

# EL AMBIENTE CLIMATICO EN LA PRODUCCION PORCINA

Ing. Agr., M. Sc. Alberto I. Echevarría

Profesor Titular Efectivo. D. E. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. 5800 Río Cuarto. Cba. e mail: [aechevarria@ayv.unrc.edu.ar](mailto:aechevarria@ayv.unrc.edu.ar)

## 1- PRINCIPIOS Y ASPECTOS GENERALES. COMPONENTES DEL AMBIENTE

Sabemos que la producción y rendimiento de los animales que explotamos comercialmente son afectadas por factores ambientales y genéticos.

En un sentido amplio el **AMBIENTE** es la suma de todas las condiciones externas y circunstancias que afectan la salud, el bienestar, la productividad y eficiencia reproductiva de un animal. Incluye todos los factores alrededor de los animales que los afectan, tales como el manejo, la nutrición, aspectos sociales y las enfermedades. Incluye también factores climáticos como temperatura, humedad y ventilación, los que deben ser manejados apropiadamente o modificados si resulta práctico, para obtener una buena eficiencia de producción. El ambiente afecta el grado de expresión del potencial genético de un animal.

Los factores que componen el "AMBIENTE" pueden separarse, por una cuestión de conveniencia, en físicos, sociales y termales (Bond y Kelly, 1960). Los factores "**físicos**" se refieren a aspectos como espacio, luz, sonido, presión e instalaciones en general. Los factores "**sociales**" son el tamaño de grupos, ordenes de dominancia y otros aspectos del comportamiento animal. Los factores "**termales**" se refieren a temperaturas del aire, humedad relativa, corrientes de aire, radiación, etc.

El estudio de las necesidades medioambientales de los cerdos ha tomado una importancia creciente en los últimos años, debido al aumento del grado de tecnificación de las explotaciones porcinas.

Estas notas intentan enfatizar los aspectos del ambiente más relacionados con la producción porcina, especialmente lo que denominamos "Ambiente Climático" o factores termales del ambiente.

### **Ambiente Climático**

**Temperatura**

**Humedad Relativa.**

**Movimiento del aire. Ventilación.**

**Luz.**

**Precipitaciones (particularmente en sistemas al aire libre).**

Muchas de las mermas o problemas que se producen en las explotaciones porcinas se relacionan con un deficiente manejo y control del medio ambiente. Es necesario proporcionar a los animales un MICROCLIMA adecuado. El MICROCLIMA se refiere a la modificación artificial de los elementos que forman el medio ambiente, para proporcionar a los animales una zona de comodidad adecuada a sus necesidades y a la función productiva que deban satisfacer.

Recordemos, como introducción, la importancia relativa de las diferentes formas de intercambios de calor en relación a las temperaturas del ambiente y los valores orientativos, por su importancia, de las temperaturas críticas inferiores y superiores.

Una cantidad considerable de investigaciones han sido conducidas para determinar el ambiente óptimo que permita una máxima producción por parte de los animales, evaluando también el efecto negativo resultante, cuando los factores ambientales se apartan del óptimo.

Por muchos años los productores y los científicos han trabajado para desarrollar sistemas de manejo que permitan maximizar la ganancia diaria de peso, la utilización del alimento, producción de leche y otros parámetros de productividad. Sin embargo, en años recientes, con los incrementos en los costos en general (energía, etc.), el interés ha cambiado desde "**Niveles Máximos de Producción**" a "**Niveles Más Económicos de Producción**". Los cálculos de la relación Costo-Beneficio permiten apreciar la rentabilidad relativa de la provisión de sombra, aislamiento térmico, calor suplementario, ventiladores, aspersores y otras medidas tendientes a modificar el ambiente, según especies y sistemas de producción. (Cunningham y Acker, 2000).

Los animales superiores poseen órganos especializados o sistemas complejos que responden a los estímulos apropiados, trabajando coordinadamente para realizar sus funciones corporales esenciales. Las señales recibidas desde los alrededores por los órganos sensoriales pueden producir una acción refleja local o ser procesadas por el sistema nervioso central. Las señales débiles no producen respuestas, pero los estímulos más fuertes o intensos inician cambios fisiológicos o de comportamiento.

Los animales responden a los estímulos físicos, sociales, climáticos, etc., de sus alrededores. Este ambiente externo, que representa todos los factores no-genéticos que influyen la respuesta, interacciona con el genotipo del animal para determinar su performance. En los sistemas de producción animal esta situación es aún más compleja, debido a que la intervención humana puede influenciar tanto al genotipo, como al ambiente externo. **Bajo estas**

**condiciones la productividad depende de una interacción genotipo x ambiente x manejo.** (King, 2000).

Las especies ganaderas modernas de alta producción, han sido científicamente mejoradas para maximizar unos pocos caracteres fenotípicos específicos, por lo que poseen una base genética mucho más estrecha que sus antepasados salvajes. La intervención humana debe protegerlas, en general, de los extremos ambientales, a pesar de que aún pueden ajustarse, como individuos, a cambios de corta duración en su ambiente normal.

## **2- PRODUCCION Y PÉRDIDAS DE CALOR. HOMEOTERMIA.**

### **2.1- HOMEOTERMOS Y POIKILOTERMOS.**

Los animales pueden clasificarse en dos grandes grupos generales: En **POIKILOTERMOS** o de sangre fría y en **HOMEOTERMOS** o de sangre caliente.

Los **POIKILOTERMOS** (también llamados de sangre fría u exotérmicos) no mantienen una temperatura corporal constante, cambiando su temperatura interna al variar la temperatura ambiental. Comprenden a un gran número de especies, incluidos los **PECES** y otros animales acuáticos. No poseen mecanismos especializados para la conservación del calor. En estas especies las superficies externas usualmente son bastante grandes con relación al volumen de los tejidos que generan calor, de forma que el calor metabólico se disipa casi tan rápidamente como es producido.

Los poikilothermos pueden ejercer un mínimo control moviéndose desde el sol a la sombra, pero las temperaturas ambientales y corporales son aproximadamente iguales. Esto tiene especiales implicancias en cuanto a la eficiencia de utilización de la energía, pero hace que estos animales puedan estar completamente activos dentro de rangos de temperaturas ambientales mas bien estrechos. A pesar de que el hecho de mantenerse calientes es energéticamente costoso para los homeotermos, especialmente si son de pequeño tamaño, la habilidad para mantener una temperatura corporal constante, les permite permanecer activos sobre un amplio rango de temperaturas y en la mayoría de los climas.

Los **HOMEOTERMOS** (de sangre caliente u endotermos), que comprenden a todos los mamíferos de granja y a las aves, mantienen una temperatura corporal relativamente constante utilizando o disipando energía. Si las temperaturas corporales internas o profundas cambian en forma moderada respecto a la temperatura normal, mueren en un lapso relativamente corto. Entre los animales de granja los cerdos tienen una temperatura rectal normal de 39 °C, La temperatura corporal experimenta una pequeña variación diaria (diurna) de unos pocos grados, decreciendo usualmente en la mañana temprano y aumentando hacia el anochecer. (Cunningham y Acker, 2000). Además existen pequeñas diferencias de temperatura entre los diferentes órganos dentro de la parte central del cuerpo, a pesar de que realmente lo que se regula es la temperatura del hipotálamo. Sin embargo se reconoce desde hace mucho tiempo que los tejidos corporales externos pueden estar considerablemente mas fríos que la parte central o profunda y que cuando la temperatura ambiental es baja, pueden existir grandes diferencias de temperatura entre la superficie del tronco, respecto a las extremidades.

Los animales **HOMEOTERMOS** poseen un sistema termoregulador que mantiene una temperatura corporal y un ambiente interno estable (homeóstasis) mediante la conversión de la energía de los alimentos en calor. El calor se genera por el metabolismo oxidativo de las proteínas, grasas y carbohidratos. Todos los procesos metabólicos generan una cantidad sustancial de calor, que es retenido dentro del cuerpo de los homeotermos por capas aislantes de grasa, plumas o pelos. Se puede generalizar en que el grado de independencia de un organismo respecto a su ambiente externo es proporcional a su habilidad para mantener un ambiente interno constante.

### **2.2- EQUILIBRIO TERMICO EN LOS HOMEOTERMOS. PRODUCCION Y PERDIDA DE CALOR.**

Con la excepción de aquellas usadas en acuicultura, casi todas las especies domesticadas son homeotermas, las que para mantenerse saludables y productivas deben regular su temperatura corporal dentro de un rango muy estrecho. Para mantener su temperatura corporal constante el calor producido mas el calor ganado, eventualmente desde el exterior, (Ejemplo: Por radiación solar directa), deben igualar al calor perdido. Los intercambios de calor son regulados de forma tal que, en un período dado de tiempo, el calor producido dentro del cuerpo sea igual a la cantidad de calor perdido (equilibrio térmico), permitiendo así el mantenimiento de una temperatura corporal constante. El ambiente que rodea al animal, en cualquier instante particular, tiene influencia sobre la cantidad de calor intercambiado entre el mismo y su ambiente, el que consecuentemente tiene influencia sobre los ajustes fisiológicos que el animal debe realizar para mantener su balance de calor corporal. Si el ambiente no se encuentra enteramente dentro de la "Zona de confort" del animal, los ajustes serán considerables y se dice que el animal se encuentra bajo un estrés de calor o estrés térmico, el que se vera reflejado en su crecimiento, salud y producción. De acuerdo a las leyes físicas de la transferencia de calor, cuando un animal se encuentra, por ejemplo, en un ambiente mas frío que su temperatura corporal, se removerá mas calor de su cuerpo. Si esto continua sin ninguna compensación fisiológica se producirá un descenso de la temperatura corporal. Sin embargo los animales pueden compensar esta perdida adicional de calor mediante el incremento de la producción de calor y/o una disminución de la perdida de calor mediante diferentes ajustes físicos (Esmay, 1969).

Los animales pueden reducir la perdida de calor o termólisis minimizando la temperatura superficial de la piel, maximizando la aislación térmica mediante cambios en la cobertura corporal (pelos, plumas o piel), minimizando la perdida de calor evaporativo, minimizando el área corporal expuesta al ambiente externo, agrupándose con otros animales (adaptación o ajuste por comportamiento) o buscando protección del viento en lugares reparados. La producción de calor o

termogénesis es regulada por mecanismos como cambios en el tono muscular, temblores y la secreción de las glándulas endocrinas que incrementan la producción metabólica de calor.

Los HOMEOTERMOS realizan estos ajustes a través del sistema nervioso central (SNC) por medio de sus sensores termales, vías aferentes, elementos integrativos y vías eferentes.

El calor producido puede tener varios orígenes, tales como los procesos metabólicos vitales (respiración, circulación), ingestión y digestión de los alimentos, incluida la fermentación ruminal, actividad muscular, ejercicio, respiración celular y la utilización de los nutrientes para procesos productivos como crecimiento, reproducción y lactación, así como de la radiación solar y otras fuentes externas. Además, si el animal es mantenido en un ambiente frío, puede verse forzado a producir calor suplementario o calor extra para mantener su temperatura corporal a un nivel constante. A esto se lo denomina **Producción Suplementaria De Calor Termoregulatorio**, que es diferente de las otras formas de producción de calor, porque se produce específicamente para cubrir las demandas ambientales de calor, mientras que en todos los demás casos el calor es producido como un subproducto inevitable de las actividades metabólicas dentro del cuerpo del animal. *CALOR: Es una forma de energía transmitida desde un cuerpo a otro, en razón de la diferencia de temperaturas..*

Veremos a continuación, en forma resumida, la forma en que los cerdos y demás homeotermos, se adaptan a temperaturas ambientales en ascenso o en descenso.

#### ♦ **Temperaturas Ambientales En Descenso.**

1- Reducción de la pérdida de calor mediante:

- a)-Vasoconstricción periférica.
- b)-Incrementando la aislación corporal (mediante aumento de la cobertura adiposa, incrementando la capa de pelo: Mayor densidad y pelos mas largos. Piloerección.
- c)-Búsqueda de protección o cobertura del viento, lluvia, nieve, etc.
- d)-Reducción del área superficial. Mediante cambios de postura corporal agrupándose estrechamente con otros animales.

2- Incremento en la producción de calor mediante:

- a)-Incrementando el consumo del alimento. (Mayor ingesta de energía, incremento calórico de la digestión).
- b)-Incrementando la actividad física. Temblor involuntario en condiciones extremas de frío.
- c)- Buscando la exposición a la radiación solar.

