



Una aproximación al conocimiento de los principios bio-físicos del sistema de ventilación «túnel»

•
• H.J. Soria (*)
•
•

Generalmente, se suele tratar mucho sobre la ventilación túnel con desconocimiento de sus fundamentos bio-físicos. Y en tales condiciones es difícil llegar a soluciones eficaces y, sobre todo, eficientes.

Aunque tendremos ocasión de volver sobre el tema en el curso de este ensayo, bueno será iniciarlo recomendando que, cuando en la práctica se obtengan resultados aceptables con desprecio más o menos consciente de los principios bio-físicos en que se fundamenta el sistema, suele ser siempre a costa de grandes e innecesarios dispendios en trasiegos de aire y superficie de panel evaporativo.

El enfriamiento corporal de las aves a través del aire en movimiento se suele denominar en EE.UU. como efecto "wind-chill" -ver glosario de tecnicismos al final-. Sin embargo para que este efecto resulte útil en situaciones de estrés hipertérmico ambiental, la velocidad de los flujos ha de alcanzar determinados valores que no suelen darse, en situaciones normales, en los alojamientos avícolas.

Como puede verse en el cuadro de gráficas del Dr. Timmons, hace falta que la velocidad de los flujos alcance valores superiores a los 0,25 m/s para que el efecto "wind-chill" sea acusado por las aves. Así, la convección natural, no forzada -zona oscurecida-, no

mejora en absoluto el estado de estrés hipertérmico de estos animales.

Ahora bien, para elevar la velocidad de los flujos sin aumentar los caudales de trasiego de aire, se suele recurrir a la ventilación túnel. Lo cual, normalmente, se consigue simplemente variando 90° su dirección -ver esquemas a continuación.

Así, transformando una ventilación cruzada en ventilación túnel, la sección de paso de los flujos de aire puede llegar

a reducirse hasta 10 veces; y como la velocidad de los flujos se halla en razón inversa de la sección, aquella quedará multiplicada por 10. Así, por ejemplo, en una nave de 100 m de larga por 12 m de ancha y 3 m de altura media:

$$\text{-Sección ventilación cruzada} = 100 \times 3 = 300 \text{ m}^2$$

$$\text{-Sección ventilación túnel} = 12 \times 3 = 36 \text{ m}^2$$

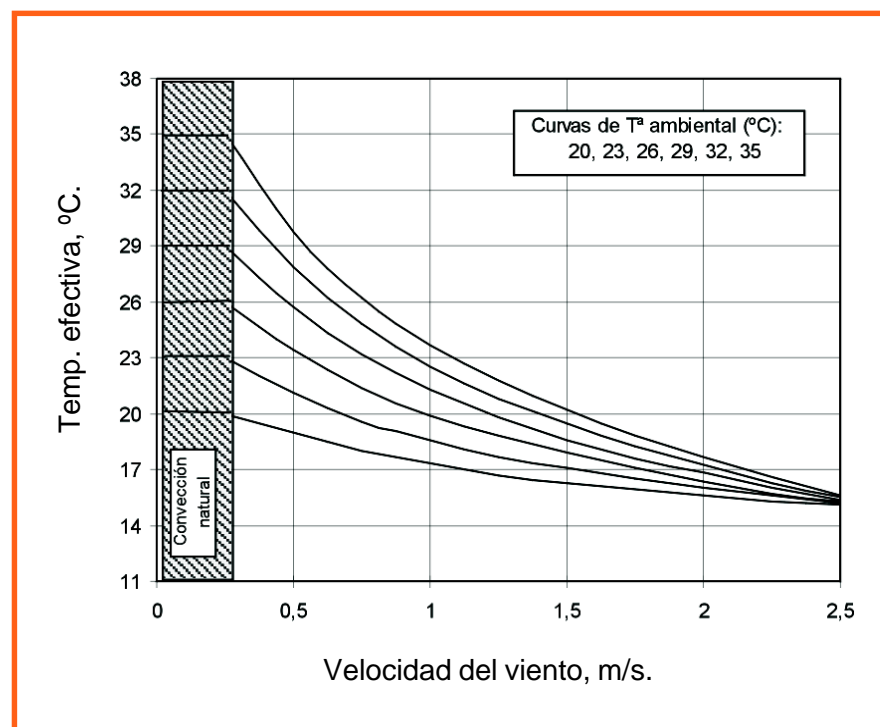


Fig. 1. Efecto de la velocidad del aire sobre la temperatura efectiva para el ave. (Timmons, 1990)

