

EL AMBIENTE EN LA PRODUCCIÓN ANIMAL

Alberto I. Echevarría y Raúl Miazzo. 2002. Cursos de Producción Animal, FAV UNRC.

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Clima y ambientación](#)

PRINCIPIOS Y ASPECTOS GENERALES. COMPONENTES DEL AMBIENTE

Sabemos que la producción y rendimiento de los animales que explotamos comercialmente es afectada 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 la 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.

Los animales no pueden ser separados de su ambiente, ni su producción considerada en forma aislada de dicho ambiente. La evaluación periódica del ambiente es necesaria para determinar si el sistema esta haciendo el mejor uso de los recursos disponibles, de una forma ecológicamente amigable, al tiempo que satisfaga las necesidades de la familia rural y de la sociedad en general. El esquema siguiente (fig. 4-1) muestra las opciones potenciales que se originan al ignorar los factores ambientales o al realizar una evaluación **holística*** del ambiente.

Holismo (sustantivo): Del griego olo, que se traduce por "todo", "entero". El termino "holismo" se utiliza para referirse a cierto modo de considerar un determinado tipo de realidades, en el sentido en que estas son tratadas primariamente como totalidades o "todos" y secundariamente, como compuestas de ciertos miembros interrelacionados entre sí. Las realidades tratadas desde una perspectiva holista son consideradas como estructuras, cuyos miembros se encuentran funcionalmente relacionados, de forma que entre ellos se establecen relaciones funcionales mas bien que disposición u orden de cualquier tipo. Según esta teoría las "entidades" complejas, como componentes fundamentales de la realidad, tienen una existencia diferente de la mera suma de sus partes. **Holístico**: Adjetivo.

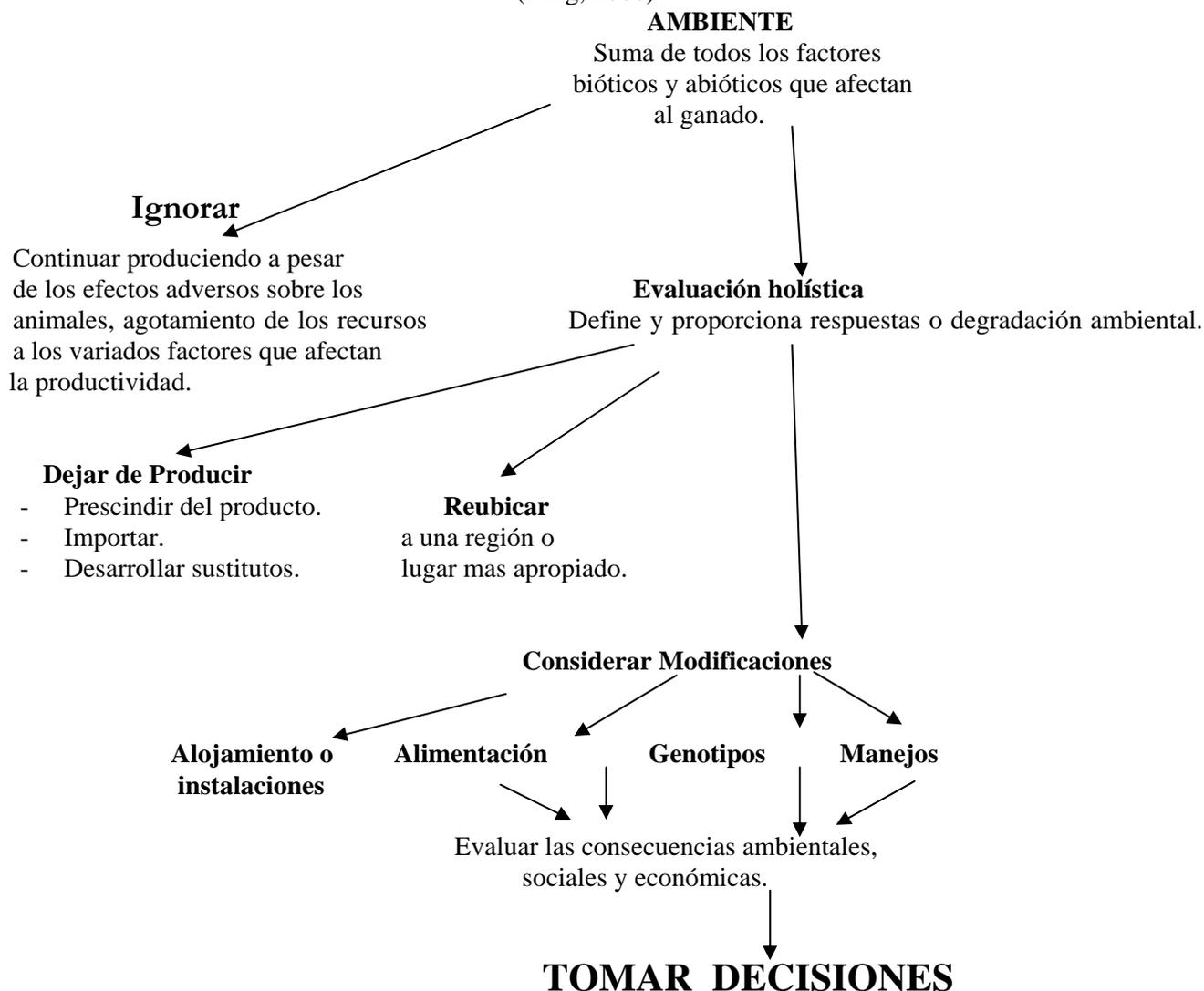
Una cantidad considerable de investigaciones han sido conducidas para determinar el ambiente optimo que permita una máxima producción por parte de los animales, evaluando también el efecto negativo resultante, cuando los factores ambientales se apartan del optimo.

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, huevos por gallina 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 la meta de: **“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 influncian 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).

Figura 4-1.- **Opciones que se presentan al realizar una evaluación del ambiente**
(King, 2000)



Todas las especies responden a los cambios en su ambiente natural alterando su fisiología y fenotipo. Los animales salvajes experimentan condiciones que cambian continuamente, por lo que su supervivencia depende, a menudo, de su habilidad para ajustarse o adaptarse a nuevas circunstancias. En este contexto, si una especie encuentra que su existencia en una región determinada está amenazada por falta de alimentos, inclemencias climáticas, exceso de predadores u otras causas, puede, si posee movilidad, simplemente trasladarse a un área más favorable y sobrevivir sin cambios genotípicos o fenotípicos. Alternativamente, nuevos genotipos se originan rutinariamente a través de la recombinación al azar de los genes que ocurre en cada pasaje de una generación a la otra, o aun en raras circunstancias a través de la mutación. Si un determinado genotipo produce un cambio en el fenotipo que hace al organismo más adecuado para un ambiente particular, aquellos individuos que posean esta característica particular deberían tener más probabilidades de dejar descendencia para la próxima generación. De esta forma se pueden introducir y multiplicar, dentro de las poblaciones, las características que son benéficas para sobrellevar los cambios ambientales (King, 2000).

La adaptación mediante la modificación genética, comparativamente, es un largo proceso que se extiende sobre muchas generaciones, siendo frecuentemente esencial para la supervivencia en el largo plazo de las especies salvajes. A través de la selección natural las especies desarrollan un rango de genotipos que representan, de alguna manera, diversos fenotipos fisiológicos y morfológicos que le permiten continuar con su reproducción y supervivencia en ese ambiente. De esta forma las especies están en armonía con el ambiente y poseen también la diversidad genética para adaptarse a las condiciones cambiantes.

Sin embargo, 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.- PRODUCCIÓN Y PÉRDIDAS DE CALOR HOMEOTERMIA

2-1.- HOMEOTERMOS Y POIQUILOTERMOS

Los animales pueden clasificarse en dos grandes grupos generales: **poiquiloterms** o de sangre fría y **homeoterms** o de sangre caliente.

Los **poiquiloterms** (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 poiquiloterms 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 homeoterms, 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. Por lo tanto en la medida en que exista una amplia disponibilidad de energía, los homeoterms permanecen productivos aun cuando los poiquiloterms entren en hibernación o letargo (King, 2000).

Los **homeoterms** (de sangre caliente u endoterms), 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 la temperatura rectal normal fluctúa desde los 38° C, para los caballos, hasta 41,1° C, para las aves. 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 **homeoterms** poseen un sistema termorregulador 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 homeoterms 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 TÉRMICO EN LOS HOMEOTERMOS PRODUCCIÓN Y PÉRDIDA 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 (por 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 verá 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 pérdida adicional de calor mediante el incremento de la producción de calor y/o una disminución de la pérdida de calor mediante diferentes ajustes físicos (Esmay, 1969).

Los animales pueden reducir la pérdida 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 pérdida 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 tales 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. La TEMPERATURA se refiere a la habilidad de un cuerpo para dar o absorber calor, habiéndose desarrollado escalas arbitrarias para medirla (Fahrenheit y Centígrada) (Esmay, 1969).*

Veremos a continuación, en forma resumida, la forma en que se adaptan los animales de sangre caliente o homeotermos, 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 más 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.

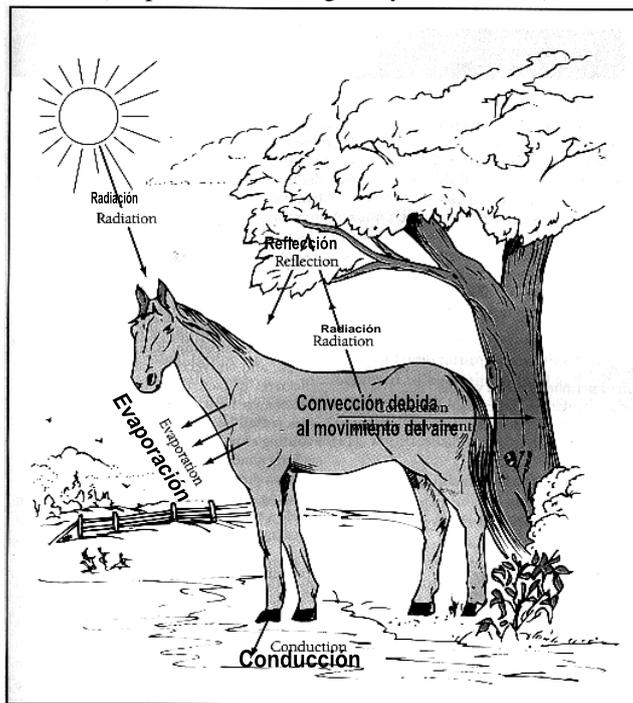
2.- Reduciendo la producción de calor mediante:

- 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.