#### ♦ **Temperaturas Ambientales En Incremento.**

1- Incremento de la pérdida de calor mediante:

- a)-Vasodilatación periférica.
- b)-Disminución de la aislación corporal (Caída de la capa o cubierta de pelo).
- c)-Incrementando la superficie corporal. (Descansando en una posición estirada o relajada).
- d)-Incrementando el enfriamiento evaporativo mediante la transpiración y el jadeo. Cuando la temperatura ambiente se aproxima a la temperatura corporal, la transpiración y el jadeo se convierten en los principales mecanismos de disipación del calor. La radiación, conducción y convección se vuelven mas bien no efectivas. En realidad estas formas de intercambio calórico pueden convertirse en una ganancia de calor (Exposición directa a la radiación solar). Para mayor información sobre las diferentes formas de intercambio calórico, ver mas adelante.
- e)-Evitando la exposición a la radiación solar., buscando sombra, por ejemplo.

2- Reduciendo la producción de calor mediante:

- a)-Reduciendo el consumo de alimento. (Menores niveles de la hormona tiroxina y menor tasa metabólica).
- b)-Reducción de la actividad física.

Es responsabilidad de los encargados del manejo de los animales mantenerlos tan confortables y productivos como sea posible, práctica o económicamente. Se debería prestar especial atención y cuidados en condiciones climáticas de extremo frío o calor.

**La pérdida de calor hacia el ambiente externo se realiza mediante dos rutas o formas principales: En primer lugar por la transferencia no-evaporativa de calor hacia el aire y superficies adyacentes al animal mediante RADIACION, CONVECCION y CONDUCCION. En segundo lugar mediante la transferencia de calor EVAPORATIVO, asociado con la pérdida de vapor de agua desde la superficie corporal y el sistema respiratorio (Wathes y Charles, 1994).**

#### ❖ **RADIACION**

Es el intercambio de calor entre dos objetos que no están en contacto. El calor fluye desde el objeto mas caliente al mas frío. Por ejemplo un ternero parado al sol, en un día claro de invierno, recibe calor solar mediante radiación.

La energía radiante se mueve en el espacio por medio de ondas electromagnéticas que se propagan en línea recta. Se transforma en energía térmica al entrar en contacto con el animal. De esta forma un animal puede percibir calor en un día luminoso de invierno, especialmente si se encuentra en un lugar protegido del viento. Bajo confinamiento un animal puede perder calor por radiación, cuando las temperaturas de las paredes y del techo sean mas bajas que la temperatura del animal. Sin embargo, un techo con pobre aislación térmica, en verano, puede resultar en una ganancia significativa de calor radiante sobre el lomo de los animales.

A las bajas velocidades del aire, típicas del ambiente de los edificios de confinamiento (y de nuestras viviendas), la tasa de pérdida de calor por intercambio de radiación es tan importante como la convección, especialmente para grandes animales. La aislación, provista por la capa limite

de aire alrededor del cuerpo, decrece con el incremento de la velocidad del aire, como también lo hace la aislación de la capa externa, incrementando la proporción de la pérdida de calor no- evaporativo debida a la convección. Consecuentemente la convección es dominante a altas velocidades del viento y a eso se debe la ventaja ambiental que proporcionan los reparos o barreras para viento. Por el contrario las velocidades del aire deben ser bajas, para que el calentamiento infrarrojo sea efectivo (Es el caso del uso de lámparas infrarrojas en lechones recién nacidos en confinamiento, donde debe cuidarse especialmente la ausencia de corrientes de aire por convección).

Cualquier cuerpo que esté a una temperatura superior al cero absoluto (- 273 °C o 0 °K) emite energía en forma de radiación. La mayoría de las superficies naturales, incluyendo la “capa” externa de los animales, se comportan como “cuerpos negros” en el sentido óptico, siendo emisores de radiación de onda larga (Whates y Charles, 1994).

El intercambio de calor por radiación entre un animal y su ambiente se realiza sujeto a la **ley de Stefan-Boltzman**, que establece que la radiación de un cuerpo perfectamente negro en el sentido óptico es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta superficial ( $T^4$ , en grados Kelvin). Por lo tanto, el intercambio radiante neto entre dos cuerpos negros es proporcional a la diferencia entre las cuartas potencias de sus temperaturas superficiales (en °K).

Los cuerpos nunca son perfectamente “negros” en el sentido óptico, pero en el espectro de onda larga o infrarrojo, las superficies animales tiene una emisividad igual o mayor a 0,95, lo que implica que ellos son “negros” en un 95 % o más, independientemente de su aparente color visible.

Para animales que se encuentran al aire libre la radiación solar puede tener importantes efectos directos, como se verá más adelante, más allá de los intercambios de calor a los que se refieren principalmente estas notas (Quemaduras de sol).

### ❖ CONVECCION

Es el flujo o transferencia de calor mediante el movimiento del aire o del agua. Se debe a la redistribución de moléculas dentro del fluido en cuestión (aire, agua). En los animales la transferencia de calor por convección ocurre entre la superficie externa del cuerpo y el aire que lo rodea. Su magnitud depende de dos factores: A)- La diferencia de temperaturas entre la superficie del animal y el aire. B)- La aislación térmica provista por la capa límite de aire alrededor del cuerpo. Esta capa límite es alterada por las corrientes de aire, siendo afectada también por la naturaleza de la superficie (pelos, plumas, pilo erección, etc.). Bajo condiciones de viento el calor es removido por “Convección forzada” en una magnitud que depende de la velocidad y dirección del viento. En condiciones de aire quieto o calmo, el movimiento del aire alrededor del cuerpo animal es consecuencia del movimiento ascendente natural del aire (el aire caliente asciende) y el calor se remueve, mínimamente, por “Convección libre”. Los procesos equivalentes para los edificios de confinamiento son la ventilación debida al viento y el efecto “Chimenea” (Whates y Charles, 1994). Un animal al aire libre, por ejemplo un novillo, expuesto a un viento de 32 Km./hora a 0 °C, estará expuesto a una “Temperatura Efectiva” de -12 °C, (índice de sensación térmica), experimentando una considerable pérdida de calor por convección (Cunningham y Acker, 2000). Por otra parte, este incremento de las pérdidas de calor por convección, como consecuencia de las corrientes de aire, es uno de los medios eficaces para luchar contra las temperaturas muy elevadas (Forcada Miranda, 1997). Los cambios en las corrientes o velocidad del aire son proporcionalmente más efectivos a bajas velocidades que cambios similares a velocidades altas, probablemente como resultado de la ruptura de la capa límite de aire que ocurre a bajas velocidades. Por esta razón las corrientes de aire frío a bajas velocidades son perjudiciales en condiciones de confinamiento, especialmente para las categorías de animales pequeños o recién nacidos (lechones, pollitos, etc.), porque aumentan mucho las pérdidas de calor, lo que puede tener consecuencias en el **crecimiento y el estado de salud** de estos animales. En cerdos en crecimiento, bajo confinamiento, alimentados Ad Libitum las corrientes de aire en invierno pueden afectar las eficiencias de conversión del alimento al incrementar las pérdidas de calor en los alojamientos. En la practica estas corrientes de aire tienen a menudo una temperatura más baja que el aire de los corrales, aumentando por esta causa adicionalmente la pérdida de calor.

### ❖ CONDUCCION

Es el flujo o transferencia de calor entre un animal y cualquier superficie, particularmente el piso, con la que esté en contacto. A diferencia de la convección aquí no existe translocación relativa de moléculas. Las moléculas más calientes imparten energía cinética a las moléculas mas frías mediante contacto directo.

Los animales que permanecen de pie pierden pequeñas cantidades de calor por conducción debido a que el área de contacto con el piso es muy pequeña. Sin embargo la pérdida de calor conductivo puede ser significativa para un animal echado, cuando el piso esta constituido por materiales que sean relativamente buenos conductores (concreto, chapas de hierro perforadas, alambre tejido, que son usadas por ejemplo en los sistemas de confinamiento en cerdos y jaulas para aves). Un cerdo echado sobre un piso frío de listones de concretos (“Slats”) pierde calor por conducción hacia los listones. Por lo contrario un animal echado sobre un piso calentado por cañerías de agua caliente o losa radiante ganara calor por conducción. Este último es el caso del uso de las “alfombras eléctricas” que se usan frecuentemente para los lechones, en las maternidades porcinas bajo confinamiento.

El efecto positivo de la “cama de paja o viruta de madera”, que se utiliza en diferentes especies y circunstancias, se debe en gran parte al efecto aislante que disminuye la pérdida de calor por conducción, creando una especie de “microclima”, que disminuye también la pérdida de calor por convección.

Para el caso de un piso frío, el flujo de calor desde el animal es una función del área de contacto, del gradiente de temperatura, de la conductividad térmica y de la capacidad calórica del material del piso. Es necesario tener en cuenta la cantidad de calor requerida para calentar el material del piso (capacidad calórica), que se suma al flujo de calor que corresponde al gradiente de temperatura, que a su vez es función de la conductividad. Por ejemplo, esto es particularmente importante para lechones pequeños que descansan sobre una gruesa capa de concreto, donde la capacidad calórica del concreto anula la utilidad de la barrera aislante colocada debajo, cuando se usa aislación térmica del piso. Si los lechones cambian de posición frecuentemente es como si no existiera aislación alguna debido a que cada porción fresca o nueva del piso constituye un gran "deposito" o pérdida de calor, como consecuencia de la capacidad calórica de la gruesa capa de concreto. La capa o cobertura de cemento por encima del material aislante no debería ser, por esta razón demasiado gruesa. Lo mínimo compatible con una durabilidad adecuada.

### ❖ PERDIDAS DE CALOR POR EVAPORACION

El calor latente de vaporización del agua es alto, alrededor de 2400 J/gr. o **0,58 Kcal./gr.** de agua evaporada. El pasaje del agua del estado líquido a vapor, por ejemplo en la superficie del animal por transpiración implica un intercambio de calor. Por cada gramo de agua evaporada se transfieren 0,58 Kcal. que quedan en el aire que rodea al animal como calor latente de vaporización. El calor es tomado de la superficie del animal, resultando en un enfriamiento de la masa corporal. Es el mismo principio físico por el que se enfría el líquido, por ejemplo agua, contenido en un recipiente expuesto al viento, envuelto con una bolsa de arpillera saturada de agua.

A medida que la temperatura ambiental se aproxima a la temperatura corporal del animal **las pérdidas de calor NO EVAPORATIVO** (Radiación, conducción y convección) se vuelven muy pequeñas, debiendo el animal disipar calor por medio de la evaporación. **Bajo estas condiciones en los porcinos, la cantidad de calor perdido depende de la magnitud de la evaporación, que a su vez es influenciada por la superficie o área del animal que se encuentra humedecida, por la temperatura de la piel y por la velocidad, temperatura y humedad relativa del aire.** Cuando la humedad relativa es muy alta, cercana por ejemplo al 100 %, la pérdida de calor evaporativo se compromete severamente. La humedad relativa se define como la proporción o cantidad de vapor de agua que contiene el aire, a esa temperatura, respecto al máximo (saturación) que podría contener a esa misma temperatura. Mientras mayor sea la temperatura del aire, mayor será su capacidad para contener vapor de agua.

Un aspecto importante a considerar es que, en condiciones de confinamiento, el calor perdido por los animales por evaporación no contribuye al calentamiento del alojamiento. El calor disipado queda en el ambiente como calor latente de vaporización. En cambio el calor no-evaporativo (Radiación, conducción y convección) disipado hacia el ambiente, contribuye para elevar la temperatura del alojamiento. Por este motivo las pérdidas de calor no-evaporativas se denominan también **Calor Sensible o Calor Perceptible**. El acondicionamiento ambiental de los sistemas de confinamiento, en los climas templados a templado-fríos, trata en realidad de hacer uso de este calor no-evaporativo, para regular la temperatura interna de los alojamientos mediante el control de la ventilación, evitando en lo posible el uso de calor o energía de una fuente externa.