(*) El autor es Director del Dpto. de Ingeniería del Control Ambiental Animal de GANAL. Apartado 17, 46460 Silla (Valencia). Tel 96 121 25 54. Fax 96 121 17 43.

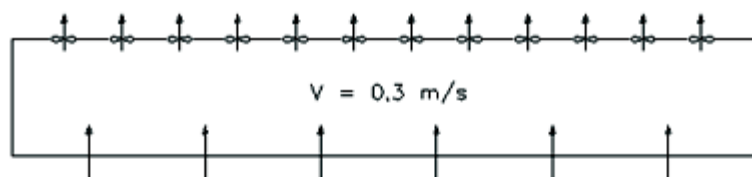


Fig. 2a. Ventilación cruzada convencional.

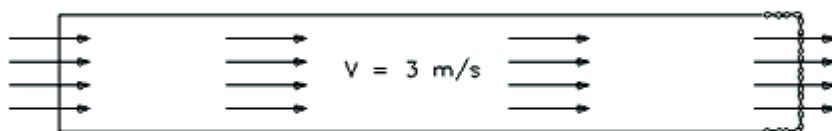


Fig. 2b. Ventilación túnel convencional.

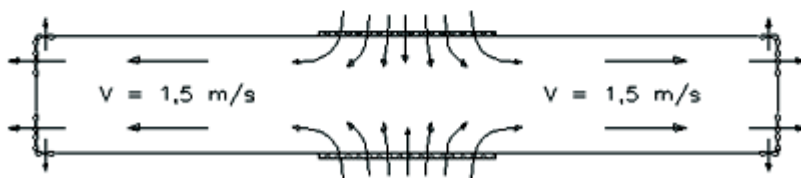


Fig. 2c. Ventilación túnel modificado.

Si admitimos en ambos casos una capacidad de ventilación de 12 extractores de 30.000 m³/h, tendremos:

$$30.000 \times 12 = 360.000 \text{ m}^3/\text{h} = 100 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{-Ventilación cruzada} = 100 \text{ m}^3/\text{s} : 300 \text{ m}^2 = 0,33 \text{ m/s}$$

$$\text{-Ventilación túnel} = 100 \text{ m}^3/\text{s} : 36 \text{ m}^2 = 2,77 \text{ m/s}$$

¿PERO QUE ES, REALMENTE, LO QUE OCURRE CON LA VENTILACIÓN TUNEL?

Para comprender el fenómeno “wind-chill” lo primero que hay que hacer es analizar el comportamiento y los recursos del ave frente a una situación de estrés hipertérmico. Y entonces vemos que, en cualquier caso, a medida que la temperatura ambiental aumenta, la homeostasis del ave pone

en funcionamiento los distintos mecanismos de que dispone para disipar el calor metabólico que está generando constantemente ya que, de no conseguirlo, su temperatura corporal iría elevándose hasta alcanzar niveles letales (1).

Como sabemos, las vías de que el ave dispone para disipar el calor corporal son, prácticamente, cuatro:

- por conducción, aplicando su cuerpo sobre superficies más frías,
- por radiación, intercambiando calor con paredes, techos, objetos, etc. por esta vía,

- por evaporación, siendo la disnea la situación más elocuente-,

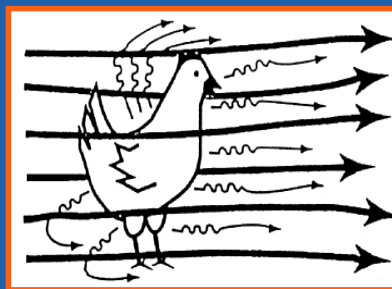
- por convección: el calor del cuerpo calienta la capa de aire que lo envuelve; por razones de densidad éste se eleva y deja paso a otro más frío que vuelve a ser calentado, y así sucesivamente el ave va desprendiéndose de parte del calor corporal que le sobra.