En la figura 4 -2 , se pueden apreciar en forma esquemática, las distintas formas o vías de intercambio de calor de un animal con el medio ambiente que lo rodea.

Figura 4-2.- Vías o formas por las que un animal puede ganar o perder calor (adaptado de Cunningham y Acker, 2000).



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 **convección**, **conducción**, e intercambio termal por **radiación**. 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).

❖ CONVECCIÓN:

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, piloerección, 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 práctica 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.

❖ CONDUCCIÓN:

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 más 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 está 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 concreto (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 ganará 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 “deposít” 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 estas razones demasiado gruesa, sino lo mínimo compatible con una durabilidad adecuada.

❖ RADIACIÓN:

Es el intercambio de calor entre dos objetos que no están en contacto. El calor fluye desde el objeto más caliente al más 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 más 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 límite 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 ó 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 de acuerdo 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 $^{\circ}\text{K}$).

Los cuerpos nunca son perfectamente “negros” en el sentido óptico, pero en el espectro de onda larga o infrarrojo, las superficies animales tienen 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. **Esto no se aplica en las partes del espectro de onda corta y visible, donde por ejemplo un cerdo blanco refleja varias veces más energía incidente que un cerdo de color negro.** En condiciones de confinamiento, sin embargo, es la parte infrarroja del espectro la que realmente importa. Por ejemplo en una mañana de invierno, la pérdida de calor por **Radiación** es muy grande en lechones pequeños, en un confinamiento o maternidad con techo de chapa sin aislamiento térmico. La diferencia de temperatura entre la superficie corporal de los lechones y el techo será elevada y de acuerdo a lo explicado anteriormente el intercambio (pérdida en este caso) de calor radiante entre los lechones y la superficie interna del techo será proporcional a sus diferencias de temperaturas a la cuarta potencia. **Si se duplica LA DIFERENCIA DE TEMPERATURA** (Por ejemplo al bajar la temperatura del techo de 19 °C a 0 °C, en ambos casos con una temperatura superficial aproximada de los lechones de 38 °C), **la pérdida de calor por radiación aumentará aproximadamente 16 veces.**

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).

❖ PERDIDAS DE CALOR POR EVAPORACIÓN:

El calor latente de vaporización del agua es alto, alrededor de 2400 J/g ó **0,58 kcal/g** 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 envuelto con una bolsa de arpillera saturada de agua expuesto al viento.

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. **La cantidad de calor perdido depende de la magnitud de la evaporación, que a su vez es influenciada 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.

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 varía con las diferentes especies animales (ver más adelante).

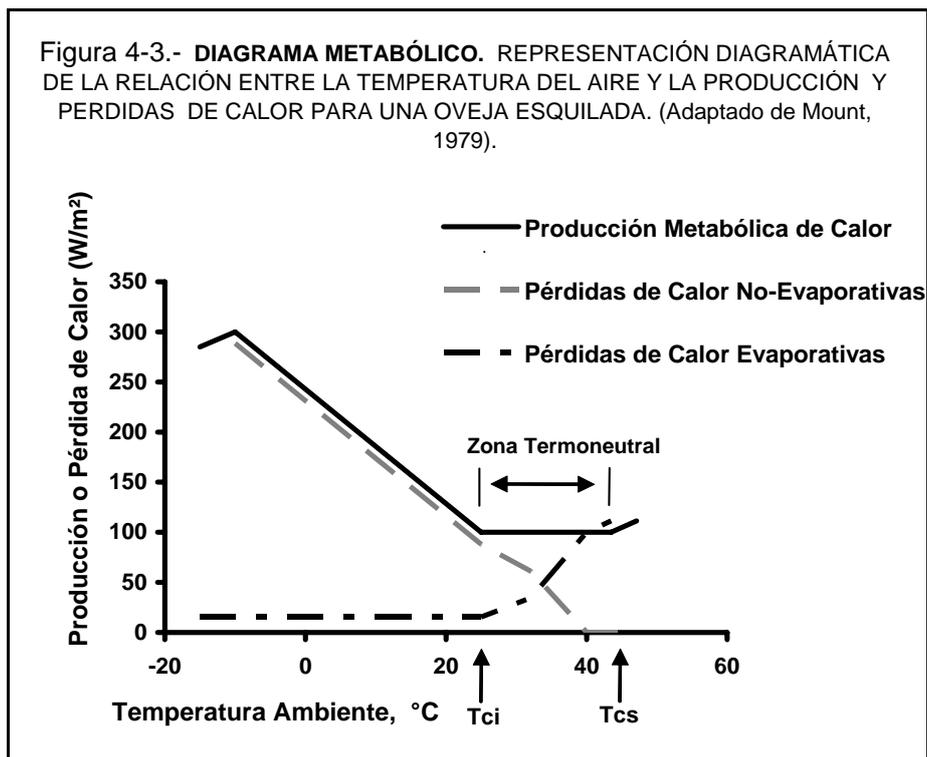
También se pierde calor por evaporación de humedad desde los pulmones y el tracto respiratorio. El aumento de la frecuencia respiratoria como respuesta a las elevadas temperaturas, propia de algunas especies, tiene por finalidad aumentar la pérdida de calor evaporativo. Algunas especies responden al 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 (ver más adelante). También hay especies que jadean y transpiran.

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. Incluso 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).

En cambio el calor no-evaporativo (radiación, conducción y convección) disipado hacia el ambiente, contribuye positivamente 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.

3.- EL DIAGRAMA METABÓLICO. TEMPERATURAS CRÍTICAS. TERMONEUTRALIDAD

3-1.- EL DIAGRAMA METABÓLICO



El diagrama metabólico representa la relación general entre la tasa de producción metabólica de calor y la temperatura ambiental. La figura 3-3 para una oveja esquilada con solo unos pocos milímetros de lana muestra su diagrama metabólico. 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.

3-2.- TERMONEUTRALIDAD. TEMPERATURAS CRÍTICAS

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 T_{ci} y T_{cs} 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° 4-3, a 100 W/m² de superficie del animal (Wathes y Charles, 1994). 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, piloerección, 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).

3-2-2.- Temperatura Crítica Inferior (TCI)

El límite inferior de la zona termoneutral se denomina **TEMPERATURA CRÍTICA INFERIOR (T_{ci})**. 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 (T_{ci}), 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 y Charles, 1994). El conocimiento de los valores de las **Temperaturas Críticas Inferiores (T_{ci})** 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 más 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 T_{ci} correspondiente para esas condiciones particulares de producción (tipo de pisos, con o sin cama, corrientes de aire, numero 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. Algo similar ocurrirá con los pollos parrilleros.

3-2-3.- Temperatura Critica Superior (TCS)

El limite superior de la zona termoneutral se denomina **TEMPERATURA CRITICA 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° 4-3), que se observa por encima de **Tcs**, es una consecuencia del incremento en la temperatura corporal y del esfuerzo respiratorio realizado para aumentar la perdida de calor evaporativo. Existen en la literatura algunas confusiones para una definición precisa de la T_{cs} . **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 ultima 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 perdidas evaporativas y por el aumento de las perdidas no-evaporativas, si aumenta la temperatura corporal. En realidad seria como un circulo vicioso, en que al intentar aumentar las perdidas de calor, se incrementa la producción de calor. Es conveniente comprender que los anteriores son, mas 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° 4-3 (diagrama metabólico), es mucho menor, en general, la tolerancia o rango de respuesta de los animales al calor que al frío. Esto es valido 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 termorregulador muy poco desarrollado.

3-2-4.- Algunos Valores de Temperaturas Criticas

Debe tenerse presente que los valores para las temperaturas criticas, que se darán mas adelante para diferentes especies y 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. Por otra parte en la mayoría de los casos son valores para animales tomados en forma individual, mas que en grupos. 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 perdida de calor. Además los valores de T_{ci} , de la tabla N° 4-1, se aplican a animales que están secos. La humedad superficial puede producir un gran incremento de la perdida de calor (calor evaporativo). En este sentido se ha informado que la tasa metabólica de los potrillos recién nacidos estaba por encima de los 200 W/m^2 , durante las primeras horas posparto, cuando estaban húmedos con liquido amniótico y temblando (Ousey et al, 1991). Estas tasas metabólicas son dos a tres veces mayores que las correspondientes a potrillos secos. Es probable que la T_{ci} , para los potrillos húmedos, este cerca de los 30° C , alrededor de 10° C por encima del valor esperado para los mismos animales, cuando se encuentran secos (McArthur y Ousey, 1994). Lo mismo ocurre con los lechones recién nacidos, por lo que es una practica corriente secarlos, cuando las condiciones de alojamiento y manejo lo permiten.

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

Algunas especies tienen temperaturas criticas 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 T_{ci} mucho mas baja que especies que se adaptan a la producción bajo confinamiento (cerdos, aves, etc.).

En la tabla 4-1, se presentan algunos valores de la **Temperatura critica inferior (T_{ci})**, para diferentes especies y categorías de animales.

Tabla 4-1.- **Valores de la temperatura crítica inferior (TCI) para diferentes especies**

(Las citas de esta tabla han sido tomadas de:

Wathes, C. y D. Charles, 1994, *Livestock Housing*, CAB International).

Tipo de animal	Peso kg	Comentarios adicionales	TCI °C	Fuente
Pollitos	0,036	2 a 3 días de edad	34	Poczoko, 1981
Pollos	2,4	un año de edad	16	Poczoko, 1981
Ternero recién nacido	35	Capa cobertura de 1,2 cm de espesor	9	Webster, 1981
Ternero	50	Un mes de edad. capa de 1,4 cm	0,0	Webster, 1981
Vaca frisona	500	Pico de lactación	-30	Webster, 1987
Lechón	2,0	Individuo	30	Holmes y Close, 1977
Cerdo	100	Alimento: dos veces mantenimiento	19	Holmes y Close, 1977
Cerda	140	Alimento: dos veces mantenimiento preñada 112 días, flaca.	15	Holmes y Close, 1977
Oveja	50	A mantenimiento; espesor capa 1 mm	28	Blaxter, 1967
Oveja	50	Mantenimiento. espesor de capa de cobertura 10 cm	-3,0	Blaxter, 1967
Potrillo	31	2 a 4 días de edad	22	Ousey, et al., 1992
Caballo	500	caballo cuarto de milla adulto	-10	McBride et al, 1983

En la tabla 4-1, puede observarse que una vaca lechera de alta producción, de 500 kg de peso vivo, en el pico de su lactación (raza Frisona) tiene una Tci = -30° C, mientras que un cerdo en terminación de 100 kg de peso vivo, con un consumo de alimento de dos veces su requerimiento de mantenimiento, tiene una Tci de +19° C (Wathes y Charles, 1994). Preston y Willis (1974) sugieren una Tci de -7° C para vacunos de carne confinados y alimentados intensamente. En la misma tabla se aprecia que la Tci para una oveja esquilada es de aproximadamente +28° C. Esta Temperatura crítica inferior (Tci), relativamente alta, se debe a la ausencia de la aislación térmica que proporciona la lana. Esta misma oveja con toda su lana tendrá una Tci mucho mas baja, de -3° C (es más tolerante al frío).