Cuando las temperaturas ambientales son mayores que la temperatura corporal normal de los animales, la evaporación es la única forma de pérdida de calor, constituyéndose en un mecanismo esencial para el mantenimiento de la homeotermia. La habilidad para transpirar y perder calor por evaporación difiere marcadamente entre las distintas especies animales. Una característica notable de los cerdos es que no parecen transpirar. Las pérdidas de agua por la piel pueden atribuirse a la difusión, sin secreción glandular. Poseen glándulas sudoríparas atrofiadas que responden poco al estrés por calor, debido particularmente a la capa de grasa debajo de su piel. Se ha determinado (Ingram, 1965) que las pérdidas de agua o evaporación por la piel, con temperaturas ambientales por encima de la temperatura crítica superior (Ver más adelante), ascienden para los cerdos a solo 30 gramos por metro cuadrado de superficie del animal y por hora, contrastando con los 60 gr./me/hora para las ovejas, 70 – 140 para los bovinos y los 1.000 o mas gramos/m<sup>2</sup>/hora para el hombre. Los cerdos, por lo tanto, no parecerían adaptados a las condiciones cálidas, en las que la evaporación juega el papel más importante en la pérdida de calor, dado que en este caso la temperatura del ambiente se acerca o excede la temperatura superficial del cerdo, reduciendo las pérdidas de calor perceptible a cero o transformándose, inclusive en una ganancia de calor. Sin embargo el hábito de los cerdos de tratar de mojarse superficialmente, revolcándose en el barro, buscando los charcos o aspersion de agua, aumenta en gran medida su tolerancia al calor. Se ha determinado que la evaporación de un cerdo embarrado y mojado (En los flancos), es equivalente al nivel alcanzado por el hombre en un ambiente caluroso. Por lo tanto los cerdos pueden compensar mediante el comportamiento su inaptitud para transpirar, si es que disponen de agua exógena. Se ha remarcado el hecho de que si los cerdos evolucionaron en áreas pantanosas, húmedas y cálidas, la evolución favoreció el hábito de revolcarse y chapotear en el agua y en el barro como una adaptación por comportamiento, en lugar de la adaptación fisiológica de transpirar como mecanismo para la pérdida de calor por evaporación (Roller y Goldman, 1969).

También se pierde calor por evaporación de humedad desde los pulmones y el tracto respiratorio. El aumento de la frecuencia respiratoria como respuesta a las elevadas temperaturas, propia de algunas especies, tiene por finalidad aumentar la pérdida de calor evaporativo. Algunas especies, como los porcinos si no pueden expresar su comportamiento normal de buscar lugares húmedos o barro, responden al calor con jadeo, incrementando así la pérdida de vapor de agua desde el sistema respiratorio, mientras que otras tienen capacidades variables para transpirar, como respuesta al calor, de forma que la consecuente evaporación toma calor desde la superficie de la piel. También hay especies que jadean y transpiran. Si bien los cerdos bajo condiciones de

calor tienen una cierta capacidad para incrementar la pérdida de vapor de agua (y calor como ya se explicó), desde el sistema respiratorio mediante el jadeo, esta capacidad es más bien limitada, sobre todos para los animales en terminación y los reproductores, o sea para las categorías de mayor peso o tamaño, que tienen una gran producción metabólica de calor cuando se encuentran bajo los altos niveles de productividad de los sistemas actuales de producción. Una frecuencia respiratoria superior a 50/minuto, indica estrés por calor en los porcinos.

El idioma de los cerdos para manifestar su incomodidad ante las altas temperaturas ambientales es básicamente su comportamiento (Roppa, 2003). Este autor describe claramente la sucesión de respuestas:

- a- Aumento de la temperatura superficial por el mayor flujo de sangre hacia la superficie. Esta vaso dilatación aumenta el traslado de calor hacia la piel en hasta 8 veces, calor que puede disiparse por evaporación superficial suministrando agua por aspersión, nebulización, charcos o refrescaderos, según sistema de producción.
- b- Termoregulación por comportamiento. Los animales se esfuerzan para buscar lugares más húmedos y fríos. Aumenta el consumo de agua.
- c- Cae el consumo de ración para producir menos calor corporal. Menor actividad de la tiroides.
- d- Jadeo termal, como ya se explicó.
- e- Desequilibrio electrolítico. Con el aumento de la tasa respiratoria ocurre una gran pérdida de anhídrido carbónico, que lleva a un cuadro de "alcalosis respiratoria". El organismo en respuesta altera la excreción urinaria de bicarbonato, provocando una acidosis metabólica para mantener estable la relación entre ácido carbónico y bicarbonato.
- f- Con la continuidad del estrés por calor que provoca un desequilibrio hídrico, de electrolitos e ión hidrógeno, el cerdo entra en la fase de hipertermia, con un postramiento inicial, que después puede llegar a la muerte.
- g- Sin embargo puede existir algún grado de aclimatación con respecto a las altas temperaturas.

Es conveniente analizar la importancia de las diferentes formas de intercambios de calor con relación a las temperaturas del ambiente (Tabla N°1).

**TABLA N°1. IMPORTANCIA RELATIVA DE LAS DISTINTAS FORMAS DE INTERCAMBIO CALORICO. (1)**

PORCENTAJE DE LA PERDIDA DE CALOR DEBIDA A:				
TEMP. AIRE	RADIACION	CONVECCION	CONDUCCION (2)	EVAPORACION
4 °C	35	38	13	15
21 °C	27	34	11	28
38 °C	3	5	3	90

(1)- Cerdos de 30 a 200 kg. de peso vivo.

(2)- Se incluye el calor de calentamiento de la ingesta.

**FUENTE:**

BOND, et al., 1959. Trans. Am. Soc. Agric. Engrs., 2, 1

Para los porcinos, en condiciones de confinamiento en climas con humedad relativa medias a bajas, se suelen utilizar **paneles de enfriamiento evaporativo** (como una ventana, pero cubierta con una especie de fieltro de papel de celulosa), por donde circula agua y por donde entra al alojamiento, en forma forzada, parte del aire de ventilación. De esta forma el aire externo caliente y con baja cantidad de vapor de agua, al pasar por el panel, provoca la evaporación del agua, **perdiendo calor (enfriándose)**, a la vez que aumenta su contenido de vapor de agua. (Forcada Miranda, 1997).

### **3- EL DIAGRAMA METABOLICO. TEMPERATURAS CRITICAS. TERMONEUTRALIDAD.**

#### **3.1-EL DIAGRAMA METABOLICO.**

El diagrama metabólico representa la relación general entre la tasa de producción metabólica de calor y la temperatura ambiental. La FIGURA N° 1 ha sido adaptada de Mount (1979), para un cerdo de 60 Kg. de peso vivo, alojado individualmente y con un consumo diario de energía metabolizable de dos veces las necesidades de mantenimiento. Este diagrama, que también muestra las pérdidas de calor evaporativas y no evaporativas, puede ser dividido en diferentes zonas o puntos, de acuerdo a la respuesta del animal.

La mayoría de los animales de granja, con la excepción de los equinos, no pueden disipar el calor corporal tan fácil y rápidamente como lo hacen los humanos. **Los porcinos poseen glándulas sudoríparas atrofiadas que responden poco al estrés por calor, debido particularmente a la capa de grasa debajo de su piel.**

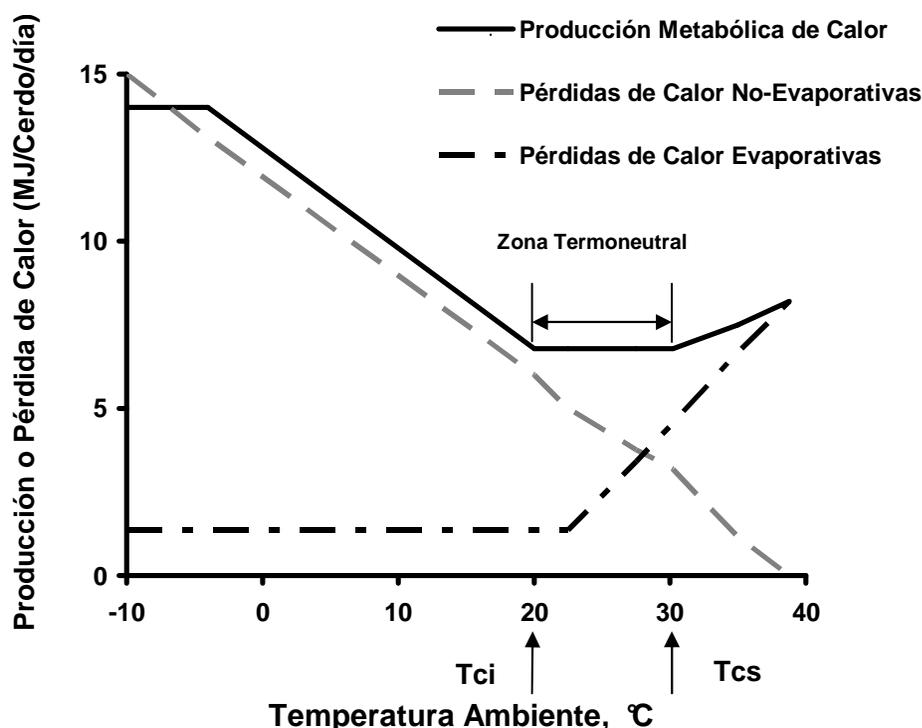
#### **3.2-TERMONEUTRALIDAD. TEMPERATURAS CRITICAS.**

##### **3.2.1- Zona Termoneutral.**

La tasa de producción metabólica de calor es mínima e independiente de la temperatura del aire en la "ZONA TERMONEUTRAL", entre los puntos **Tci** y **Tcs** del eje de las abscisas (temperaturas del aire), con consumos de alimento y actividad física a un nivel

fijo. Este nivel de producción de calor, denominado Tasa Metabólica en Reposo (Mtn), corresponde en la Figura N° 1, a 6,8 MJ/cerdo/día. Dentro de esta zona la tasa metabólica es mínima y el animal puede mantener su homeotermia automáticamente mediante compensaciones "físicas" (alterando el flujo de sangre periférica, pilo erección, cambios de postura, etc.). Se ha estimado que esta **Zona Termoneutral o Zona de Confort** se encuentra, para el hombre, entre 22° a 30°C (Esmay, 1969).

**FIGURA N° 1. DIAGRAMA METABOLICO. REPRESENTACION DE LA RELACION ENTRE LA TEMPERATURA DEL AIRE, LA PRODUCCION Y LAS PERDIDAS DE CALOR PARA UN CERDO DE 60 KG CON UN CONSUMO DIARIO DE ENERGIA (EM) DE DOS VECES EL MANTENIMIENTO**



### 3.2.2- Temperatura Crítica Inferior (Tci).

El límite inferior de la zona termoneutral se denomina **TEMPERATURA CRITICA INFERIOR (Tci)**. Se podría definir como la temperatura del aire por debajo de la cual, el animal debe incrementar su producción metabólica de calor, para mantener el equilibrio térmico. Bajo estas condiciones, la producción de calor se hace cada vez más dependiente de la temperatura del aire o temperatura ambiental. En condiciones ambientales por debajo de la temperatura crítica inferior (Tci), los animales deben incrementar su tasa metabólica por encima del valor de "reposo", para balancear la tasa o ritmo de pérdida de calor hacia los alrededores. En estas condiciones el calor es perdido principalmente mediante las formas **NO-EVAPORATIVAS**, siendo mínimas las pérdidas de calor **EVAPORATIVAS** y máxima la aislación térmica corporal (Wathes and Charles, 1994). El conocimiento de los valores de las **Temperaturas Críticas Inferiores (Tci)** es importante, sobre todo en condiciones de confinamiento y en épocas de bajas temperaturas ambientales, ya que si logramos mantener a los animales dentro de la Zona Termoneutral, el proceso de producción será mas eficiente porque no se estará derivando energía del alimento para la producción de calor termoregulatorio. Por ejemplo, en los cerdos en crecimiento alimentados a discreción o Ad Libitum mediante comederos automáticos, aumentara el consumo voluntario de alimento cuando la temperatura ambiental se encuentre por debajo de la Tci correspondiente para esas condiciones particulares de producción (Tipo de pisos, con o sin cama, corrientes de aire, número de animales por grupo, etc.). El aumento de peso no cambiara, respecto a la termoneutralidad, de manera que empeorará la conversión del alimento, ya que una parte de la energía del mismo será empleada solo para mantener la termoneutralidad y no para funciones de producción. Si el alimento esta restringido (En cantidades diarias fijas, por debajo del apetito o consumo voluntario), se afectara el aumento diario de peso, además de la conversión del alimento.

### 3.2.3- Temperatura Crítica Superior (Tcs).

El límite superior de la zona termoneutral se denomina **TEMPERATURA CRÍTICA SUPERIOR (Tcs)**. Su magnitud depende de la tasa metabólica, aislación térmica y

de la habilidad del animal para disipar calor por evaporación. El incremento en la tasa metabólica (Figura N° 1), que se observa por encima de **Tcs**, es una consecuencia del incremento en la temperatura corporal y del esfuerzo respiratorio realizado para aumentar la pérdida de calor evaporativo. Existen en la literatura algunas confusiones para una definición precisa de la Tcs. **Usaremos la siguiente definición: Es la temperatura del aire (punto hipertérmico) por encima de la cual se incrementa la producción metabólica de calor. (Mount, 1974).** También se puede definir a **Tcs** como la temperatura del aire por encima de la cual se incrementa marcadamente la pérdida de calor evaporativo. En el contexto de esta última definición (menos aceptada) se habla de **Temperatura Superior Evaporativa**.