Cuando la temperatura ambiental se va aproximando a la del cuerpo del ave -de 41 a 42 °C más o menos-, las pérdidas por conducción y radiación se minimizan porque todos los objetos del gallinero han alcanzado la temperatura ambiente y el intercambio de calor por estas vías se anula prácticamente.

Invalidadas las dos vías anteriores, nos queda la convección y la evaporación. Pero cuando la temperatura del aire ambiente aumenta, la convección se frena enormemente porque ésta depende del gradiente térmico entre el cuerpo del ave y el aire que lo circunda, de modo que a medida que la de éste se va acercando a la de aquél, el mecanismo de la convección tiende a anularse.

IMAGEN PARA NO OLVIDAR

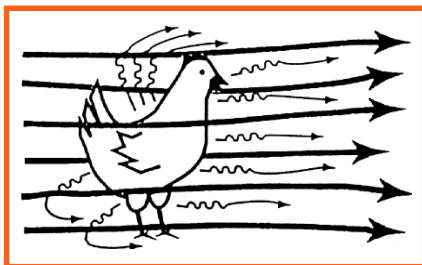
Esta viñeta, que vamos a prodigar en el curso de los textos relacionados con la ventilación túnel, sirve para recordar gráficamente al lector los principios biofísicos del sistema y que los beneficios del mismo no se obtendrán sin la “ducha” constante de los flujos sobre el cuerpo del ave a una velocidad entre 0,5 a 2,5 m/s.



(1) En situación de aire en calma, el estrés hipertérmico se inicia en cuanto la temperatura ambiental se eleva por encima del umbral superior de la zona termoneutra de las aves. Y se denomina “zona termoneutra” al rango de temperaturas ambientales que no afectan a su estado de confort; es decir, el ave no tendría necesidad de movilizar su capacidad homeostática para hacer frente a situaciones de emergencia termoadversas (consultar el glosario de términos al final).

Por último, nos queda la evaporación. Mientras la humedad relativa -HR- del aire lo permite, la evaporación -disnea- sigue siendo efectiva; pero claro, la capacidad de evaporación del ave tiene un límite -la superficie del aparato respiratorio-, y cuando los otros mecanismos -conducción, radiación y convección- la han abandonado, la evaporación por sí sola no puede dar abasto a las pérdidas de calor que las circunstancias reclaman.

Como se comprende fácilmente, al avicultor le es muy difícil ayudar a sus aves potenciando los mecanismos de disipar el calor corporal. No puede modificar la temperatura de los objetos al alcance de las aves para mejorar la conducción; ni bajar la temperatura de las paredes, etc. de la nave para intensificar la radiación; tampoco puede modificar la anatomía de su aparato respiratorio para potenciar la evaporación. Lo único que sí puede hacer es mejorar las corrientes conveccionales acelerando artificialmente el movimiento del aire; que es, en resumen, lo que hace la ventilación túnel.



Es decir, cuando ventilamos regular y uniformemente el interior del alojamiento a una velocidad alta, no hacemos más que potenciar el mecanismo de disipación del calor corporal del ave por convección, de modo que sea suficiente para que su temperatura corporal no produzca síntomas de estrés en el animal y éste se comporte como si la temperatura ambiental se hallara a niveles confortables. Pero claro, esto también tiene un límite y es que a medida que la temperatura ambiental se va acercando a la del cuerpo del ave,

(1) Poultry Digest, Mayo 1990.

por mucha velocidad que le demos al aire, cada vez iremos disipando menos calor, porque, como hemos dicho, el poder de disipación depende no solamente de la velocidad de las corrientes conveccionales, sino del gradiente térmico entre el cuerpo del ave y el aire.