Tabla 4-2.- **Temperaturas críticas inferiores (Tci) para cerdos**

de diferentes categorías y con tres niveles de alimentación

(Holmes, C., Close, W., 1977. En *Nutrition and the Climatic Environment*. Butterworths, pag. 60).

Peso vivo (kg)	Consumo de energía metabolizable		
	M ¹	2M	3M
	Tci °C		
2	31 (- 4) ²	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)
Cerdas gestantes (140 kg)			
Flacas. Día 0	25	20	14
60	22	17	12
112	20	15	10
Gordas. Día:			
0	23	18	12
60	21	15	10
112	19	13	7
1- M = 0,42 MJ EM por kg ^{0,75} . (MJ EM/DÍA). 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.			

En las tablas 4-2 y 4-3, 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 vi-

vo), 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 (T_{ci}), 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 4-3, Temperaturas críticas superiores).

Para los BOVINOS la temperatura crítica superior (T_{cs}), se encuentra en el rango de 23-33° C y para los OVINOS entre 25 a 31° C.

Tabla 4-3.- **Temperatura crítica superior (T_{cs}) (°C).** Valores calculados para cerdos de diferentes categorías alojados individualmente, con tres niveles de alimentación (Holmes, C.E.; Close, W. H.; 1977. Nutrition and Climatic Environment, pag. 64. Butterworths).

Peso vivo (kg)	Consumo de energía metabolizable (1)		
	M	2M	3M
2	33	32	31
20	33	31	30
60	32	30	29
100	32	30	28
Cerdas gestantes peso 140 Kg			
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.			

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 mas altas, que las indicadas en dicha tabla. 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, para incrementar 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.

4.- CONTROL DEL ESTRÉS TÉRMICO. ADAPTACIÓN

4-1.- ADAPTACIÓN FISIOLÓGICA AL ESTRÉS TÉRMICO

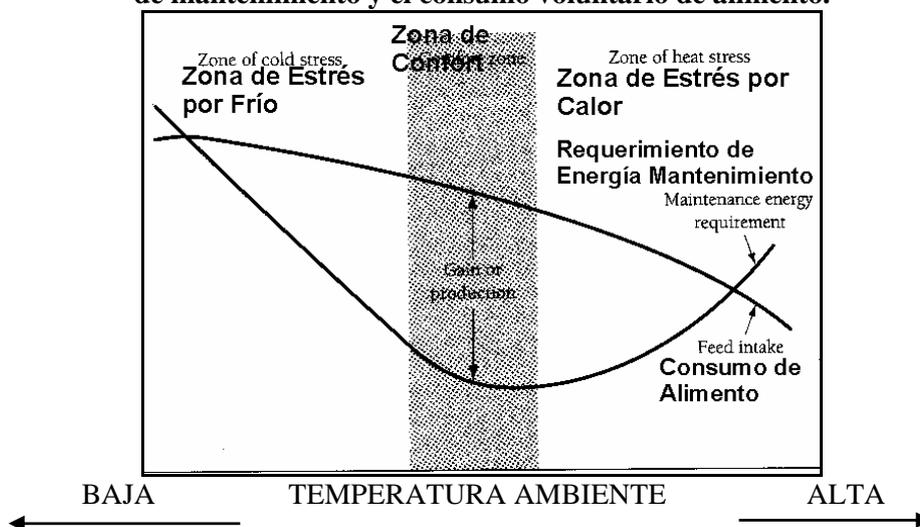
Los animales se ajustan o “**ACLIMATAN**” parcialmente a la temperatura cuando están expuestos por un cierto periodo de tiempo. La “**ACLIMATACION**” se refiere a los ajustes o adaptación que hace un animal ante cambios ambientales o factores diversos, sobre un periodo de semanas o meses (Cunningham y Acker, 2000). Este término es usado también ocasionalmente para significar una respuesta **más inmediata** a un solo factor o estresor

La **ACLIMATACIÓN** 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 tiroides secreta menos tiroxina durante el estrés por calor. La glándula adrenal secreta menores niveles de corticoides, permitiendo una menor producción de calor. En la figura 4-4, se representa la relación entre la temperatura ambiente, el requerimiento de energía de mantenimiento y el consumo voluntario de alimento.

Figura 4-4.- **Relación entre la temperatura ambiente, el requerimiento de energía de mantenimiento y el consumo voluntario de alimento.**



La selección y el cambio genético en la población, pueden producir, como resultado, la adaptación de una especie a través de generaciones sucesivas, permitiendo enfrentarse, a la especie o a un grupo dentro de la misma, con los desafíos de su ambiente. Por ejemplo entre los bovinos, los **Cebú** (*Bos indicus*), originarios de la India, tienen grandes pliegues cutáneos pectorales (papada), son en general de colores claros (pelaje), tienen un cuero suelto, con pigmentación oscura y glándulas sudoríparas mucho más desarrolladas, por lo que pueden transpirar abundantemente. Debido a esto están más adaptados a las altas temperaturas que la mayoría de las razas desarrolladas en Europa (*Bos taurus*), tales como la Angus, Hereford y Charoláis. Esta última tiende a tener una capa de pelos más gruesa y densa, con menor superficie de piel por unidad de peso, por lo que es mejor para soportar el estrés por frío (Cunningham y Acker, 2000). Además los Cebú producen una secreción aceitosa desde las glándulas sebáceas, que tiene un olor característico y que según se afirma puede ayudar a repeler los insectos (Oklahoma State Univ., 2000). En la misma fuente de información se afirma que la raza bovina Brahman, (Creada en EE.UU., a partir de ganado *Bos indicus*, introducido principalmente desde la India), debe su gran tolerancia al calor, al hecho de que tiene, además, una menor producción de calor interno bajo condiciones de altas temperaturas, que las razas bovinas de origen Europeo. De esta forma su adaptación al calor no se debería solamente a su mayor capacidad para disipar calor.

Resulta obvia, la gran importancia que reviste la correcta elección de las razas o líneas genéticas, a utilizar en un sistema dado de producción animal, particularmente para los sistemas extensivos, donde no es posible o no se desea realizar grandes cambios en el ambiente, al que predominantemente estarán expuestos los animales. Un buen ejemplo de esto lo constituye la producción bovina de carne, donde la gran diversidad entre las razas existentes, permite su adaptación ante ambientes climáticos muy diversos, desde el frío intenso, hasta climas tropicales o subtropicales. En este sentido en las asignaturas de Producción Animal (Producciones), que seguirán a este Curso, se verán conceptos más amplios y precisos, como por ejemplo el concepto de "Fracaso de Raza" en Producción Bovina, etc. Precisamente, a todo esto se refieren los criterios de evaluación **HOLÍSTICA** del ambiente, explicados en las primeras páginas de este Capítulo.

4-2.- PROBLEMAS CON LAS ALTAS TEMPERATURAS

CONTROL DEL ESTRÉS POR CALOR

La productividad por animal es marcadamente más baja, en la mayor parte de las regiones más cálidas de la tierra. A pesar de que una de las principales razones para esto, sea el efecto directo de los climas cálidos sobre los animales, existen sin duda otros factores, como los parásitos, enfermedades transmitidas por la garrapata, forrajes con alto contenido de fibra y bajos en proteína y en algunas regiones del mundo, tradiciones culturales que colocan mayor prestigio en el tamaño de los rodeos o planteles, que en el volumen de producto producido.

Cuando la temperatura del aire se incrementa por encima de la Temperatura Crítica Inferior (Tci), hay una disminución en la proporción de calor metabólico que los animales pierden por la vía No-Evaporativa (Figura 4-3).

Como ya se explico, en las **aves, ovinos y porcinos**, el incremento correspondiente en la tasa de perdida 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 ovinos tienen glándulas sudoríparas que permiten algo de enfriamiento evaporativo sobre la superficie de la piel, pero su lana rápidamente limita la eliminación rápida del calor corporal, proveyendo, en cambio una excelente aislación para el frío.

Por ejemplo, la frecuencia respiratoria y la tasa de perdida de vapor de agua, se incrementa marcadamente, para una oveja esquilada bien corta, cuando la temperatura ambiente excede los 28 (+/- 3) °C, dependiendo el valor real del nivel de alimentación (Cunningham y Acker, 2000). A temperaturas menores la frecuencia respiratoria se mantenía en 20 respiraciones por minuto y la perdida de calor evaporativo fue casi constante, alrededor de 15 W/m². En comparación, una oveja con toda su lana (10 cm de espesor), con un nivel medio de alimentación, debe incrementar su frecuencia respiratoria cuando la temperatura excede, aproximadamente, los 9 °C, disipando alrededor del 50 % de su calor metabólico por evaporación (frecuencia respiratoria alrededor de 90 respiraciones/minuto), cuando la temperatura ambiente llega a 28 °C. Se ha informado (Alexander, 1974) que una oveja adulta jadeando puede perder hasta 60 W/m² por evaporación, siendo esto equivalente al 80 % de la tasa metabólica de reposo, para un consumo moderado de alimento. En los ovinos el “Jadeo de Primera Fase”, implica una respiración poco profunda, principalmente a través de la nariz, con tasas de hasta 320 respiraciones/minuto. La exposición al calor mas severo, causa un cambio hacia un tipo de respiración mas lenta y profunda, con la boca abierta, llamada “**Jadeo de Segunda Fase**”, indicativa a menudo, de una hipertermia incipiente. El **jadeo de segunda fase**, que resulta en un incremento aun mayor en el volumen/minuto, **ha sido observado en ovinos y aves, durante el estrés severo por calor, pero no en los porcinos** (Ingram y Mount, 1975).