Puede parecer un contrasentido el hecho de que los animales, en condiciones de altas temperaturas ambientales, lleguen a aumentar su producción de calor, pero esto se explica por el aumento de la frecuencia respiratoria (que produce calor), en un intento de aumentar las pérdidas evaporativas y por el aumento de las pérdidas no- evaporativas, si aumenta la temperatura corporal. En realidad sería como un círculo vicioso, en que al intentar aumentar las pérdidas de calor, se incrementa la producción de calor. Es conveniente comprender que los anteriores son, más bien, mecanismos de ajuste en el corto plazo. En el largo plazo los animales se **“adaptan”**, en cierto grado, a las altas temperaturas, bajando particularmente la tasa metabólica. Esto se debe a una disminución del consumo de alimento y de la actividad tiroidea. Como se aprecia en la Figura N° 1 (Diagrama metabólico), es mucho menor, en general, la tolerancia o rango de respuesta de los cerdos al calor que al frío. Esto es válido asumiendo, en las condiciones de frío, una disponibilidad adecuada de alimentos (o reservas corporales en ciertos casos) y con la excepción de los recién nacidos, que en muchas especies son muy susceptibles al frío, por ser fisiológicamente inmaduros y tener su sistema termoregulador muy poco desarrollado.

### 3.2.4- Algunos Valores de Temperaturas Críticas.

El conocimiento de los valores límites para la **ZONA DE TERMONEUTRALIDAD**, o sea de las Temperaturas Críticas, es de gran importancia, sobre todo en condiciones de confinamiento, ya que si logramos mantener los animales dentro de estos límites, el proceso de producción será más eficiente porque no se estará derivando energía del alimento para la producción de calor termoregulatorio. Esta producción de energía adicional para mantener la homeotermia se cubrirá utilizando más alimento, lo que disminuye la eficiencia de conversión del alimento. Debe tenerse presente que los valores para las temperaturas críticas, que se darán mas adelante para diferentes categorías de animales, son orientativos, ya que dependen de muchos factores como por ejemplo del plano de alimentación que afecta la producción de calor, de la velocidad del viento o movimiento del aire, del uso de cama y tipos de pisos, de la edad, peso vivo y de la composición corporal o grado de magrura de los animales, ya que aquellos que produzcan canales más magras serán menos capaces de tolerar ambientes fríos. Las temperaturas críticas también dependerán del agrupamiento de los cerdos. Muchos valores encontrados en la literatura corresponden a cerdos alojados individualmente. Los animales pueden modificar su ambiente térmico mediante **“cooperación social”**, por ejemplo apretujándose unos con otros, disminuyendo la superficie expuesta y de esta forma la pérdida de calor. Además los valores de Tci, de la Tabla N° 1, se aplican a animales que están secos. La humedad superficial puede producir un gran incremento de la pérdida de calor (calor evaporativo).

Los valores de **Tci** y de **Tcs** pueden determinarse experimentalmente. Sin embargo los valores de **Tcs**, son más complicados de determinar que los de **Tci**, debido a que es mas difícil cuantificar la partición de las pérdidas de calor en ambientes cálidos.

Algunas especies tienen temperaturas críticas inferiores mucho mas bajas que otras. En general las especies que se explotan bajo sistemas extensivos de producción, al aire libre (bovinos, ovinos, etc.), tienen una Tci mucho mas baja que especies que se adaptan a la producción bajo confinamiento (cerdos, aves, etc.).

**TABLA N°2. TEMPERATURAS CRITICAS INFERIORES (Tci) . PARA CERDOS DE DIFERENTES CATEGORIAS Y CON TRES NIVELES DE ALIMENTACION.**

PESO VIVO (Kg)	CONSUMO DE ENERGIA METABOLIZABLE		
	M <sup>1</sup>	2M	3M
	Tci °C.		
2	31 (- 4) <sup>2</sup>	29 (- 5)	29 (-5)
20	26 (- 2)	21 (-2)	17 (- 2)
60	24 (- 1)	20 (- 2)	16 (- 3)
100	23 (- 1)	19 (-2)	14 (- 2)
<b>CERDAS GESTANTES (140 Kg)</b>			
FLACAS. Día: ... ..0	25	20	14
.. ....60	22	17	12
.....112	20	15	10
<b>GORDAS. Día:</b>			
.....0	23	18	12
.....60	21	15	10
.... 112	19	13	7

1-  $M = 0,42 \text{ MJ EM por Kg}^{0,75}$  . (MJ EM/DIA). M: Mantenimiento.

2- Valores entre paréntesis: A restar para cerdos en grupos de 3-6.

3- Condiciones climáticas controladas. 3.1- Baja velocidad de movimiento del aire. 3.2- Sin cama de paja y en varios tipos de pisos.

4- Relación Kcal.:MJ. 1 Kcal. = 0,004187 MJ.

FUENTE:

HOLMES, C., CLOSE, W., 1977. En Nutrition and the Climatic Environment. Butterworths. (pag. 64). Ed. Butterworths.

En las **Tablas N° 2 y 3**, se presentan, como ejemplos, las temperaturas críticas (**Tci y Tcs**) para cerdos de diferentes categorías y con tres planos o niveles de alimentación (Mantenimiento, dos veces el mantenimiento o tres veces mantenimiento). Como referencia vale aclarar que cerdos en crecimiento-terminación (60-100 Kg. peso vivo), alimentados a discreción con comederos automáticos, alcanzan consumos voluntarios de alimento que representan, aproximadamente, niveles de ingesta diaria de energía de 2,5 veces el mantenimiento (Con dietas corrientes en nuestro país, de 3390-3400 Kcal. Energía Digestible/kilo). Se observa que los lechones recién nacidos tienen temperaturas críticas inferiores (Tci), bastante elevadas, o sea que son muy susceptibles al frío. A medida que crecen esta susceptibilidad al frío se va transformando, mas bien, en una susceptibilidad al calor (Tabla N°3. Temperaturas críticas superiores).

Además las Temperaturas Críticas Inferiores descienden al aumentar el nivel de ingesta de energía y al aumentar el peso de los cerdos. Para las cerdas en gestación es interesante el efecto del estado de gordura sobre las Tci y también como varían dichas temperaturas al avanzar la gestación. para las cerdas los valores de la Tabla corresponden a animales considerados individualmente. En el caso de cerdas alojadas en grupos habrá mayor tolerancia al frío

**TABLA N°3. TEMPERATURA CRITICA SUPERIOR. (Tcs). (° C.). VALORES CALCULADOS. PARA CERDOS DE DIFERENTES CATEGORIAS ALOJADOS INDIVIDUALMENTE. CON TRES NIVELES DE ALIMENTACION.**

PESO VIVO (Kg)	CONSUMO DE ENERGIA METABOLIZABLE (1)		
	M	2M	3M
2	33	32	31
20	33	31	30
60	32	30	29
100	32	30	28
<b>CERDAS GESTANTES PESO 140 Kg</b>			
Día : 0	32	29	27
112	30	27	25

1.  $M = 0,42 W^{0,75}$  (MJ E. M./DIA). E. M.: Energía Metabolizable.

2. Condiciones controladas:

a)- Baja velocidad del aire.

b)- Sin cama, varios tipos de pisos.

FUENTE:

HOLMES, C.E.; CLOSE, W. H.; 1977. Nutrition and Climatic Environment. Pg. 64. Ed. BUTTERWORTHS.

También se puede observar en la Tabla anterior, que las temperaturas críticas superiores de los cerdos no son demasiado altas, sobre todo para los animales reproductores y los cerdos en terminación. Sin embargo, es importante aclarar que la provisión de agua externa, como aspersión, nebulización, charcos o refrescaderos, permite a estos animales aumentar la pérdida de calor evaporativo, por lo que pueden soportar temperaturas más altas, que las indicadas en dicha tabla. Como ya se explicó (Pérdidas de calor por evaporación), si bien los cerdos tienen muy limitada su capacidad para transpirar por tener atrofiadas sus glándulas sudoríparas, en su evolución han reemplazado este mecanismo de adaptación a las altas temperaturas, por un acentuado instinto que los lleva a buscar agua externa (charcos, etc.) para mojarse o embarrarse superficialmente, incrementando así la disipación de calor por la vía evaporativa (adaptación por comportamiento). En condiciones de confinamiento, con alto hacinamiento, ventilación defectuosa y altas temperaturas, pueden llegar, incluso, a revolcarse en su propia orina, para tratar de atenuar el estrés térmico.

Si no se provee agua externa para humedecer o mojar a los animales externamente (aspersión, nebulización, charcos o refrescaderos), los cerdos poseen la capacidad, mas bien limitada, de aumentar la pérdida de calor evaporativa, aumentando la frecuencia respiratoria, lo que aumenta la pérdida de vapor de agua desde el sistema respiratorio. Sin embargo este proceso tiene un costo energético lo que junto a la disminución del consumo de alimento para producir menos calor metabólico altera la conversión del alimento.

#### 4- TEMPERATURAS DE COMODIDAD O CONFORT TÉRMICO PARA CERDAS Y CERDOS EN CRECIMIENTO

Si bien teóricamente la zona de comodidad o de confort se encontraría entre las temperaturas críticas inferiores y superiores (Zona termoneutral), resulta conveniente definir un rango de temperaturas óptimas que generalmente se encuentran por debajo de la temperatura crítica superior. Al aumentar la edad los cerdos se vuelven más sensibles al ambiente de altas temperaturas, debido a sus dificultades crecientes para eliminar el calor generado por sus procesos metabólicos. Con el aumento de la edad y el peso, ocurre un aumento en el espesor de la piel y de la grasa subcutánea, lo que impide la dispersión del calor. Además la relación entre el peso y la superficie corporal disminuye, teniendo progresivamente un área menor para los cambios de calor con el medio ambiente (Roppa, 2003).

**TABLA N°4. TEMPERATURAS DE OPTIMAS O DE CONFORT PARA LOS CERDOS (1)**

CATEGORIA	TEMPERATURAS OPTIMAS (°C)
CERDOS DE 20 A 30 KG.	18 A 20
CERDOS DE 35 A 60 KG	16 A 18
CERDOS DE 60 A 100 KG	12 A 18
CERDAS	12 A 25

1- Velocidad del aire de 0,2 m/segundo.

**FUENTE.**

**Roppa, L. 2003.** Manejo alimentario de cerdas y cerdos en el crecimiento en climas calientes. Memorias VII Congreso Nacional de Producción Porcina. Pag. 101. Río Cuarto. UNRC. Octubre de 2003

#### 5- CONTROL DEL ESTRÉS TÉRMICO. ADAPTACION.

##### 5.1-ADAPTACION FISIOLÓGICA AL ESTRÉS TÉRMICO.

Los animales se ajustan o “**ACLIMATAN**” parcialmente a la temperatura cuando están expuestos por un cierto periodo de tiempo. La “**ACLIMATIZACION**” se refiere a los ajustes que hace un animal ante cambios ambientales o factores diversos, sobre un periodo de semanas o meses. (Cunningham y Acker, 2000).

La **ACLIMATIZACION** o ajustes al ambiente, involucra tanto cambios hormonales, como cambios fisiológicos termoregulatorios.

Durante el estrés térmico se secretan hormonas de las glándulas adrenales y tiroideas, para ayudar con el ajuste corporal. Con las bajas temperaturas se incrementa la secreción de tiroxina, lo que causa un incremento en la tasa metabólica y en la producción de calor del animal. También se incrementa la secreción de corticoides, desde la glándula adrenal, como consecuencia del estrés por frío, lo que contribuye, aún en mayor grado, al incremento de la tasa metabólica.

La glándula tiroidea secreta menos tiroxina, durante el estrés por calor.

##### 5.2-PROBLEMAS CON LAS ALTAS TEMPERATURAS. CONTROL DEL ESTRÉS POR CALOR.

Cuando la temperatura del aire se incrementa por encima de la Temperatura Crítica Inferior (T<sub>ci</sub>), hay una disminución en la proporción de calor metabólico que los animales pierden por la vía No-Evaporativa (Figura N°1).

En las **aves, ovinos y porcinos**, el incremento correspondiente en la tasa de pérdida de calor evaporativo, se realiza principalmente desde el tracto respiratorio, como resultado del jadeo.

La mayoría de los animales de granja, con la excepción de los equinos, no pueden disipar el calor corporal tan fácil y rápidamente como lo hacen los humanos. Los porcinos poseen glándulas sudoríparas que responden poco al estrés por calor, debido particularmente a la capa de grasa debajo de su piel. Los **pollos no tienen glándulas sudoríparas** y con su cobertura de plumas, son particularmente sensibles al estrés por calor. El enfriamiento evaporativo por “jadeo” es particularmente útil para las aves (abren el pico), debido a su inhabilidad para transpirar. En contraste, **los bovinos y equinos dependen mucho más de la evaporación de sudor desde la superficie de la piel**, como medio para remover el exceso de calor.