LLEVANDO EL EFECTO "WIND-CHILL" AL CAMPO DE LA ALGORITMIA

Con independencia de que hace más de 30 años que se lleva estudiando el fenómeno por investigadores tales como Druy y Siegel -1966-, Van Kampen -1981/84-, Mitchell -1985-, Tschentke y Nichelman -1986-, Juekschat y col. -1986-, Yamamoto -1989- y otros muchos, entre los que podemos encontrar a Timmons y Czarick más recientemente, generalmente intentando encontrar una fórmula que relacione la temperatura interior del cuerpo del ave con la ambiental

A tal respecto, Timmons, creador de dichas gráficas, empieza diciéndonos que "si bien contamos con índices para valorar el efecto "wind-chill" en ambientes fríos, carecemos, por el contrario, de índices semejantes para valorar el mismo efecto en ambientes avícolas calurosos". Y más adelante añade: "varios científicos han investigado el efecto de la velocidad del viento con respecto a la pérdida de calor y/o a la producción de calor metabólico. Sin embargo, la producción de calor metabólico no es necesariamente un verdadero indicador del confort fisiológico del ave" (1).

Tres años más tarde, el mismo investigador anterior, en unión del Dr. P.E. Hillman, volviendo sobre el mismo tema del efecto "wind-chill" en los alojamientos avícolas, indica que, desafortunadamente, la ventilación túnel a solas no preserva la vida de las aves por estrés hipertérmico cuando las temperaturas ambientales exceden de su límite superior. Admitiendo, a su vez,

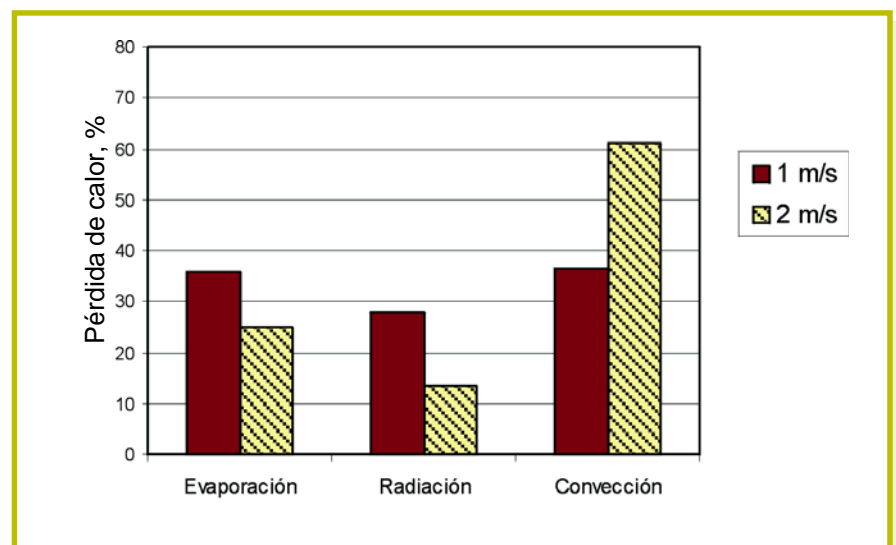


Fig. 3. Reparto de componentes de pérdidas de calor a 35°C y 52% HR.

ya la velocidad de los flujos del aire, a lo único que se ha llegado -bajo ensayos de laboratorio- es a los resultados que ofrecen las curvas correspondientes de la Fig. 1.

que las velocidades de los flujos que sobrepasen los 3 m/s aumentan el estrés térmico en las aves -la convección se torna de signo negativo- si las temperaturas ambientales superan los 35 °C",