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 mas de la evaporación de sudor desde la superficie de la piel**, como medio para remover el exceso de calor. Los **bovinos muestran jadeo en segunda fase**, cuando son expuestos al calor intenso. Una vaca típica posee glándulas sudoríparas, pero ellas no están bien distribuidas sobre la superficie de la piel y a pesar de que algo transpiran, la tasa de enfriamiento evaporativo es solo la octava parte, de la correspondiente a un humano, por unidad de área superficial. Las vacas lactantes tienen algunas dificultades para disipar el calor que producen, cuando la temperatura excede los 24 °C, especialmente con humedad relativa igual o mayor al 50%.

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 mas 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.

4-2-1.- Sombra

La sombra constituye la herramienta mas 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 desde el suelo 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 esta 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 mas frescas debajo de la sombra. Si el techo tiene una pendiente, es conveniente colocar el lado mas bajo hacia el norte, para dar mayor protección respecto a la parte mas 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 m² de sombra por animal. Los porcinos y ovinos necesitan entre 1,8 a 2,3 m²/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. 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.

4-2-2.- 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 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 “jadedadores” 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 4-4).

Tabla 4-4.- **Efectos del enfriamiento evaporativo en los porcinos**
(Kansas State University Agr. Exp. Sta. Report 271. En Cunningham y Acker, 2000).

	Control	Nebulización	Aspersores
Ganancia diaria de peso (kg.)	0,522	0,580	0,698
Consumo diario de alimento (kg.)	1,95	2,22	2,37
Conversion del alimento	3,75	3,84	3,39

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 mas 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 demasiado ligeramente.

Obviamente el enfriamiento evaporativo es mas efectivo en climas áridos, donde la evaporación es mas 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 los bovinos, en áreas húmedas, una pulverización fina, que solo humedece la cobertura de pelos externa, sirve mas bien como un aislante, impidiendo la disipación de calor. En estas condiciones, para lograr un enfriamiento en los bovinos, se deben bañar con abundante agua fría o ser humedecidos, permitiéndoles secarse.

En los ovinos tampoco es conveniente humedecer la cobertura externa de lana. Debido a que el agua se encontrará a una cierta distancia de la piel, la evaporación tendrá pocos beneficios para el enfriamiento corporal.

En la producción avícola 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 alfalfar, 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.

4-2-3.- 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. Las recomendaciones del NRC (1996) para ganado bovino de carne, indican que el requerimiento de agua se incrementa significativamente, a medida que se incrementa la temperatura ambiental. Por ejemplo las recomendaciones para un bovino de 363 kg. de peso vivo, en engorde a corral (feedlot) son:

Temperatura (°C)	Consumo diario de agua (litros)
10	29,9
21	40,5
32	65,8
NRC, 1996, cit. por Cunningham y Acker, 2000	

Animales como 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.

Los bovinos a 32° C, toman agua, por lo menos, cada dos horas. Por este motivo, en Estados Unidos, en sistemas de pastos naturales (“range”) con grandes extensiones, los productores suelen disponer las aguadas o pozos, de tal forma que una vaca nunca esté a más de 1,6 Km. del agua, aun siendo muy grande el área de pastoreo (Cunningham y Acker, 2000). Para los cerdos los mismos autores indican que una separación mayor de 90 m, entre el alimento y el agua, reducirán la ganancia de peso, en sistemas con piquetes.

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.

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.

4-3.- 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.

Sin embargo, los bovinos y ovinos tienen menores necesidades de reparos o protección del frío, especialmente cuando maduros. Los ovinos tienen una gruesa capa de lana aislante y por lo tanto se adaptan naturalmente a las bajas temperaturas. Los bovinos son animales mucho más grandes y por lo tanto tienen menor área superficial por unidad de peso. Esto implica una menor pérdida de calor corporal, en relación al calor producido. Además, debido a que estas especies son rumiantes, ingieren alimentos fibrosos, los que tienen un mayor incremento calórico, produciendo más calor en el interior de sus cuerpos en relación a su tamaño.

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: a) natura-

les como árboles y arbustos y b) 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.

5.- 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.

5-1.- HUMEDAD RELATIVA

Como ya se explicó, 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 más difícil de regular que la temperatura, pero los rangos de confort son más amplios que para la temperatura, generalmente entre **60 y 75 %**.

En los alojamientos porcinos la humedad se regula en la mayoría de los casos 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 aislación térmica del edificio, principalmente en los techos.

5-2.- 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 más importante es el fotoperíodo.

Debido a la gran importancia que tiene la luz en los procesos productivos de algunas especies, principalmente en los aspectos reproductivos, se la tratará por separado más adelante.

5-3.- 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 está expuesto por periodos prolongados (más de una hora).

5-4.- EFECTOS DIRECTOS DE LA RADIACIÓN

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

- b)- Radiación de mediana longitud de onda: Es la luz visible, a la cual es sensible el ojo humano.
- c)- Radiación 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, sería 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 es igual a la billonésima parte de 1 m), pueden tener, por ejemplo, importantes efectos en la época estival sobre la fertilidad de las cerdas en sistemas al aire libre, con abortos e incremento de las repeticiones irregulares de celos después del servicio. Las cerdas de pelaje blanco, sin pigmentación en el cuero son mas sensibles a la radiación ultravioleta.. Los rayos ultravioletas actúan como un agresor físico, siendo la piel el órgano blanco. (Ambrogi, A., 2001). El efecto de la agresión sería el daño celular, causado a su vez por la liberación de **radicales libres** (Anión O₂H, agua oxigenada, radical OH y el Oxígeno), que llevan a la muerte celular. Los blancos de acción de estos radicales libres son el ácido nucleico y las fracciones lipídicas de las membranas plasmáticas. Cuando estos radicales libres actúan a nivel de las fracciones lipídicas de las membranas plasmáticas llevan a la formación de mediadores químicos, como las **PROSTAGLANDINAS**. Recordemos que la secuencia normal de eventos que desencadenan el parto en la cerda, se inician mediante la hormona ACTH de la pituitaria fetal, que estimula la producción de glucocorticoides por las adrenales fetales, los que luego aparentemente inician la producción de **PROSTAGLANDINA**, provocando esta, a su vez, la regresión de los cuerpos luteos con la consiguiente disminución drástica de los niveles de **PROGESTERONA** y los eventos que llevan al comienzo del trabajo de parto (Gordon, I., 1997). En la cerda el mantenimiento de la gestación es cuerpo luteo dependiente, ya que los mismos son la única o principal fuente de progesterona. **De esta manera la radiación ultravioleta induciría la producción de PROSTAGLANDINAS, que lleva a la interrupción de la gestación.**

El Servicio Meteorológico Nacional, ha agregado recientemente una página Web, donde se brinda información, actualizada dos veces por día, sobre el **Índice de Intensidad de Radiación Solar Ultravioleta (ISUV)**, para todo el territorio nacional. Este índice da indicación del riesgo, para los humanos, de la sobre exposición al Sol con valores y calificaciones que están relacionados con el tiempo que tarda esta radiación en provocar enrojecimiento y eventualmente quemaduras en la piel, según el tipo de la misma. Si bien esta información se refiere a los seres humanos, puede dar una idea de la radiación UV y de su variabilidad. El pronóstico se realiza a partir del valor del ozono, pronosticado para cada lugar, y considerando siempre al suelo sin nieve. (**Página Web:** www.meteofa.mil.ar Entrar a Pronósticos y luego a Intensidad de Radiación Solar Ultravioleta.

5-5.- 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 g/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 (NH₃): Es un gas mas liviano que el aire (0,77 g/l), 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 líquido 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 produce estornudos, salivación y pérdida de apetito. Por encima de 30 ppm, pueden pro-

ducirse 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).

DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂): Es inodoro, asfixiante, más pesado que el aire (1,98 gr./l.). 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 CO₂ 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 horas de exposición (jornada de trabajo) es de 5.000 ppm.

MONÓXIDO 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 inodoro, tóxico, mas liviano que el aire (1,25 g/litro). Los niveles ambientales de CO en el aire fresco es de 0,02 ppm. En las calles de las ciudades se encuentran 13 ppm y 40 ppm en áreas de gran tránsito 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 número 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.

ÁCIDO SULFÚRICO (SH₂): 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 g/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, náuseas y diarreas (Forcada Miranda, 1997).

METANO (CH₄): 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 inodoro, mas liviano que el aire (0,72 g/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/m³. Para los humanos 15 mg/m³ 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 infectante", 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.

6.- LUZ. FOTOPERÍODO

(Med. Vet. M.Sc. Raul Miazzo)

6-1.- GENERALIDADES

Como se menciona anteriormente, otro factor ambiental, que no deja de ser importante y que vamos a desarrollar a continuación con mayor detalle, es **la luz y más precisamente el fotoperíodo**.

La luz natural es proporcionada por el sol. Su intensidad depende de diferentes aspectos, tales como la posición de los rayos solares, la presencia de nubes, polvo, humedad del aire, entre otros.

Además, la posición relativa del planeta con respecto al sol ocasiona diferencias en la duración del ciclo diario de luz del día, el llamado **fotoperíodo natural**. Dicho **fotoperíodo** varía de acuerdo si estamos ubicados en el hemisferio norte o sur.

La duración del período de luminosidad natural (*fotoperíodo natural*) fuera del ecuador, sólo es de 12 horas en el momento de los equinoccios (21 de marzo y 21 de septiembre). Entre estos períodos la duración del día evoluciona por encima o por debajo de este valor. Es así que para el hemisferio sur la máxima luminosidad natural (15 horas) corresponde al 21 de diciembre (solsticio de verano) y la mínima (9 horas) corresponde al 21 de junio (solsticio de invierno), mientras que para el hemisferio norte ocurre lo contrario.

Se conoce que tanto la intensidad como la duración del período de luz diaria (fotoperíodo), son factores importantes de la luz y que producen repuestas relacionadas con la reproducción (Cunningham y Acker, 2000). Dichas repuestas provocadas son el resultado del incremento de la actividad del lóbulo anterior de la hipófisis produciendo la liberación de las hormonas gonadotróficas (North y Bell, 1993 y Sauveur y de Reviers, 1992).

Por ello, en los animales domésticos, originarios de las zonas templadas, se observa una estacionalidad reproductiva que depende principalmente de las variaciones de la duración del día, *fotoperíodo*, que representa el factor ambiental más repetible de un año a otro (Chemineau, 1992).