El estrés por calor tiene un significativo efecto negativo sobre la eficiencia reproductiva, tanto en el macho como en la hembra. Los verracos, así como los machos de otras especies, son más afectados por el calor que las hembras, debido a que el calor daña el esperma inmaduro (Afecta la espermatogénesis). En los verracos el daño por calor tarda dos semanas en manifestarse en la fertilidad (Los espermatozoides en el epidídimo no son afectados). Pueden tardar entre 50 a 60 días, desde la exposición a las altas temperaturas, para recobrar su fertilidad.

Una frecuencia respiratoria superior a 50/minuto, indica estrés por calor en los porcinos.

##### 5.2.1- Sombra

La sombra constituye la herramienta más simple y económica para disminuir la ganancia de calor proveniente de la radiación solar. Los árboles para sombra, desparramados en una pastura y las sombras artificiales, pueden ofrecer una considerable protección de la radiación solar.

Las sombras bien diseñadas reducirán hasta un 50 % la ganancia de calor radiante de ovinos, bovinos y porcinos. La investigación indica que deben tener unos tres metros de alto, para permitir un adecuado movimiento del aire. De ser posible, se deben colocar en la parte alta del terreno, abiertas en todos los costados, o a lo sumo con un cerramiento vertical, desde el techo, de unos 0,70-1,00 metro de tela media-sombra, colocado por ejemplo en el lado oeste, para disminuir la entrada de sol, cuando este está declinando por la tarde, aumentando así el área bajo sombra del sombreadero.

Si el sombreadero es de forma rectangular, es conveniente colocarlo con la dimensión principal Este-Oeste, para disminuir la entrada de radiación, con temperaturas más frescas debajo de la sombra. Si el techo tiene una pendiente, es conveniente colocar el lado más bajo hacia el Norte, para dar mayor protección respecto a la parte más cálida de la bóveda celeste. Se debe tener presente que, en nuestra latitud, el sol realiza una trayectoria de este a oeste con una cierta inclinación hacia el norte, más marcada en invierno y menor en verano.

Si se utilizan sombreaderos con techo de metal o de madera, la superficie externa debería ser blanca o brillante, con la superficie interna oscura y opaca, para que absorba y no refleje el calor emitido por los animales y por el suelo (radiación de onda larga).

Las pinturas externas sobre el techo modifican los intercambios de calor por radiación, afectando la Reflectividad y la Emisividad de la superficie del techo (Esmay, 1969). La mejor combinación es el color blanco en la parte externa, con el negro en la parte interna (Bond, 1954). En este sentido se han realizado, en la **U.N.R.C.**, algunas experiencias para medir las temperaturas internas y la productividad de las cerdas en parideras tipo arco con diferentes pinturas externas (Echevarría, et al. 2000).

El promedio de las temperaturas máximas diarias, para Enero-Febrero, fue 1,7 °C más bajo ( $p < 0,05$ ) en las parideras pintadas externamente con una pintura **Blanca** (32,4 °C), en comparación con parideras **Sin Pintar** (34,1 °C), con techo de chapa galvanizada de unos dos años de uso. Para las temperaturas medias la diferencia fue de 1,2 °C (27,8 y 29,0 °C), ( $p < 0,05$ ). Se probó también una **pintura color aluminio**, pero su efecto fue menor y no significativo, respecto al control **Sin Pintar**. La mortalidad de lechones nacimiento-destete fue menor para el tratamiento con la pintura **Blanca**, pero las diferencias no fueron estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ).

Desde hace algunos años, se encuentran también comercialmente disponibles mallas o telas para construir sombras, conocidas con el nombre genérico de **Media-Sombra** (Tejidas con hilos plásticos), con cubrimientos que dan desde el 30 al 90 % de sombra y con tratamiento anti U. V. (radiación ultravioleta, que acelera la degradación del material). Manejadas con cuidado pueden durar hasta diez años y son más fáciles de construir y de mover que la mayoría de las sombras de metal, madera o paja. Aparentemente para los bovinos se requieren de 3,0 a 5,5 m<sup>2</sup> de sombra por animal. Los porcinos y ovinos necesitan entre 1,8 a 2,3 m<sup>2</sup> /animal. En nuestro país se utilizan este tipo de sombreaderos, por ejemplo, en los rodeos lecheros tanto en los corrales de espera, como en instalaciones especiales para mantener al rodeo con mayor confort durante las horas de mayor estrés calórico del día (Gutman, 1999). Según este mismo autor se obtienen diferencias de producción del 12 % (Citando mediciones en el INTA Rafaela y en la F.A.V.E., de Esperanza). Para obtener mayor sombra efectiva (no al mediodía), por la inclinación del sol, se trabaja con pendientes del 15 %, con la parte más baja hacia el norte, como se indicó anteriormente para los sombreaderos, en general. La pendiente además, es muy importante para aumentar la capacidad de escurrimiento en las lluvias y/o granizo. Puede, incluso, aumentarse hasta el 25 %, en zonas de mucho riesgo de granizo. También se utiliza este tipo de material para construir sombreaderos para porcinos, en sistemas al aire libre.

### 5.2.2- Enfriamiento Evaporativo

Uno de los medios más efectivos para controlar el estrés por calor es el uso del "**Enfriamiento Evaporativo**", cuyos principios físicos se explicaron anteriormente. El uso de aspersores, de nebulizadores y de paneles evaporativos, que se explicaron anteriormente, puede ser económicamente rentable, especialmente para los porcinos. En muchos casos, el agua subterránea se encuentra fría de antemano, de manera que también contribuye con enfriamiento por conducción, además de la evaporación resultante del movimiento natural del aire.

Con el incremento del confinamiento en la producción porcina, se ha convertido en una necesidad la utilización de sistemas de enfriamiento. Debido a que los porcinos tienen poca habilidad para transpirar y a que son "jadeadores" ineficientes, deben depender del agua (nebulizadores, aspersores, etc.), para lograr un enfriamiento evaporativo, durante el estrés por calor. Para lograr un enfriamiento evaporativo máximo, es importante permitir, a los animales, secarse. A los cerdos en terminación, idealmente, se los debe humedecer alternativamente, dándoles tiempo para secarse.

Como se explicó anteriormente, en porcinos bajo condiciones de confinamiento, en climas con humedad relativa medias a bajas, se suelen utilizar paneles de enfriamiento evaporativo (como una ventana, pero cubierta con una especie de fieltro de papel de celulosa), por donde circula agua y por donde entra al alojamiento, en forma forzada, parte del aire de ventilación. De esta forma el aire externo caliente y con baja cantidad de vapor de agua, al pasar por el panel, provoca la evaporación del agua, perdiendo calor (enfriándose), a la vez que aumenta su contenido de vapor de agua. (Forcada Miranda, 1997). La humedad relativa del aire externo, debe ser menor al 50 %, según este autor, para que estos sistemas de enfriamiento sean efectivos.

Se han realizado estudios que demuestran el valor de los nebulizadores y de aspersores intermitentes, para reducir el estrés por calor en los porcinos (Tabla N°4).

**TABLA N°5. EFECTOS DEL ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO EN LOS PORCINOS.**

	<b>CONTROL</b>	<b>NEBULIZACIÓN</b>	<b>ASPERSORES</b>
<b>GANANCIA DIARIA DE PESO (Kg.)</b>	0,522	0,580	0,698
<b>CONSUMO DIARIO DE ALIMENTO (Kg.)</b>	1,95	2,22	2,37
<b>CONVERSION DEL ALIMENTO</b>	3,75	3,84	3,39

**FUENTE:** Kansas State University Agr. Exp. Sta. Report 271. En Cunningham y Acker, 2000.

Tanto los nebulizadores, como los aspersores intermitentes, incrementaron el promedio de ganancia diaria de peso y el promedio de consumo diario de alimento, en comparación con los controles, sin enfriamiento evaporativo. Los aspersores intermitentes, mejoraron además la conversión del alimento.

En la producción porcina a campo o al aire libre, también se utilizan charcos o refrescaderos. Los charcos, aunque a menudo se los califica como antihigiénicos, cumplen una importante función, en estos sistemas, para atenuar el estrés por calor, sobre todo para los animales reproductores (cerdas y padrillos). En cierta forma constituyen un mal necesario. Los parásitos internos más comunes, pueden manejarse adecuadamente, por ejemplo, mediante la medicación del alimento, con antiparasitarios apropiados. Cuando se utilizan charcos o refrescaderos, no es necesario que sean demasiado profundos, ya que el enfriamiento no se realiza principalmente por conducción, sino por evaporación (No hace falta que el agua se encuentre a baja temperatura), siendo conveniente que los animales se encuentren con una capa de barro húmedo, para maximizar la tasa de evaporación de agua desde la superficie. En las cerdas madres no aumenta la incidencia de mastitis, como a veces se afirma.

Obviamente el enfriamiento evaporativo es más efectivo en climas áridos, donde la evaporación es más rápida. En zonas de alta humedad ambiente, en realidad los aspersores pueden incrementar la humedad en las cercanías de los animales, disminuyendo la tasa evaporativa.

En la producción avícola y también en la producción porcina, se suele utilizar la **nebulización** de agua dentro de los galpones, para lograr el enfriamiento evaporativo del ambiente, cuidando especialmente de no mojar los animales, por las consecuencias negativas que ello tendría. El incremento resultante en la humedad relativa, debe ser manejado mediante la ventilación adecuada.

La evaporación de humedad desde los pastos, también tiene un efecto refrescante. Para comprobarlo basta colocarse en un día caluroso de verano, en un alfalar, primero en el extremo del lote desde donde sopla el viento (de cara al viento o a barlovento) y luego en el otro extremo, hacia donde sopla el mismo (De espalda al viento o a sotavento). Se comprobará que la brisa que viene desde el lote de alfalfa está considerablemente más fresca, que la que proviene, en el otro extremo del lote, del campo cultivado, sin la pradera.

La existencia de cobertura vegetal, es un aspecto importante, en los sistemas de producción porcina al aire libre, para atenuar las temperaturas extremas, propias del suelo pelado o sin cobertura.

### **5.2.3- Necesidades de agua y alimento durante el estrés por calor.**

Es sabido que una abundante provisión de agua resulta esencial para una producción, con sentido económico, del ganado y de las aves. El ganado tiene una necesidad de agua de tres a cuatro veces el consumo de alimento, necesitando más agua en las épocas o climas de calor. Las gallinas ponedoras consumen el doble de agua, que de alimento a 10 °C y hasta cinco veces el alimento a temperaturas entre 32 a 38 °C (Cunningham y Acker, 2000).

El consumo de agua varía con el consumo de alimento y con la temperatura ambiental. Cuando la temperatura sube, incrementándose la pérdida de calor evaporativo, el requerimiento de agua se incrementa drásticamente. Es muy importante que los animales expuestos al calor tengan una provisión abundante de agua limpia y fresca.

Los cerdos, que comen grandes cantidades de alimento seco, tienen también grandes necesidades de agua, aproximadamente entre dos a tres veces el consumo de alimento. Las cerdas gestantes y lactantes tienen grandes necesidades de agua, particularmente en condiciones de altas temperaturas. En las cerdas en lactación, en ambientes o épocas cálidas, mientras menor sea el consumo de agua, menor será el consumo de alimento. En una experiencia, las cerdas bajo restricción de agua, perdieron tres veces más peso a lo largo de 21 días de lactación (Libbrandt 1989). La pérdida de peso excesiva en la lactación alarga el intervalo destete – celo y con ello disminuye la eficiencia reproductiva.

Las cerdas en gestación deben tener acceso libre al consumo de agua, para protegerse de la cistitis (Inflamación seguida por infección de la vejiga (Roppa, L. 2003). Este aspecto es especialmente importante en los sistemas de gestación en jaulas (Confinamiento), como causa principal de muertes y desechos de las cerdas en esta fase. La disminución en el consumo de agua, aumenta la concentración de la orina en la vejiga, especialmente si no son obligadas a levantarse o pararse varias veces por día. Esta concentración hace que se alcance el punto de saturación de los minerales de la orina, causando la formación de pequeños sedimentos sólidos que irritan y lesionan la membrana mucosa de la vejiga (Roppa, L. 2003). Estos

sedimentos se formarían siempre que el consumo de agua sea inferior al 80 % del consumo que tendrían con libre acceso o sin restricción del agua. En condiciones normales con 20°C de temperatura, el consumo de agua es de 10 a 12 litros/día.

Se ha demostrado (Koketsu 1994) que para las cerdas en lactación los bebederos tipo "TAZA", son preferibles a los tipo "CHUPETE" porque permiten un consumo adicional de medio kilo de ración por día.

