, FAO, Roma.*
- Lee Douglas, H.K. y R.W. Phillips 1948. Evaluación de la adaptabilidad del ganado al stress climático. *J. Animal Science.* 7:391-425.
- Mc Dowell, R.E. 1974. Bases biológicas de la producción animal en zonas tropicales. Acribia, Zaragoza.
- Mc Dowell, R.E., H.K. Douglas y M. Schein 1952. Comparación de la tolerancia al calor de Jersey y cruzamientos Sindhi por Jersey. *J. Animal Science*, 11:796-97.
- Odum, E.P. 1971. Ecología. Interamericana, México.
- Phillips, R.N. 1948. La cría de ganado en ambientes desfavorables. *Estudio Agropecuario, FAO, Roma.*
- Rhoad, A.O. 1944. La prueba Iberia de tolerancia al calor para ganado. *Tropical Agriculture*, 21:162-64.
- Rhoad, A.O. 1974. Cría de ganado vacuno para carne en medios desfavorables.
- Riggs, J.K. 1961. Influencias ambientales sobre el ganado vacuno. *CAFADE, Bs.As.*
- Santiago, A.A. 1967. El Cebú. México, Uthea.
- Williamson, G. y W.J.A. Payne. 1975. La ganadería en regiones tropicales. Ed. Blume.