6-1.- FOTOPERIODICIDAD

6-2-1.- Percepción de las variaciones fotoperiódicas

Aunque todas las especies son sensibles a las variaciones fotoperiódicas, el resultado y la intensidad de la respuesta a los cambios luminosos varían mucho de una especie a otra. Por ello, dentro de los mamíferos, se mencionan a las especies que son llamadas de "**días cortos**", debido a que su actividad sexual se sitúa durante los días decrecientes del año. Entre ellas, la ovina y caprina son las más sensibles al *fotoperíodo*, mientras que la especie porcina manifiesta una respuesta más ligera a los cambios de la duración del día.

Además, están las especies de "**días largos**", como la bovina y equina, y dentro de ellas, ésta última es la más fotosensible para su reproducción (Chemineau, 1992).

Por otra parte, no se puede dejar de dar un tratamiento especial a las aves que muestran una alta sensibilidad al fotoperíodo. Es así que en las aves domésticas, de producción industrial, se han realizado un sinnúmero de estudios al respecto, mencionándose diferentes hipótesis que explicarían el ajuste del ciclo reproductivo de esta especie en función del *fotoperíodo*.

Una de ellas supone que existe un reloj biológico interno circanual, es decir, con una duración de su ciclo total de aproximadamente un año natural. El aumento del fotoperíodo actuaría iniciando la marcha de este reloj, es decir, como un sincronizador del mismo.

Otra hipótesis se refiere a que en las aves existiría un ritmo circadiano (con una duración cercana a la del día) referido a la sensibilidad fotoperiódica. Esta sensibilidad no permanece constante a lo largo del día, sino que presenta un máximo entre las 10 y las 15 horas posteriores al inicio de la iluminación. Esta hipótesis es conocida como "coincidencia externa" (North y Bell, 1993).

6-2-2.- Mecanismos fisiológicos de la acción del fotoperíodo

Como en todas las especies de mamíferos la percepción de la información luminosa se hace por la retina. Después esta información es conducida por el tracto retino-hipotalámico hasta los núcleos supraquiasmáticos y paraventriculares del hipotálamo, antes de pasar por el ganglio cervical superior y llegar finalmente a la glándula pineal. Esta última sintetiza y secreta en la sangre la **melatonina**, únicamente durante la noche. Es muy probable que por intermedio de la duración de esta secreción, los animales sean capaces de percibir la duración de la noche, y como consecuencia del día (Chemineau, 1992).

A través de la luz y la melatonina se puede controlar la reproducción de ovinos y caprinos. Por ello se han realizados diferentes estudios que consistieron en la utilización de implantes subcutáneos de melatonina para adelantar la estación sexual de ovejas y cabras y al mismo tiempo aumentar la fecundidad (Chemineau, 1992).

Entre ellos, algunos tratamientos provocaron que las ovejas reaccionaran como si percibieran un día corto y adelantaron su actividad ovárica y estral, de un mes a un mes y medio antes de la estación sexual anual; y en los machos se observa un aumento de su actividad espermatogénica (O'Callaghan et al, 1991 y Kuimtzis et al, 1989).

Por el momento, en los **cerdos**, ninguna aplicación práctica ha sido propuesta para controlar las variaciones estacionales de la reproducción utilizando tratamientos con luz o melatonina (Chemineau, 1992).

Por otra parte, **en la yegua (especie de días largos)** la melatonina de origen pineal transforma la información fotoperiódica en una señal hormonal. Es así que una larga duración de secreción de melatonina es interpretada como un día corto provocando la inhibición de la actividad ovulatoria inducida por días largos (Guillaume y Palmer, 1991, 1992).

Como dijimos hasta el momento, la melatonina (glándula pineal) cumple una función importante en la aparición del estro en mamíferos de reproducción estacional, tanto en épocas de fotoperíodos crecientes o decrecientes, mientras que en las aves en general, y la gallina en particular, no parece tener un papel relevante y no se puede establecer una correlación clara entre fotoperíodo y niveles de melatonina circulante (Ceular y Rico, 2000).

Por ello, al ser las aves especies diferentes a los mamíferos y tener sus particularidades, haremos un tratamiento especial sobre la acción de la luz en las mismas.

Podríamos decir que en las aves la luz ejerce doble función. En primer lugar estimula la función sexual permitiendo la puesta en marcha del ciclo reproductivo, la llamada respuesta fotoperiódica. Por otro lado da lugar a cambios que van teniendo las alternancias día/noche, a que diariamente un número de animales "se sincronicen entre sí". Es lo que se denomina **ritmos circadianos** (Ceular y Rico, 2000).

La acción de la luz sobre las aves es compleja. Así las **aves son prácticamente ciegas a la luz azul**, mientras que tienen una mayor percepción para la zona amarillo-naranja del espectro (de 550 a 580 nm) sin embargo a todas las aves se las ve estimuladas.

La luz actuaría, de forma desigual, a dos niveles: **a)** de la retina, mediante sus radiaciones naranja y roja (620-750 nm), que sería una función neurovegetativa distinta de la función visual, y **b)** en el interior del cerebro, a través del cráneo o por vía transorbitaria, la luz actuaría sobre los receptores, especialmente hipotalámicos.

En principio, estos receptores son sensibles a todas las longitudes de onda visibles, pero las radiaciones rojonaranja (de 640 nm) son las que tienen la mayor capacidad de penetración a través del cráneo.

Esta forma de acción de la luz es la más importante, incluso en la gallina es la única, de allí que se puede determinar que el ojo no es indispensable para el reflejo fotosexual. Dicho reflejo es de origen neurohormonal, es decir que provoca una secreción de origen nervioso y una o más de origen circulatorio (North y Bell, 1993).

Los estímulos, tanto si proceden de los receptores intracraneanos como de la retina, actúan sobre ciertos puntos del hipotálamo denominados núcleos, algunas de cuyas fibras nerviosas descendentes permiten el vertido de las secreciones generadas a la red capilar. Estas sustancias, que son péptidos, llamados Factores Liberadores, por el sistema venoso llegan al lóbulo anterior de la hipófisis donde, a su vez segregan las hormonas gonadotróficas que luego por el sistema circulatorio actúan sobre las gónadas (testículo u ovario) (Sauveur y de Reviers, 1992).

6-3.- INTENSIDAD DE LA LUZ

Como se dijo al comienzo, además del fotoperíodo era importante considerar la intensidad de la luz. Y dado que las aves son sometidas a programas de iluminación artificial, para estimular sus ciclos reproductivos con fines comerciales, la intensidad lumínica tiene aquí aún más relevancia.

La intensidad luminosa o iluminación recibida varía en función de: **a)** el tipo de fuente de luz utilizada: 1 watio eléctrico no proporciona siempre la misma cantidad de luz y **b)** la distancia entre la fuente luminosa y el animal.

Por ello la unidad de iluminación utilizada es el **lux**, que lo definimos como "la cantidad de luz (o luminosidad) que recibe una superficie de 1 metro cuadrado iluminada perpendicularmente y situada a la distancia de 1 metro de la fuente de luz con una potencia de una candela".

Candela: es la unidad de intensidad luminosa de una fuente de luz a una dirección determinada.

Lumen: es el rango en el cual la luz cae en un pie cuadrado de superficie, lo que es equivalente a una distancia de un pie desde una fuente cuya intensidad es de una candela.

En Estados Unidos se utiliza la unidad "**foot-candle**", que equivale a **10,78 lux** y corresponde a **un lumen por pie cuadrado**; inversamente un lux = 0,093 foot-candle.

Otra consideración a tener en cuenta es que la iluminación (luz recibida) de una superficie disminuye en proporción al cuadrado de la distancia existente entre dicha superficie y la fuente luminosa (Plano, 1995).

Por otra parte, hay que considerar que el rendimiento de una fuente de luz, depende de:

1. **Su naturaleza**, por ejemplo el rendimiento de los tubos fluorescentes es de 3,5 a 4 veces mayor que de las lámparas incandescentes.
2. **Su potencia**, el rendimiento aumenta con la potencia.

3. **La tensión de la red** (en la lámpara incandescente el rendimiento es mayor con 110 que con 220 V) (North y Bell, 1993 y Plano, 1995).

6-4.- ASPECTOS PRÁCTICOS DEL MANEJO DE LA LUZ EN GALLINAS PONEDORAS Y BROILERS

La duración de la iluminación tiene su efecto sobre la cría y recría de las pollitas. De allí que el inicio de la puesta y peso de los huevos dependen de la fecha de nacimiento. Es así, que las pollitas, que en el momento de su nacimiento y crecimiento los días son de luz creciente (*fotoperíodo positivo*), adelantan la puesta y ponen huevos de menor tamaño. Caso contrario ocurre en días en que la luz decrece (*fotoperíodo negativo*) donde las aves crecerán más lentamente llegando a la madurez sexual más tardíamente (Buxadé Carbo, 1987).

Por ello existen diferentes medidas de manejo de la luz que permiten, en definitiva, controlar el inicio de la puesta y evitar el adelantamiento de la misma, lo que llevaría a asegurar una mayor vida productiva y tamaño de los huevos y así mejorar su valor comercial.

Se conocen dos tipos de *fotoperíodos*: **a) variable**, que es el más común y corresponde al manejo de la iluminación natural, y **b) constante**, de no aplicación en nuestro país, porque se necesita de ambientes controlados, es decir que no permitan la entrada de la luz natural.

Entre los efectos que puede llegar a producir el *fotoperíodo* variable, tenemos: 1) Adelantar la madurez sexual y 2) Afectar la producción y peso de los huevos (Buxadé Carbo, 1987).

Para solucionar estos inconvenientes y permitir una producción adecuada y rentable de huevos, existen diferentes programas de iluminación a los que se someten las gallinas ponedoras y que permiten a través del aporte de luz artificial, recibir hasta 17 ó 19 horas de luz total, asegurando así la producción (Buxadé Carbo, 1987).

Respecto a los broilers (pollos parrilleros) existe la influencia de la iluminación, pero en mucho menor medida como se vio para ponedoras o en el desencadenamiento de la madurez sexual (Buxadé Carbó, 1985).

No obstante el manejo de la luz puede afectar de diferentes maneras. Positivamente, en verano, al permitir extender las horas de luz, y así recuperar el consumo de alimento que no realiza el pollo durante las horas pico de calor. Y negativamente, durante el invierno, si no se controla la cantidad de horas de luz, las aves dispondrán de más iluminación, consumirán más alimento produciendo una mayor velocidad de crecimiento, predisponiéndolas a una enfermedad llamada síndrome ascítico.