Para el caso de que los bebederos de la granja sean de tipo chupete o taza, el criador debe prestar mucha atención al flujo o caudal de agua que sale de los mismos: Las exigencias de agua y el flujo del bebedero para cerdas y cerdos en crecimiento, se muestran en la Tabla siguiente.

**TABLA N°6. EXIGENCIAS DE AGUA (LITROS/ANIMAL/DÍA) Y FLUJO DE LOS BEBEROS (LITROS/MINUTO PARA CERDAS Y CERDOS EN CRECIMIENTO Y TERMINACIÓN (BODMAN, 1994)**

Fase	Exigencia Mínima (Litros/día)	Exigencia Máxima (Litros/día)	Flujo Mínimo (Litros/minuto)
Cerdos de 25 a 50 Kg.	4,0	7,0	0,7
Cerdos de 50 a 100 Kg.	5,0	10,0	1,0
Cerdas en Gestación	15,0	23,0	2,0
Cerdas en Lactación	20,0	35,0	2,0

Otro aspecto importante es tratar de que el agua de bebida esté lo más fresca posible. En porcinos al aire libre, las cañerías de conducción de agua, que muchas veces son temporarias o desarmables para permitir el traslado del criadero o de los piquetes, deberían estar cubiertas por pasto, para evitar el calentamiento excesivo del agua por el sol. La mejor temperatura del agua para un consumo ideal de los cerdos es de 12 a 18 °C. En climas cálidos cuanto más caliente el agua, menor será su consumo. Algunos estudios demostraron que el consumo de agua fue un 63 % inferior con temperatura del agua a 30°C, comparado con el agua a 12 °C, con temperaturas del aire superiores a 25 °C (Roppa, 2003).

También se deben considerar las necesidades de alimento de los animales, durante la exposición a las altas temperaturas. En todas las especies, las dietas altas en fibra contribuyen al estrés calórico. Estos alimentos producen un alto **incremento calórico** por cada caloría consumida, lo que implica que se genere una gran cantidad de calor corporal extra, en el proceso de digerir y utilizar este tipo de alimentos.

El calor extra debe ser disipado por los animales, lo cual es una tarea difícil, en clima cálido. Los alimentos que tienen un gran incremento calórico, son un beneficio para los animales durante el estrés por frío.

En las cerdas en lactación, en condiciones de altas temperaturas que producen problemas para lograr un adecuado consumo voluntario de alimento, se suelen utilizar dietas con el agregado de grasas o aceites, que tienen un **menor incremento calórico**, para mejorar así la ingesta diaria de energía y atenuar el estrés calórico

#### **5.2.4- PROBLEMAS CON LAS BAJAS TEMPERATURAS. CONTROL DEL ESTRÉS POR FRÍO.**

Cuando se considera el estrés por frío, es importante pensar en el balance de energía de los animales. Para mantener la homeotermia, la pérdida de calor del animal debe igualar su producción de calor. Durante el invierno se incrementa marcadamente la pérdida de calor no evaporativo (Radiación, conducción y convección). Para ayudar a los animales a enfrentar su ambiente, el productor puede, por ejemplo, suministrar calor suplementario o reducir las pérdidas de calor mediante reparos, barreras para el viento, provisión de cama abundante y de adecuado aislamiento térmico en las instalaciones de confinamiento, etc.. Obviamente las decisiones o medidas concretas a adoptar, están en función de un gran número de factores, como especie animal, tipo o sistema de producción, aspectos económicos (costos de las medidas a adoptar y valor del producto final), etc.

Los cerdos y las aves, especialmente los lechones pequeños, debido a su poca cobertura de pelos y a su gran área superficial por unidad de peso, son menos tolerantes al estrés por frío. Estas especies requieren un buen reparo del frío, para producir con altos niveles, eficientemente.

El grado de estrés por frío sobre los animales está influenciado por muchos factores, como la temperatura, el viento, la humedad y los reparos. La **TEMPERATURA EFECTIVA**, es la suma de todos los efectos ambientales sobre el animal. Esta definida como el efecto total de calentamiento o enfriamiento del ambiente. A pesar de que el termómetro puede indicar, por ejemplo, una temperatura de 4 °C, la temperatura efectiva puede estar varios grados por debajo. Por ejemplo la lluvia y el viento reducen la aislación térmica de la capa de pelos, incrementando la pérdida de calor convectivo y disminuyendo por lo tanto la temperatura efectiva.

El uso de **barreras** para el viento puede reducir sustancialmente el estrés por frío sobre los animales, reduciendo la pérdida de calor convectivo y algo de la pérdida evaporativa. Son

generalmente de dos tipos: Naturales como árboles y arbustos y artificiales. En cerdos en crecimiento-terminación, en piquetes al aire libre, se pueden utilizar rollos enteros, con chapas sobre ellos, para crear microclimas, que los protejan de las bajas temperaturas. Estos rollos, proporcionan además, una cama abundante.

## 6- OTROS FACTORES AMBIENTALES.

Existen otros componentes del ambiente, tales como la humedad relativa, la luz, los sonidos y el efecto directo de la radiación. También se podrían incluir aquí, a los gases nocivos o contaminantes ambientales, que se producen en los alojamientos de los sistemas bajo confinamiento.

### 6.1- HUMEDAD RELATIVA

Como ya se explico, la humedad relativa (**HR**) indica la cantidad de vapor de agua que contiene el aire en relación a la que podría contener a la misma temperatura, expresándose en porcentajes. La cantidad de vapor de agua que puede contener el aire depende directamente de su temperatura.

La evaporación es una de las principales formas de pérdida de calor de los animales expuestos a las altas temperaturas. La combinación de alta **HR**, con alta temperatura, puede comprometer seriamente las posibilidades de los animales para evaporar agua y por lo tanto, de disipar calor, afectando así su productividad.

La eliminación de la humedad, en las instalaciones de confinamiento, es un problema persistente para el control ambiental en los climas fríos y templados. En los climas cálidos o en la época estival en climas templados, a menudo se agrega agua externa por medio de aspersores o paneles evaporativos. Por lo tanto el aire húmedo es el elemento o sustancia de trabajo para la manipulación de las condiciones ambientales de los alojamientos animales y de los mecanismos fisiológicos de pérdida de calor.

En general la **Humedad Relativa** es mas difícil de regular que la temperatura, pero los rangos de confort son mas amplios que para la temperatura, generalmente entre **60 y 75 %**.

En los alojamientos porcinos la humedad se regula generalmente mediante la ventilación, utilizando las propiedades del aire húmedo. El aire que entra al alojamiento desde el exterior, generalmente a menor temperatura que la del alojamiento, tiene menor cantidad de vapor de agua por unidad de peso, de manera que al entrar en contacto con el aire interno, a mayor temperatura, tiene capacidad para portar mayor cantidad de vapor, siendo eliminado por las salidas de aire hacia el exterior. Los sistemas de control generalmente regulan la temperatura interna del alojamiento y en forma indirecta la **HR**.

Con bajas temperaturas, una alta **HR** acentúa los efectos del frío e incluso puede producir condensaciones, si se alcanza el punto de saturación, mojando la instalación y a los animales. Esta situación, puede mejorarse notablemente mediante la aislacion térmica del edificio, principalmente en los techos.

### 6.2- LUZ

El ambiente también incluye a la luz, cuyas características y efectos se pueden analizar por separado, principalmente fotoperíodo, color (longitud de onda) e intensidad. En algunas especies la luz es la iniciadora o gatillo de la reproducción estacional. La luz artificial se puede utilizar para regular o reforzar este estímulo. De todos los factores antes mencionados, el mas importante es el fotoperíodo.

### 6.3- SONIDOS

Los ruidos intermitentes tienen un efecto negativo sobre el desempeño de los animales. Se deben evitar los ruidos repentinos. Por ejemplo las cerdas y sus lechones en instalaciones de confinamiento, sufren una gran alteración ante ruidos bruscos y la presencia de personas extrañas, lo que puede ocasionar muerte de lechones por aplastamiento.

Los cerdos cuando chillan pueden producir sonidos muy intensos, de alta frecuencia, que son perjudiciales para el oído humano, si eta expuesto por periodos prolongados. (mas de una hora).

### 6.4- EFECTOS DIRECTOS DE LA RADIACION

No se debería olvidar que para animales que se encuentran al aire libre la radiación solar puede tener importantes efectos directos, más allá de los intercambios de calor a los que se refieren principalmente estas notas. Estos efectos directos se refieren a irritaciones de la piel o lesiones en las membranas mucosas, como las de los ojos y los párpados.

La radiación solar incluye principalmente rayos de tres longitudes de onda:

a)- Rayos de onda larga: Rayos infrarrojos o caloríficos.

b)- Rayos de mediana longitud de onda: Es la luz visible, a la cual es sensible el ojo humano.

c)- Rayos de onda corta o ultravioleta. Son invisibles al ojo desnudo. Tienen la energía suficiente para penetrar y dañar las células. Solo una porción de la **radiación UV** llega a la tierra, y esta depende fundamentalmente de la capa de **OZONO**. **Al debilitarse esta capa protectora aumenta la radiación UV que recibimos, pudiendo dañar a los seres vivos y a los materiales que usamos en las construcciones.**

La radiación infrarroja de onda larga y los rayos lumínicos, son reflejados efectivamente por el pelo color blanco, amarillo o marrón rojizo, pero no por el pelo negro. La radiación UV, a su vez es mejor resistida por cueros pigmentados de color amarillo, marrón rojizo y negro. **Por lo tanto un pelaje blanco, amarillo o rojo, con un cuero oscuro, seria la combinación ideal para que un animal sea resistente al calor de la radiación infrarroja y a la radiación de onda corta (UV).**

Las quemaduras de sol, debidas a la radiación ultravioleta (región del espectro solar entre 1 y 400 nm.; Un nm (Nano micras) es igual a la billonésima parte de 1 metro, pueden tener por

ejemplo importantes efectos en la época estival sobre la fertilidad de cerdas de pelaje blanco, sin pigmentación en el cuero.

#### **6.4.1- EFECTOS DE LA RADIACION SOLAR DIRECTA EN LAS CERDAS EN GESTACIÓN EN SISTEMAS AL AIRE LIBRE**

1. Origina la mayor parte de las fallas reproductivas de verano en estos sistemas.
2. Provoca aumento de las repeticiones de celos regulares y principalmente de las irregulares, incluidos los abortos.
3. La radiación UV actúa como agresor físico sobre la piel. Hay daño celular causado por liberación de radicales libres (Anión O<sub>2</sub>H, agua oxigenada, radical OH, etc.).
4. Los radicales libres actúan a nivel de las fracciones lipídicas de las membranas plasmáticas, lo que lleva a la formación de mediadores químicos como las PROSTAGALNDINAS.
5. Abortos: Recordar el mecanismo normal del parto en la cerda ( ACTH de la pituitaria fetal, glucocorticoides adrenales fetales, prostaglandina en el útero, regresión de los cuerpos lúteos, caída de progesterona, inicio del parto).
6. Por lo tanto la radiación UV induciría producción de PROSTAGLANDINA, Que lleva a la interrupción de la gestación.
7. Dos o tres días después de lluvias intensas, se observa muchas veces un incremento súbito de repeticiones, principalmente irregulares y abortos.
8. La sombra (Media sombra, etc.), aspersión de agua y/o charcos o refrescaderos para aliviar el estrés por calor (Enfriamiento evaporativo), mejoran los índices de fertilidad en verano al 60 % contra 30 – 40 % sin protección (Ambrogi, A. 2001).
9. Con protección total de las cerdas en los primeros 60 – 70 días de gestación en primavera – verano se llegaría a mejorar aún mas la fertilidad. (Ambrogi, A. 2001).
10. Sin embargo es necesario prácticamente obligar o “confinar” a las cerdas bajo la sombra, ya que en las mañanas frescas que siguen a las tormentas de verano las cerdas se exponen al sol, si tienen libertad de movimiento, porque la temperatura del aire no suele ser demasiado alta en esas condiciones. Sin embargo la radiación UV puede ser muy elevada, provocando quemaduras de piel. Las cerdas buscan la sombra cuando están muy estresadas por calor, pero en las condiciones anteriores, al no estar bajo temperaturas demasiado altas esto no sucede.
11. Las cerdas con pigmentación en la piel serían más resistentes, pero aún las cerdas con manto negro y muy pigmentadas (Cruzas) son en cierta forma susceptibles a los problemas de infertilidad de verano. De todas formas es aconsejable que los genotipos para sistemas al aire libre incluyan razas de color como la Duroc o también la Hampshire, pese a que esta última raza es más bien de tipo terminal (Con altos porcentajes de carne magra). Se podrían utilizar como madres, por ejemplo, cerdas F1 Duroc x Yorkshire.