Para concluir, podríamos decir que existen diferentes programas de iluminación, tanto para ponedoras comerciales como para broilers, y que serán desarrollados en la asignatura correspondiente.

7.- VENTILACIÓN EN LA PRODUCCIÓN BAJO CONFINAMIENTO

(Ing. Agr. M. Sc. Alberto Echevarría)

La ventilación de los alojamientos bajo confinamiento es un proceso destinado a controlar diversos factores ambientales mediante la dilución del aire interno del alojamiento con aire externo (MWPS-32, 1990).

7-1.- IMPORTANCIA Y FINALIDADES DE LA VENTILACIÓN

7-1-1.- Efecto De Los Animales Sobre Un Local Cerrado

- a- Aumento de la temperatura.
- b- Aumento de la humedad del aire.
- c- Contaminación del aire (gases y polvo).

A medida que el sistema de ventilación intercambia aire, suministra oxígeno para mantener la vida. Remueve y diluye gases y polvo perjudiciales, olores no deseables, humedad y organismos (patógenos) que se encuentra en el aire (aerosoles, polvo infectante).

7-1-2.- Finalidades De La Ventilación

Un sistema de ventilación que opera correctamente realiza las siguientes funciones básicas:

- a- Proveer oxígeno. Brinda aire fresco al interior del edificio, a través de aberturas adecuadamente dimensionadas y ubicadas.
- b- Remover el exceso de humedad.
- c- Controlar la temperatura. Mezcla el aire interno con el aire externo, tomando calor, humedad y contaminantes del aire. Disminuye la temperatura, humedad y los niveles de contaminación.
- d- Remover los contaminantes ambientales (gases y polvo). Exhala al exterior aire húmedo y contaminado desde el interior del alojamiento.

La experiencia ha demostrado que, si un sistema de ventilación modera los extremos de temperatura del verano y controla la acumulación excesiva de humedad del invierno, es también suficiente para cubrir otras funciones (gases y polvo). Sin embargo niveles de olor muy altos, provenientes del almacenamientos de efluentes debajo de los pisos, pueden requerir tasas de ventilación mas altas. La “**tasa de ventilación**” se refiere al caudal o cantidad de aire intercambiado por unidad de tiempo (Ej.: m³/hora).

7-1-3.- Importancia De La Ventilación

- a- Salud animal: relacionada principalmente con enfermedades respiratorias y entéricas: gases y polvo; corrientes de aire; volumen de aire por animal.
- b- Conversión del alimento: relacionada con la temperatura critica inferior (Tci) y con el aspecto anterior).
- c- Hábitos de defecación de los animales (corrientes de aire, lugares húmedos).
- d- Durabilidad de las instalaciones.
- e- Condiciones de trabajo (salud humana).

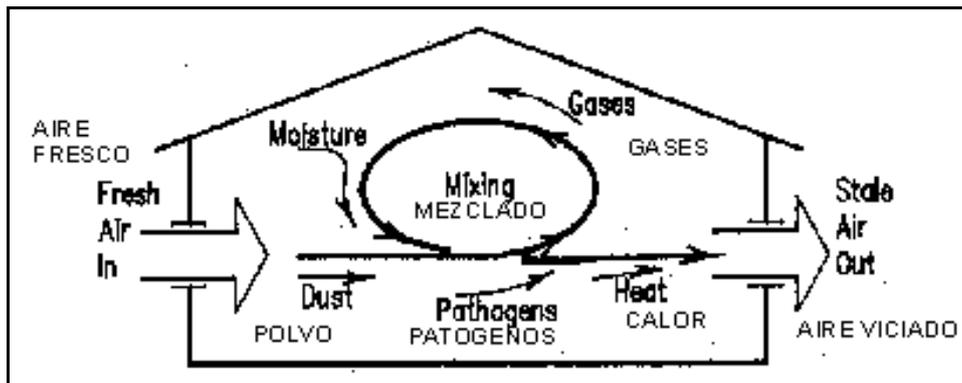


Figura 4-5.- Esquema básico de ventilación (De MWPS-32, 1990).

7-1-4.- Problemas Ambientales Más Comunes Al Visitar Unidades En Confinamiento

- a- Alta humedad relativa.
- b- Temperaturas muy bajas o muy altas para ciertas categorías; fluctuación de la temperatura.
- c- Altos niveles de amoniaco.
- d- Velocidades de aire excesivas a nivel de los animales.
- e- Corrientes de aire frío sobre animales pequeños (o muy jóvenes).
- f- Niveles excesivos de polvo.

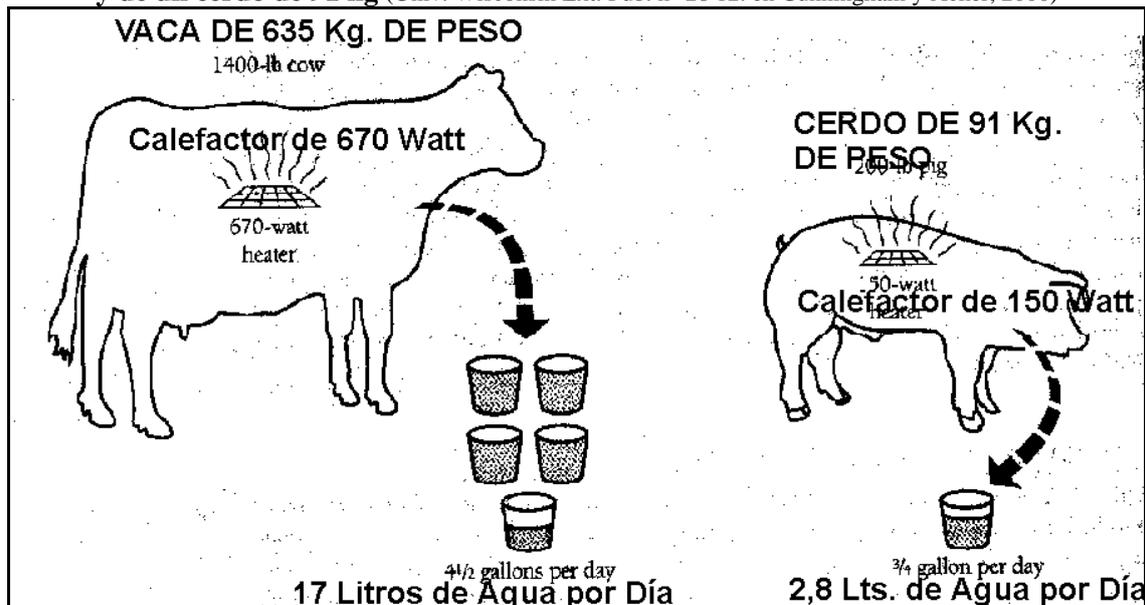
7-2.- PRINCIPIOS BÁSICOS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA VENTILACIÓN

7-2-1.- Calor y humedad producido por los animales

Como ya se explico, los animales en el interior de un alojamiento, aportan calor y humedad al ambiente. El calor, que contribuye a elevar la temperatura del ambiente, es la sumatoria de las perdidas de calor por radiación, convección y conducción, que explicamos anteriormente (calor sensible, perceptible o no-evaporativo). En la bibliografía especializada sobre ventilación se puede encontrar información sobre la producción de calor y humedad de diferentes especies y categorías de animales. Esta información es de utilidad para el dimensionamiento de los sistemas de ventilación.

En la figura 4-6, se muestra en forma esquemática y como ejemplo la producción de calor y de humedad para un cerdo y para una vaca lechera.

Figura 4-6.- Producción de calor y humedad de una vaca lechera de 635 kg. de peso y de un cerdo de 91 kg (Univ. Wisconsin Ext. Pub. n° 28 12. en Cunningham y Acker, 2000)



7-3.- Tasa De Ventilación. Dimensionamiento Del Sistema

La cantidad de aire que necesita intercambiarse varía con la especie, número y peso de los animales confinados, las temperaturas internas y externas y la humedad del aire externo. La ventilación se debería diseñar de acuerdo a las máximas necesidades estimadas o previstas.

Idealmente el aire para la ventilación varía desde lo exactamente necesario para mantener la calidad del ambiente interno, durante el tiempo muy frío, hasta una tasa máxima para reducir el estrés por calor durante el tiempo cálido.

Durante el INVIERNO: El Objetivo de la ventilación es remover el exceso de humedad, con la menor perdida posible de calor. Es lo que se denomina "balance de humedad". Generalmente al remover el exceso de humedad también se mantiene la calidad del aire interior. Los sensores utilizados en los sistemas con cierto grado de automatización, de uso creciente, controlan generalmente la TEMPERATURA INTERNA del alojamiento, y de un modo indirecto la humedad relativa (propiedades del aire húmedo).

En VERANO: El Objetivo es remover el exceso de calor.

Los sistemas de ventilación bien diseñados, como se ilustra en la figura 4-7, son muy efectivos para eliminar el exceso de humedad durante el invierno debido al principio de que la capacidad del aire para retener agua se duplica por cada incremento de 11° C en su temperatura.

Por ejemplo el aire exterior a -1,1° C, con el 90 % de H.R., contiene 4,02 g de agua por metro cúbico (esto se encuentra en tablas con las propiedades del aire húmedo). Este aire cuando se calienta en el interior del alojamiento hasta 10° C puede contener 8,71 g de agua por m³, a 90 % de Humedad Relativa. **A 21° C puede contener 16,8 g de agua/m³.** Por lo tanto, por ejemplo teóricamente, el sistema de ventilación de un edificio para pollos parrilleros (broilers) puede remover 12,78 kg. (o sea 12,8 litros) de agua introduciendo mil metros cúbicos de aire exterior, a -1,1° C y 90 % de H.R., si mantiene las condiciones internas a 21° C y 90 % de H.R. (Cunningham y Acker, 2000). Esto sale de la diferencia en la capacidad de portar vapor de agua del aire interior, respecto al aire exterior que entra al alojamiento (16,80 - 4,02 = 12,78 g/m³, o lo que es lo mismo 12.780 g de agua por cada 1.000 metros cúbicos). Obviamente este razonamiento asume que el aire exterior se calienta y mezcla con el aire interior al entrar al alojamiento y que este aire interno es extraído por el sistema de ventilación, ya sea en forma mecánica mediante extractores (ventiladores eléctricos), o en forma natural. Esto implica un adecuado Balance de Calor del sistema (el calor interno producido por los animales, mas el calor suplementario de calefacción, si es necesario, deben ser suficientes para mantener las condiciones internas establecidas, de 21° C y 90 % de H.R.). Si se desean condiciones internas de menor H.R., con la misma temperatura se requerirá un mayor intercambio de aire. La mayoría de los animales, después de unas pocas semanas de edad, producen suficiente calor de manera que el sistema no necesita calor suplementario,

Por ejemplo la producción o aporte estimado de agua de mil pollos parrilleros de 5 semanas de edad, con 0,790 g de peso es de 159 kg por día, ó 6,62 kg. por hora. Relacionando esto con la información del párrafo anterior, se puede estimar el caudal de aire necesario para remover el exceso de humedad. **El cálculo arrojaría una Tasa de**

Ventilación de 518,4 metros cúbicos de aire por hora (6.620 g de agua por hora/12,78 g de agua que salen por metro cúbico de aire extraído = 518,4 m³/hora).