#### **6.5- GASES NOCIVOS O CONTAMINANTES AMBIENTALES**

En los alojamientos bajo confinamiento se producen **gases**, principalmente como consecuencia de la respiración animal y la descomposición de las heces y orina. También se producen cantidades variables de **polvo** que proviene del alimento, heces secas, pelo de los animales, descamación de la piel, esporas, bacterias, etc.

El aire atmosférico contiene 78 % de nitrógeno, 21 % de oxígeno, 0,9 % de argón, 0,03 % de dióxido de carbono y pequeñas cantidades de otros gases. La densidad del aire seco, a 0 °C, es de 1,29 gr./litro. Los animales que se encuentran en el interior de los alojamientos cambian esta composición. La respiración utiliza oxígeno y libera dióxido de carbono. Contenidos de oxígeno en el aire menores al 16 % producen malestar y menores del 10 % son peligrosos (MWPS-32, 1990). De no existir suficiente aire fresco, estos gases nocivos y el polvo pueden resultar dañinos para los animales en confinamiento.

Los gases, que en los edificios de confinamiento pueden ser perjudiciales para los animales son: **Amoníaco. Dióxido de Carbono. Monóxido de Carbono. Ácido Sulfhídrico y Metano.**

**AMONIACO (NH<sub>3</sub>):** Es un gas mas liviano que el aire (0,77 gr./Lt), muy soluble en agua y con un olor característico que reacciona con las membranas mucosas húmedas de los ojos y de los conductos respiratorios. Es el contaminante tóxico del aire mas frecuentemente encontrado en altas concentraciones en las instalaciones de animales en confinamiento. Se libera desde el estiércol fresco y durante su descomposición anaerobia. Los niveles de amonio tienden a ser altos en alojamientos con pisos sólidos o con cama, debido a que los desechos esparcidos sobre el piso incrementan su liberación. Los pisos calefaccionados también aumentan su liberación. La liberación de amonio es menor en sistemas de manejo liquido de los desechos, debido a que es absorbido por el agua . Es un poderoso irritante, principalmente de las vías respiratorias. En altas concentraciones es asfixiante. En concentraciones de 100-200 ppm (Partes por millón) produce estornudos, salivación y perdida de apetito. Por encima de 30 ppm, pueden producirse lesiones respiratorias y por encima de las 50 ppm produce irritación de los ojos en los pollos. En los cerdos a partir de las 15 ppm ya se ha observado una disminución de la resistencia a las infecciones, mientras que a partir de 50-100 ppm se observa un efecto negativo sobre el crecimiento, apareciendo queratoconjuntivitis, con reducción del apetito (Forcada Miranda, 1997). El umbral de detección de este gas, para el olfato humano es de 5 ppm, recomendándose un máximo de 25 ppm, para una jornada de trabajo de 8 hs (MWPS-32, 1990).

**DIOXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>):** Es inoloro, asfixiante, más pesado que el aire (1,98 gr./Lt.). Proviene de la respiración de los animales, de la descomposición del estiércol y de la combustión de calefactores con ventilación (tiraje) inadecuada. **Las concentraciones de**

**CO<sub>2</sub> en instalaciones cerradas raramente se acercan a niveles que pongan en peligro la salud animal.** En instalaciones porcinas en confinamiento, bien ventiladas, puede llegar a 2.000 ppm (0,2 %), o sea como 7 veces el nivel atmosférico normal. Sin ventilación, en un edificio cerrado el nivel puede estar por encima de 30.000 ppm (3 %), en seis horas. El nivel máximo recomendado para humanos con 8 Hr. de exposición (Jornada de trabajo) es de 5.000 ppm.

**MONOXIDO DE CARBONO (CO):** No proviene de la descomposición de las excretas, como los otros gases. Es producido por el escape de los **motores** de combustión interna y por **calefactores** a gas (u otro tipo de combustibles), mal ajustados, con combustión incompleta. Esto se agrava en edificios mal ventilados. Es inoloro, tóxico, mas liviano que el aire (1.25 gr./litro). Los niveles ambientales de CO en el aire fresco es de 0,02 ppm. En las calles de las ciudades de 13 ppm y de 40 ppm en áreas de gran transito vehicular. El monóxido de carbono actúa compitiendo con el oxígeno por los sitios de fijación de una serie de proteínas, incluida la hemoglobina. La afinidad del CO con la hemoglobina es 250 veces mayor que con el oxígeno. Cuando el CO se liga con el grupo Hem, formando carboxihemoglobina, se reduce la capacidad de transporte de oxígeno. Esto resulta en hipoxia. Puede producir abortos en las cerdas en gestación y altas concentraciones (> 250 ppm) en las maternidades porcinas pueden producir un incremento en el numero de lechones nacidos muertos. En humanos 500 ppm por 60 minutos no producen efecto, mientras que 2000 ppm por el mismo periodo de tiempo resulta peligroso. La recomendación para periodos de exposición de 8 Hs, es de 25-50 ppm.

**ACIDO SULFÚDRICO (SH<sub>2</sub>):** Es el gas más tóxico proveniente del almacenamiento de estiércol líquido. Es irritante. Se produce por la descomposición bacteriana anaeróbica de las proteínas y otras materias orgánicas que contienen azufre. Es mas pesado que el aire (1,54 gr./litro). A bajas concentraciones tiene olor a huevo podrido. Es el gas de los pozos negros, siendo soluble en agua. En edificios bien ventilados, su concentración es despreciable (menor de 10 ppm), salvo durante la agitación y bombeo de los desechos líquidos (puede llegar a 1.000 ppm). Los animales expuestos continuamente a 20 ppm tienen temor a la luz, nerviosismo y pérdida del apetito. En los cerdos concentraciones superiores a 50-200 ppm, producen vómitos, nauseas y diarreas (Forcada Miranda, 1997).

**METANO (CH<sub>4</sub>):** Es altamente inflamable y explosivo. Es explosivo a concentraciones del 5 al 15 %. Los animales rumiantes exhalan un poco de metano, pero la mayoría proviene de la degradación microbiana del estiércol. Es inoloro, mas liviano que el aire (0,72 gr./litro). No es un gas venenoso y produce efecto sobre los animales solo por desplazar al oxígeno.

**POLVO:** Proviene del alimento, heces secas, pelo de los animales, descamación de la piel, esporas, bacterias, etc. Las partículas de polvo absorben gases y líquidos y pueden transportar virus y bacterias. Constituye un riesgo potencial para la salud de los animales en confinamiento y para los operarios que trabajan dentro de estos sistemas, ya sea como irritante en el tracto respiratorio o como medio de protección y transporte de microorganismos. El efecto del polvo sobre el tracto respiratorio es la desecación del aparato mucociliar. Las partículas de polvo varían entre 1 a 10 o mas micras de tamaño, siendo la mayoría de los patógenos mas pequeños que ellas. Las partículas iguales o menores a tres micras pueden penetrar directamente al pulmón y representan entre el 10 al 15 % de la proporción de polvo en el aire. Las mayores de 10 micras no entran al pulmón y representan del 50 al 60 % del total. **En instalaciones porcinas las concentraciones de polvo fluctúan entre 0,5 a 28 mg/m<sup>3</sup>. Para los humanos 15 mg/m<sup>3</sup> de aire es la tasa de polvo inerte tolerable por periodos de 6 horas diarias.** Los estornudos producen "Gotitas Espiratorias" (Un estornudo puede eliminar 40.000), que se encuentran en equilibrio dinámico con la humedad atmosférica, mezclándose con el polvo. Al desecarse las gotitas espiratorias, queda la partícula de polvo con un núcleo proteico, representado por microorganismos o desechos celulares. Esta partículas suelen llamarse "Polvo Infeccioso", dependiendo su capacidad infectante de la resistencia del microorganismo a la desecación. Aumentan su concentración en invierno como consecuencia de las menores tasas de ventilación utilizadas. En maternidades porcinas puede haber más de 1000 partículas bacterianas por metro cúbico de aire.

La concentración de polvo es menor con humedades relativas elevadas. La adición de grasa y aceites a los alimentos disminuye el nivel de polvo de este origen.

## BIBLIOGRAFÍA:

- Ambrogi, A. 2001.** Problemas reproductivos estacionales en sistemas al aire libre en Argentina. Información para Extensión N° 66: 3 – 12. Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez. INTA. Marcos Juárez. Argentina.
- Bodman, G. 1994.** Evaluation of housing principles and concepts. Lincoln Cooperative Extension. University of Nebraska. page 28. En Roppa, L. 2003. Manejo alimentario de cerdas y cerdos en el crecimiento en climas calientes. Memorias. Páginas 101 – 116. VII Congreso Nacional de Producción Porcina. Octubre de 2003. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto.
- Bond, T. and Kelly, C., 1960.** Environment of animals. Yearbook Agr., U. S. Dept. Agr. Washington. En Esmay, M., 1969. Principles of Animal Environment. The Avi Publishing Company Inc.

- Bond, T., Kelly, C. And Ittner, N., 1954.** Radiation studies of painted shade materials. J. Agr. Eng. 35: 389-392. En Esmay, M., 1969. Principles of Animal Environment. The Avi Publishing Company Inc.
- Cunningham, M. and Acker, 2000.** Animal Science and Industry. Six Edition. Prentice Hall.
- Echevarría, A., Parsi, J., Trolliet, J., Rinaudo, P., Ambrogi, A., Dolso, I., Vazquez, M., Sbaffo, A., 2000.** Temperaturas internas y productividad de las cerdas en parideras tipo arco con diferentes pinturas externas. InVet - Investigación Veterinaria. Vol. 2, N°1: 39-47.
- Esmay, M., 1969.** Principles of Animal Environment. The Avi Publishing Company Inc.
- Forcada Miranda, F., 1997.** Alojamientos para ganado porcino. Mira Editores. España.
- Gutman, C., 1999.** Sombreaderos. Antes de que el calor apriete.  
<http://www.agroquias.com.ar/sombras.htm>
- Ingram, D. 1965.** Nature, Lond., 207: 415. En Cole, D. 1971. Pig Production: University of Nottingham Eighteenth Easter School in Agric. Science. 1971 Capítulo 2.1. Pag. 85. Butterworths.
- Ingram, D. and Mount, L., 1975.** Man and animals in hot environments. Springer. New York. En Wathes, C. and D. Charles, 1994. Livestock Housing. CAB International.
- King, G., 2000.** Animals and environments. University of Guelph.  
<http://www.aps.uoguelph.ca/~gking/animenv.htm>
- Koketsu, Y. 1994.** Influence of feed intake on reproductive performance of sows. Ph D. Thesis Univ. of Minnesota. En Roppa, L. 2003. Manejo alimentario de cerdas y cerdos en el crecimiento en climas calientes. Memorias. Páginas 101 – 116. VII Congreso Nacional de Producción Porcina. Octubre de 2003. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto. Cba.
- Libbrandt, 1989.** En Roppa, L. 2003. Manejo alimentario de cerdas y cerdos en el crecimiento en climas calientes. Memorias. Páginas 101 – 116. VII Congreso Nacional de Producción Porcina. Octubre de 2003. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto. Cba.
- Mount, L., 1974.** The concept of thermal neutrality. Monteith, J. And Mount, L. (eds). Heat loss from animals and man. Butterworths. En Wathes, C. and D. Charles, 1994. Livestock Housing. CAB International.
- Mount, L., 1979.** Adaptation to thermal environment: Man and his productive animals. Arnold. London. En Wathes, C. and D. Charles, 1994. Livestock Housing. CAB International.
- MWPS-32, 1990.** Mechanical ventilation systems for livestock housing. Midwest Plan Service. Iowa State Univ.
- Roller, W. and Goldman, R. 1969.** Trans. Am. Soc. Agric. Engrs. 12: 164. En Cole, D. 1971. Pig Production: University of Nottingham Eighteenth Easter School in Agric. Science. 1971. Butterworths.
- Roppa, L. 2003.** Manejo alimentario de cerdas y cerdos en el crecimiento en climas calientes. Memorias. Páginas 101 – 116. VII Congreso Nacional de Producción Porcina. Octubre de 2003. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto. Cba.

## LECHONES. IMPORTANCIA DE LA TEMPERATURA.

Ing. Agr. M. Sc. Alberto I. Echevarría

### 1- Introducción.

### 2- Termoregulación.

Caída inicial de la temperatura corporal (En promedio 2,2 °C, hasta 6,7 °C. Ver Gráfico 15. Cap. 4). La temperatura corporal normal de 39 °C, se obtiene generalmente entre 24 a 48 Hs. después del nacimiento.

El cambio en la fuente de nutrientes energéticos desde el suministro continuo de glucosa a través de la placenta, al calostro rico en grasa, con bajos carbohidratos y en forma discontinua, implica que los lechones pueden rápidamente proveerse de glucosa a partir de la gluconeogenesis para sus tejidos glucosa dependientes.