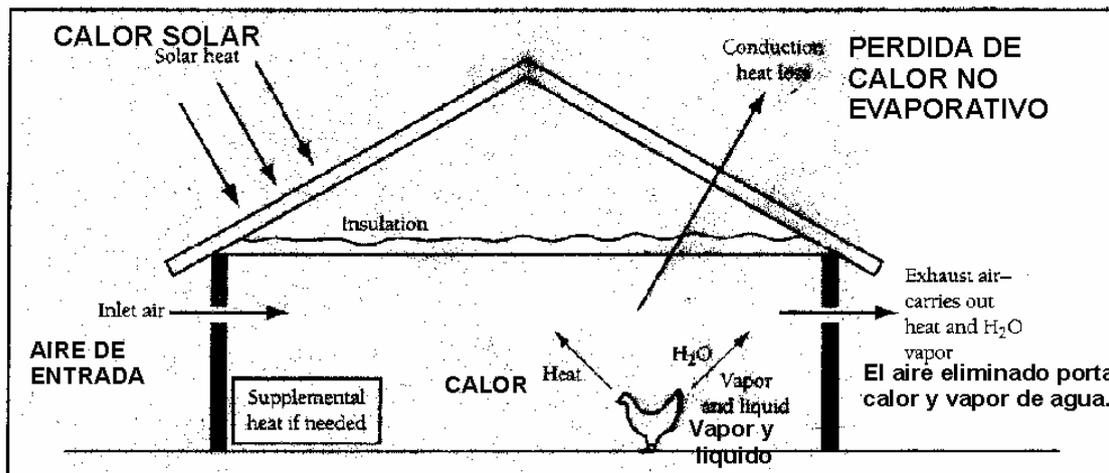


Figura 4-7.- Ventilación esquemática simplificada de un galpón para pollos parrilleros (North Central Regional Ext. Pub. n° 183 en Cunningham y Acker, 2000).

La explicación y ejemplo anterior es una versión simplificada del cálculo de la tasa de ventilación necesaria. Por ejemplo al cambiar las condiciones externas (temperatura y H.R. del aire que entra al alojamiento) cambiará el caudal de aire necesario. En el transcurso de un día típico de invierno, al aumentar la temperatura también aumentará la tasa de ventilación necesaria. La formula general del **BALANCE DE HUMEDAD** es la siguiente:

$$\text{Ventilación mínima en invierno} = \frac{W_a}{W_i - W_o} \frac{l}{p}$$

Donde:

Vi= Ventilación mínima invierno en m³/hora.

Wa= Humedad producida por los animales (g/hora) (en tablas).

Wi= Humedad del aire interior. Para la H.R. y temperatura interior deseada.

En g de agua por kg de aire seco. Se encuentra en tablas.

Wo= Humedad del aire exterior (g/kg aire seco). A la humedad y temperatura del aire exterior.

P= 1,29. (Densidad del aire).

La H. R. deseada o asumida para el interior de los edificios es menor o igual del 80 %.

Reemplazando en la formula anterior los valores correspondientes para diferentes condiciones del aire externo, principalmente en cuanto a la temperatura, puede construirse una **CURVA DE VENTILACIÓN**, para el sistema en cuestión.

Una conclusión muy importante de todo lo explicado anteriormente es que el sistema de ventilación requiere una adecuada **REGULACIÓN**, para su correcto funcionamiento en las diferentes épocas del año y bajo condiciones climáticas cambiantes.

El diseño del sistema de ventilación debería permitir por lo menos tres niveles o tasas de ventilación, según épocas del año o condiciones externas: **Para tiempo FRÍO (ventilación mínima invierno), TEMPLADO (nivel medio) y CÁLIDO (nivel máximo, verano).**

7-3-1.- Tablas de Ventilación

Para evitar la complejidad del calculo anterior se utilizan generalmente tablas de ventilación, como por ejemplo la tabla 4-5. Estas tablas presentan para cada categoría tres situaciones o niveles de ventilación:

- 1- *Ventilación mínima invierno*: Seria el nivel mínimo por ejemplo para las noches frías de invierno (ventilador o extractor pequeño). Provee oxígeno y remueve el exceso de humedad.
- 2- *Nivel medio*: Seria el nivel necesario para las condiciones del mediodía de un día típico de invierno. Modifica la temperatura y elimina humedad.
- 3- *Nivel máximo*: Para verano. Balance de calor. Reduce la acumulación de calor e incrementa el movimiento de aire.

Tabla 4-5.- **Tasas de ventilación mecánica recomendadas** (a) (MWPS-32, 1990).

Animal	Peso kg	Nivel mínimo de invierno	Nivel medio	Nivel máximo
Porcinos				
Cerda y su camada	181	0,560	2,24	14,0
Posdestete	5,4 – 13,6	0,056	0,28	0,70
Posdestete	13,6 – 34,0	0,084	0,42	0,98
Crecimiento	34,0 – 68,0	0,196	0,672	2,10
Terminación	68,0 – 100,0	0,280	0,980	3,36
Cerda gestante	147,0	0,336	1,120	4,20
Padrillos/ Cerdas en servicio	181	0,392	1,400	8,40
Aves				
Parrillero				
0 –7 días	-	0,0011	0,0056	0,011
Más de 7 días	0,454 (b)	0,0028	0,014	0,028
Ponedoras	0,454 (b)	0,0028	0,014	0,028 - 0,042
Equino, en galpón con ambiente controlado	454	0,70	2,80	9,38
<p>a)- En metros cúbicos por minuto, por animal. La cantidad especificada para cada época o nivel, es la CAPACIDAD TOTAL NECESARIA. Para la cerda y su camada: 0,56 m³/minuto para cada una (mínimo de invierno) + 1,68 m³/minuto para cada una = 2,24 m³/minuto (nivel medio). Agregando 11,76 m³/minuto para verano = 14,0 m³/minuto, que es la TASA TOTAL DE VENTILACIÓN PARA VERANO.</p> <p>b)- Las tasas de ventilación están expresadas por cada 0,454 kg de peso vivo de las aves. Por ejemplo la tasa de ventilación media (nivel medio) para ponedoras sería de 0,0308 metros cúbicos de aire por kilo de ave alojada (0,014/0,454).</p>				

Los valores de la tabla se expresan en m³ por minuto por animal, como valores acumulados. O sea el valor de verano comprende el nivel mínimo y el medio.

Se puede implementar un sistema que refleje esta tabla, por ejemplo, para una maternidad porcina, con tres extractores: Uno pequeño dimensionado con el nivel mínimo de invierno que funciona en forma continua. Otro de tamaño intermedio, que sumado al anterior proporciona el caudal o nivel medio de ventilación, controlado por un termostato regulado por ejemplo a 19° C. El tercer extractor esta calculado de acuerdo al valor máximo de ventilación de la tabla para verano, controlado por otro termostato, regulado por ejemplo a 21-22° C. Cuando la temperatura interna del galpón supere los 19° C y llegue a 21-22° C, se enciende el tercer extractor y en ese momento estarán funcionando los tres ventiladores simultáneamente. Esto se conoce como ventilación por pasos o saltos (step ventilation) y trata de imitar lo mejor posible la curva teórica de ventilación. Los valores recomendados en la tabla se expresan por animal, de manera que, por ejemplo, si la sala de maternidad contiene ocho cerdas con sus camadas, se deberá multiplicar por ocho para obtener la ventilación necesaria para cada sala. Otros sistemas más complejos pueden utilizar ventiladores de velocidad variable, controlados por termostatos de acción progresiva, microprocesadores, etc. La capacidad o caudal de los ventiladores disponibles comercialmente, viene especificada por el fabricante.

7-4.- AISLACIÓN TÉRMICA

Se denomina AISLANTE, a cualquier material que reduce la transferencia de calor de un área a otra.

Durante el invierno la aislación conserva calor, reduce el calor suplementario necesario, reduce la condensación de humedad y la pérdida de calor por radiación del alojamiento.

Durante los meses cálidos del verano la aislación reduce la ganancia de calor, mejora el confort de los animales. La temperatura de las paredes y techos de los edificios expuestos directamente a la luz solar puede encontrarse hasta 27 °C por encima de la temperatura del aire.

En un alojamiento, con poca aislación térmica, en invierno, las superficies interiores del techo y paredes se enfrían mucho. Esto aumenta las pérdidas de calor por radiación de los animales. Si la temperatura de las superficies se encuentra por debajo de la TEMPERATURA DEL PUNTO DE ROCÍO, el aire cercano a dichas superficies se satura y la humedad se condensa. Si esto ocurre en el techo, es como si este se lloviese. Esto es lo que ocurre, por ejemplo, en una maternidad porcina en invierno, con techo de chapa galvanizada sin aislación. Debido a que se

desea conservar calor, las ventanas se mantienen cerradas (ventilación mínima), con lo que el nivel de humedad interno puede ser bastante alto, produciéndose condensación en la cara interna de las chapas del techo. De esta forma el edificio virtualmente se llueve, con lo que se humedecen los pisos y se crean condiciones muy malas para los animales, particularmente para los lechones pequeños.

Podríamos decir, sin temor a equivocarnos, que los principios de funcionamiento de la ventilación en tiempo frío, explicadas anteriormente, prácticamente no son aplicables cuando las construcciones carecen totalmente de aislación térmica. Esto es particularmente importante para categorías de animales pequeños o susceptibles al frío.

Los tipos mas comunes de aislantes son:

- **Carpetas o Mantas:** Por ejemplo la lana de vidrio, en diversos espesores, entre dos capas de papel madera resistente, o entre foils de aluminio (barrera de vapor).
- **Aislantes Rígidos:** Proveen rigidez y resistencia. Ejemplo, el poliestireno expandido (telgopor).
- **Aislantes en Espuma:** Se colocan en el lugar. Ejemplo, la espuma de poliuretano. Es uno de los materiales mas utilizados en la actualidad. Su capacidad aislante es un 30 % superior, aproximadamente, que la del poliestireno expandido de 23-24 kg/m³.
- **Materiales Reflectivos:** Como el foil (película fina) de aluminio. Refleja la mayor parte del calor radiante, si se provee un espacio de aire. Sin embargo la perdida de calor radiante es solo una parte de la perdida total de calor.

La mayor parte del calor que pierde un edificio de confinamiento es por el TECHO. De manera que este es el sitio mas importante para comenzar a colocar un aislante. Luego le siguen las paredes. La ventilación representa también una importante pérdida de calor en invierno.

7-5.- VOLUMEN MÍNIMO DE AIRE POR ANIMAL ALOJADO

Además de la **TASA DE VENTILACIÓN** (capacidad de los sistemas de ventilación), es necesario asegurar un volumen de aire mínimo por animal alojado. Esto se refiere al volumen total del alojamiento (altura del techo, etc.). Existen evidencias que pequeños volúmenes de aire están asociados con una alta prevalencia de enfermedades del pulmón. Tabla 4-6. (Christiaens, 1987). Un volumen insuficiente de aire por animal con altas tasas de ventilación pueden crear a menudo corrientes de aire. Además, los edificios con poco volumen de aire son más propensos a las fluctuaciones de temperatura. Mientras más pequeño sea el volumen de aire por animal, mas altos son los requerimientos para los sistemas de ventilación, aumentando la probabilidad de que cualquier falla de manejo incremente el riesgo enfermedades. Obviamente un bajo volumen de aire es más fácil de calentar, razón por la que muchos alojamientos para animales de pequeño tamaño tienen este problema.

Tabla 4-6.- **Prevalencia de pulmones afectados en 66 criaderos en relación al volumen de aire del alojamiento** (Christiaens, 1987).

n° de criaderos	Volumen de aire promedio (m ³ /cerdo)	Pulmones afectados (%)
30	3,6	< 25
20	3,3	25 – 35
16	3,1	> 35

Tabla 4-7.- **Volumen mínimo de aire por animal** (Hilliger, 1990 cit. por Whates and Charles, 1994)

Categoría	Volumen por animal (m ³)
Cerdas en gestación	7
Cerda y su camada	20
Destetados (20 Kg.)	1
Terminación (100 Kg.)	3,5

7-6.- SISTEMAS DE VENTILACIÓN (Adap. de Forcada Miranda, 1997)

7-6-1.- Ventilación Natural o Estática

La ventilación natural se basa en la formación de corrientes de aire producidas por diferencias de presión o temperatura dentro del alojamiento. El flujo de aire depende de la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, de la velocidad y dirección del viento y de la diferencia de altura entre la entrada y la salida del aire (esto ultimo para la ventilación estática vertical). La característica esencial de la ventilación estática es que no requiere

consumo de energía alguno, mientras que su mayor inconveniente es que no existe movimiento de aire si no hay viento o si se igualan las temperaturas interior y exterior. La orientación del edificio es muy importante, siendo difícil la regulación de la tasa de ventilación. La regulación se hace generalmente en forma manual, aunque pueden existir sistemas automáticos que regulan las entradas y salidas de aire. Hay dos tipos fundamentales de ventilación estática o natural:

A.- Ventilación estática horizontal.

Se basa en la acción del viento al incidir en una fachada con huecos o ventanas, originando un aumento de presión que se contrapone con la zona de depresión en la fachada opuesta. Con vientos de solo 5 km/hora se produce una buena renovación del aire por este sistema. Para la región de Río Cuarto, los edificios para este tipo de ventilación deberían orientarse con su eje longitudinal en dirección este-oeste, ya que los vientos predominantes son de dirección norte o noreste.

B- Ventilación Estática Vertical.

Es la que tiene lugar por la cumbre (barrido vertical), en la que se colocan chimeneas o aberturas continuas. Es necesario regular las secciones de entrada y salida del aire. La sección de salida del aire (chimenea o abertura) es el sitio más sensible para la regulación.

Se basa en que el aire caliente pesa menos que el frío y en que el aire húmedo es más ligero que el seco a igual temperatura. El aire más caliente y húmedo, que está en contacto con los animales, sube a las capas más altas del alojamiento, siendo sustituido por otro frío y menos húmedo que entra desde el exterior, generalmente a través de ventanas en las fachadas principales. Es un sistema que funciona bastante bien en invierno, cuando el objetivo principal de la ventilación es eliminar el exceso de humedad. No obstante cuando las necesidades de ventilación son máximas para reducir la temperatura del alojamiento, como sucede en verano, la potencia de tiro de las chimeneas es prácticamente nula, al igualarse la temperatura interna con la externa. También pueden combinarse los dos tipos de ventilación natural ya explicados.

En Forcada Miranda (1997) se pueden encontrar varias formulas o expresiones muy interesantes para dimensionar estos sistemas de ventilación natural.

7-6-2.- Ventilación Dinámica o Forzada

Se basa en forzar el movimiento del aire mediante el uso de ventiladores eléctricos, generalmente regulables y controlados manual o automáticamente. Este tipo de ventilación permite controlar de un modo preciso la renovación del aire. El flujo de aire no depende, en principio, de las condiciones climáticas ni de la orientación del edificio (esto último, hasta cierto punto), de forma que una buena instalación de ventilación mecánica o dinámica permite:

- a- Un mejor control de los circuitos de aire.
- b- Un mejor control de los volúmenes de aire, con la consiguiente economía de calefacción.
- c- Una automatización en el control de entradas de aire. Las entradas de aire, en los sistemas dinámicos, determinan principalmente los patrones de circulación o flujos de aire dentro del alojamiento.

A- Ventilación por Extracción de Aire o Depresión.

El aire viciado es extraído mediante un ventilador (extractor), originando una disminución de presión en el interior del local (depresión) que permite la entrada de aire exterior para igualar presiones.

B- Ventilación por impulsión de aire o sobrepresión.

El aire fresco exterior se impulsa al interior del alojamiento, creando una sobrepresión que hace que el aire viciado salga al exterior a través de los huecos de evacuación.

BIBLIOGRAFÍA

- Ambrogi, A., 2001. Problemas reproductivos estacionales en sistemas al aire libre en Argentina. Información para Extensión N° 66. Mayo 2001. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez. Pág. 3 – 12.
- Alexander, G. 1974. Heat loss from sheep. Heat loss from animals and man. Butterworths. En Wathes, C. and D. Charles, 1994. Livestock Housing. CAB International.
- Bond, T. y C. Kelly. 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., C. Kelly y N. Ittner. 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.
- Buxadé Carbó, C. 1985. El pollo de carne. 4ª Edición. Ed. Mundi Prensa, Madrid, España.
- Buxadé Carbó, C. 1987. La gallina ponedora. 3ª Edición. Ed. Mundi Prensa, Madrid., España.
- Ceular, A. y M. Rico. 2000. Mecanismos Endócrinos que Regulan la Producción de Huevos. Avicultura Profesional, 18 (4): 18-20.

- Chemineau, P. 1992. Medio ambiente y reproducción animal. Curso superior de reproducción animal, I.A.M.Z. Zaragoza, España, :15.
- Christiaens, J. 1987. Gas concentrations and thermal features of the animal environment with respect to respiratory disease in pig and poultry. En Wathes, C. And Charles, D., 1994. Livestock Housing. CAB International. Chapter 2: Environment and animal health.
- Cunningham, M. y Acker. 2000. Animal Science and Industry. Six Edition. Prentice Hall.
- Echevarría, A., J. Parsi, J. Trolliet, P. Rinaudo, A. Ambrogi, I. Dolso, M. Vázquez y A. Sbaffo. 2000. Temperaturas internas y productividad de las cerdas en parideras tipo arco con diferentes pinturas externas. InVet - Investigación Veterinaria. 2(1): 39-47.
- Esmay, M., 1969. Principles of Animal Environment. The Avi Publishing Company Inc.
- Forcada Miranda, F. 1997. Alojamiento para ganado porcino. Mira Editores. España.
- Gordon, I., 1997. Controlled Reproduction in Pigs. CAB International. Page 122 – 123.
- Guillaume, D. y E. Palmer. 1991. Effect of oral melatonin on the date of the first ovulation after ovarian inactivity of mares under artificial photoperiod. J. Reprod. Fert., Suppl 44: 249-257.
- Guillaume, D. y E. Palmer. 1992. Lumière, mélatonine et reproduction chez la jument. Ann. Zootech. 3: 25-29.
- Gutman, C. 1999. Sombreaderos. Antes de que el calor apriete. <http://www.agroguías.com.ar/sombras.htm>
- Ingram, D. y L. Mount. 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>
- Kuimtzi, S., S. Belibasaki y J. M. Doney. 1989. Melatonin advances and condenses the onset of seasonal breeding in Greek dairy ewes. Anim. Prod. 48: 399-405.
- McArthur, A. y J. Ousey. 1994. Heat loss from a wet animal: Changes with time in the heat balance of a physical model representing a new born homeotherm. J. Thermal Biology. En Wathes, C. and D. Charles, 1994. Livestock Housing. CAB International.
- 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.
- North, M., Bell, D., 1993. Manual de Producción Avícola. 3ª Edición. Ed. El Manual Moderno, México.
- O'Callaghan, D., F. Karsch, M. Boland y F. Roche. 1991. What photoperiod signal is provided by a continuous-release melatonin implant?. Biol. Reprod. 45: 927-933.
- Oklahoma State University. 2000. Breeds of livestock. Brahman cattle: www.ansi.okstate.edu/breeds/cattle/brahman
- Ousey, J., J. McArthur y P. Rosedale. 1991. Metabolic changes in throughbred and pony foals during the first 34h postpartum. Journal of Rep. And Fertility (Suppl.) 44: 561-570. En Wathes, C. and D. Charles, 1994. Livestock Housing. CAB International.
- Plano, C. 1995. Aves Comerciales y su Medio Ambiente. 1ª Edición. Ed. Pegaso Gráfica, Bs. As., Argentina.
- Preston, T. y M. Willis. 1994. Intensive beef production. Second Edition. Pergamon Press.
- Sauveur, B. y M. de Reviere. 1992. Reproducción de las aves. 1ª Edición, en español. Ed. Mundi Prensa, Madrid, España.

Volver a: [Clima y ambientación](#)