Debido a su pobre aislación térmica el balance homeotérmico depende casi exclusivamente de la capacidad de producir calor. Por lo tanto los dos primeros días de vida son de la mayor importancia para la ontogenia de la termoregulación.

Es muy importante un suministro óptimo de energía, a través de un mejor control de la producción y composición de calostro por la cerda, atendiendo también los aspectos de la instalación relacionados con la pérdida de calor (fuentes de calor localizado, cama abundante, ausencia de corrientes de aire, etc.). Después de este periodo crítico inicial la termoregulación se mejora rápidamente al aumentar la edad (entre otros aspectos la aislación térmica del lechón aumenta progresivamente por la deposición de grasa).

### 3- Temperatura crítica inferior.

**Al nacimiento el límite inferior de la zona termoneutral (Tci) esta cercano a los 34 °C. A las 48 Hs. es de 30,1 °C.**

### 4- Factores relacionados con la susceptibilidad al frío de los lechones recién nacidos.

- 4.1- El lechón recién nacido es el unglado mas susceptible al frío.
- 4.2- Tienen poco pelo.

- 4.3- No tienen grasa subcutánea.
- 4.4- Peso al nacer: Es un importante componente de la resistencia al frío en el periodo posnatal temprano. Cuanto mayor sea el peso al nacer, mayor resistencia al frío. La superficie es grande en relación a la masa corporal, por lo que tienen grandes pérdidas de calor (radiación, etc. ), en relación a las reservas de energía.
- 4.5- Nacen mojados. Pérdida de calor por evaporación.
- 4.6- Tienen pocas reservas de glucógeno y de grasa. En condiciones ambientales normales al nacimiento, el 75 % del glucógeno hepático y el 41 % del glucógeno muscular, son utilizados dentro de las 12 hs. pos parto. Los lechones estresados por frío tienen menor consumo de calostro.
- 4.7- Genotipo. Estudios realizados en los lechones salvajes (jabalí) y en la primitiva raza China Meishan han demostrado que a pesar de ser más livianos, son generalmente más resistentes al frío y a la inanición, poseen mayor porcentaje de lípidos corporales y tienen menores pérdidas posnatales que las razas modernas convencionales. Esto se debe probablemente a una mayor madurez fisiológica al nacimiento.
- 4.8- Estado sanitario. Se considera generalmente a la diarrea aguda como una importante causa de mortalidad de lechones. La diarrea afecta la termoestabilidad, disminuyendo la resistencia al frío. Los estudios de preferencias indican que los lechones diarreicos no son capaces de elegir por sí mismos un ambiente más cálido, como lo hacen los lechones normales.

## **5- El complejo enfriamiento – inanición - aplastamiento. Gráfico 6. Cap. 4. Transparencias.**

## **6- Efectos fisiológicos de la exposición al frío de los lechones recién nacidos.**

### **Gráfico 5. Capítulo 4.**

## **7- Medidas a adoptar según sistemas.**

### **7.1. Sistemas en confinamiento.**

7.1.1- Proveer una fuente de calor localizado.

- a- Lámparas de calor infrarrojas. ( 150-250 W). La distribución del calor no es muy buena.
- b- Unidades de cuarzo. (Estufa).
- c- Resistencias. Cerámica.
- d- Pantallas de gas. Altura: 0,75-0,90 m.
- e- Conducciones de agua caliente o eléctricas a través del piso.
- f- Placas caloríficas (como alfombras) de distintos materiales provistas de resistencia eléctrica. Son muy efectivas.

7.1.2- Evitar corrientes de aire a nivel de los lechones. Pantallas para las lámparas. También crear un nido (nidera) a modo de cajón (microclima), con la fuente de calor en su interior. Superficie mínima: 0,6 m<sup>2</sup> . Están particularmente indicadas para aquellos alojamientos donde no existe un perfecto control ambiental, especialmente con pisos perforados.

7.1.3- En situaciones donde el control de temperatura del alojamiento no es bueno, con fluctuaciones importantes de esta, además de las medidas del punto anterior, es conveniente aportar cama (ejemplo viruta de madera) en la zona de los lechones, aunque esto aumenta la mano de obra necesaria.

### **7.2- Sistemas al aire libre.**

7.2.1- El aspecto más importante es proveer una cama de paja abundante en la paridera.

7.2.2- Considerar la posibilidad de utilizar parideras transportables con algún tipo de aislamiento térmico y con ventanas regulables (para contemplar el invierno y también las condiciones de verano, cuando se requieren ventanas grandes, para una adecuada ventilación cruzada, por viento).

7.2.3- Orientación de las parideras. Frente o puerta hacia el noreste o el norte. En verano la orientación debe asegurar una buena ventilación. En la región de Río Cuarto los vientos predominantes son de dirección Norte o Nor - -Este.

## **EFFECTOS DE LA TEMPERATURA EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO-TERMINACION**

1- Resumen de las temperaturas críticas. Zona termoneutral. (Tabla N° 7).

2- Efectos del calor.

2.1- Disminuye el apetito. (Ejemplo: Con temperaturas persistentes de 30°C. (Ver Cuadro 16. Capítulo 4) .

2.2- Disminuye el Aumento Diario de Peso (A. D) y la Conversión del Alimento (C. A. ) .(Ver Cuadro 21. Capítulo 4) .

2.3- Aumenta la frecuencia respiratoria. (Ritmo respiratorio mayor de 50-60/minuto indica estrés por calor).

2.4- Aumenta la pérdida de calor evaporativo. Cuando la temperatura ambiente es muy elevada (tendiendo a 39° C), esta es la principal forma de pérdida de calor disponible para los cerdos.

2.5- Pueden existir diferencias debidas al genotipo. Ejemplo: La raza Pietrain es más susceptible al calor que la Landrace Belga.

Al pasar la temperatura ambiente de 18 a 32 °C cambia el Aumento

Diario de peso de la siguiente forma:  
 Disminuye el 12 % para la raza Pietrain.  
 Disminuye un 4 % para la raza Landrace Belga.

2.6- Algunas medidas a adoptar.

- 2.6.1- Suministrar, en lo posible, **enfriamiento evaporativo**. Según sistema de producción esto se logra con refrescaderos, aspersión o nebulización de agua, goteo de agua, paneles evaporativos para ventilación forzada, etc.
- 2.6.2- **Sombra adecuada** (sistemas a campo). Lo ideal para un sombreadero de chapa es que el techo sea de color blanco por fuera y negro por dentro. Árboles, etc.
- 2.6.3- Cuidar que la **ventilación** sea adecuada. Contemplar la posibilidad de proveer **aislación térmica** (espuma de poliuretano, poliestireno expandido, etc.). Todo esto es importante para confinamiento.
- 2.6.4- Cuidar la asignación de espacio en los confinamientos (Evitar hacinamiento).

3- Efectos del frío.

- 3.1- Mayor consumo de alimento. (Ver Tabla N°8).
- 3.2- Se desmejora la Conversión del Alimento.
- 3.3- Puede producir mayor contenido de grasa en las reses. (El alimento extra ingerido es excesivo en relación a lo requerido por el frío).
- 3.4- Algunas medidas a adoptar.
  - 3.4.1- Cuidar las corrientes de aire. Regular la ventilación. (Confinamiento).
  - 3.4.2- Aislación térmica de los edificios de confinamiento. (Techo, etc.).
  - 3.4.3- Proporcionar cama de paja abundante, si el sistema lo permite.
  - 3.4.4- Proporcionar reparos. (a campo). Microclima por ejemplo con rollos, chapas, etc.

**TABLA N°7- RESUMEN DE TEMPERATURAS CRITICAS INFERIORES (Tci) Y SUPERIORES (Tcs). CRECIMIENTO-TERMINACION. (1).**

PESO VIVO (Kg.)	Tci – Tcs (°C)		
	M	2M	3M
20	24 – 33	19 -31	15 30
60	23 - 32	18 - 30	13 – 29
100	22 - 32	17 – 30	12 - 28

(1)- Tci – Tcs : Temperaturas críticas inferiores y superiores, respectivamente.

**TABLA N°8- ALIMENTO (1) EXTRA REQUERIDO POR DIA (G r./DIA) POR GRADO CENTIGRADO DE TEMPERATURA AMBIENTE POR DEBAJO DE LA TEMPERATURA CRITICA INFERIOR (Tci).**

PESO VIVO	GRADOS CENTIGRADOS POR DEBAJO DE Tci.			
	1	5	10	15
20	13	65	130	195
40	18	90	180	270
60	25	125	250	375
90	33	165	330	495

ALIMENTO: 12.5 MJ E. M./Kg. = 13.5 MJ E. D. /Kg. = 3226 Kcal E. D./ Kg.

FUENTE:

FILMER, D. G.; CURRAN, M. E., 1977. Nutrition and Climatic Environment. Butterworth.

**EFFECTOS DE LA TEMPERATURA EN LOS REPRODUCTORES**

Se refieren principalmente a los efectos del calor.

Las bajas temperaturas características del invierno en la región central de nuestro país no tienen, en general, efectos negativos sobre la función reproductiva, con la condición de proveer una alimentación adecuada en calidad y cantidad.

Una **excepción** a la afirmación anterior puede ser el caso de las cerdas pertenecientes a líneas genéticas modernas, muy magras, en la **etapa de gestación** en sistemas de instalaciones bajo confinamiento con **jaulas de gestación**, con pisos ranurados y sin uso de cama de paja. Bajo estas condiciones se deberían evitar las corrientes de aire frío a nivel de las cerdas, tratando de mantener las temperaturas ambientales dentro de la zona de termoneutralidad (Ver Cuadros Temperaturas Críticas), aumentando o ajustando, además, la ingesta de alimento (energía). Esto se relaciona con la movilización de reservas y disminución de la condición corporal, por efecto de las bajas temperaturas, cuando no se compensa dicho efecto con un aumento de la cantidad de alimento suministrado por día.

## EFFECTOS DEL CALOR

### PADRILLOS

- 1- Se reduce la motilidad y concentración espermática. Niveles térmicos de 33 – 35 °C suponen una disminución del número y motilidad de los espermatozoides del eyaculado, aumentando la proporción de formas anormales (Forcada Miranda, 1998)
- 2- El efecto de la temperatura comienza a manifestarse a las dos semanas del choque térmico y persiste durante 3 a 5 semanas adicionales. Se afecta la espermatogénesis.
- 3- Se reduce el libido, con menor nivel sanguíneo de testosterona y hormonas tiroideas.
- 4- Hay menor porcentaje de preñez y mayor mortalidad embrionaria en cerdas servidas por padrillos estresados por calor. Ver Cuadro experiencia de Weteman, et al. 1979. (Cuadro 19. Cap. 4).

### CERDAS

- 1- Se retarda la pubertad.
- 2- Menor duración del estró.
- 3- Mayor proporción de cerdas que no muestran celo. Menos estrógenos.
- 4- Temperaturas altas (32 – 39 °C), aun por un corto periodo de 24 Hs., pueden incrementar la mortalidad embrional, sobre todo si las altas temperaturas coinciden con los momentos inmediatamente posteriores a la fecundación. Entre 23 al 57 % de mortalidad embrionaria, según autores, mientras que estas cifras se reducen considerablemente en las hembras no sometidas a estrés térmico (10 al 35 %).
- 5- Infertilidad estacional o de otoño en los sistemas de confinamiento.
- 6- Mayor mortalidad de lechones durante el parto en cerdas estresadas por calor (muertes intraparto).
- 7- Menor producción de leche. Menor consumo de alimento en la lactación. Pérdida de peso de las cerdas y problemas con el celo posdestete. Se puede atenuar el efecto de las **altas temperaturas** durante la **lactación** mediante el manejo de la alimentación y de las condiciones ambientales de las maternidades. La incorporación en las dietas de lactación de alimentos que producen un **bajo incremento calórico** (grasas y aceites) puede atenuar la disminución en la ingesta de energía que se produce por la disminución del apetito, consecuencia de las altas temperaturas. La temperatura de los alojamientos puede manejarse, hasta cierto punto, mediante la ventilación adecuada, mojando los pasillos y con paneles de enfriamiento evaporativo. El goteo de agua sobre las cerdas puede atenuar el estrés del calor, al aumentar las pérdidas de calor evaporativo. El suministro muy abundante de agua de bebida es esencial en la etapa de lactación.
- 8- En condiciones extremas de temperatura puede producirse mortalidad de las cerdas. En los sistemas al aire libre debe considerarse el efecto directo de la radiación solar, quizá más importante que el calor en sí mismo. Quemaduras de piel. Puede aumentar considerablemente la proporción de repeticiones irregulares de celos, después del servicio posdestete. (Ver punto anterior: 6.4.1- Efectos de la radiación solar directa en las cerdas en gestación en sistemas al aire libre).