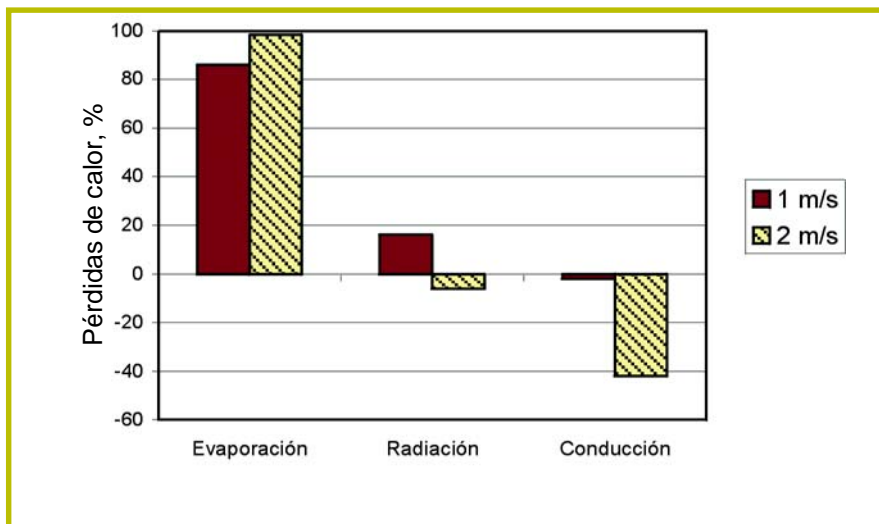
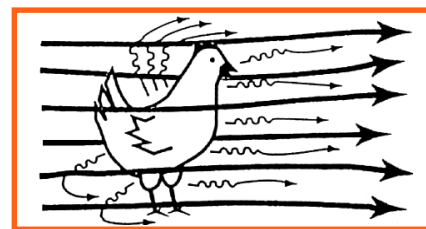


Fig. 4. Reparto de componentes de pérdidas de calor a 37,7° C y 45% HR.



“wind-chill” en las distintas situaciones y edad de las aves se halla algo por debajo de lo que ofrecen Timmons y Hillman.

Por último, Czarick y Lacy admiten que el uso de las “wind-chill charts” para manejar un alojamiento de broilers viene a resultar algo así como un arte, porque “las cartas ofrecen aproximaciones de enfriamiento a temperaturas específicas del aire para aves de una específica edad. Si la temperatura del aire cambia, o si uno no está manejando aves de la edad a la que se refiere la carta, hará falta una buena dosis de conjetura para determinar la correcta velocidad que debe imprimir a los flujos”. (1)

(1) Los autores se refieren a la facultad del avicultor para aumentar o disminuir la velocidad de los flujos, de acuerdo con el número de extractores que mantiene activos. (N. del T.).

nos ofrece las figuras 3 y 4, fruto de experimentos llevados a cabo en sus laboratorios. Y termina diciendo: “una estimación conservadora sería que, en la práctica, 35 °C es la máxima temperatura ambiental a la que la velocidad alta de los flujos de aire puede ser acusada para reducir el estrés hipertérmico consistentemente” (1).

Unos tres años después de los relatados estudios, experimentos y resultados de Timmons y Hillman, aparece un estudio de M. Czarick y M.P. Lacy (2) que comienza diciendo: “debe andarse con cuidado cuando usan cartas y gráficos sobre el efecto “wind-chill”. La mayor parte se han desarrollado a través de mediciones tomadas sobre una sola ave en un túnel de viento de laboratorio especialmente diseñado para el caso. En estos túneles, el aire fluye sobre la entera superficie corporal del ave. Pero en la realidad, el movimiento de los flujos del aire sobre el cuerpo de las aves se ve limitado por las restantes que la circundan. Recientes estudios muestran que el calor desprendido por un ave en grupo es solamente el 60% del que perdería sola en posición de pie. Del mismo modo, en un alojamiento de broilers túnel-ventilado, cuando se toma la velocidad de los flujos a metro o metro y medio del

piso y la densidad animal es tenida en cuenta, el efecto “wind-chill” viene a ser probablemente la mitad del obtenido en un teórico túnel de viento de laboratorio”.

Los Drs. Czarick y Lacy, más conservadores, presentan unas gráficas, que reproducimos a continuación -Fig. 5 y 6-, donde puede verse que los grados centígrados que desciende la temperatura efectiva por el efecto

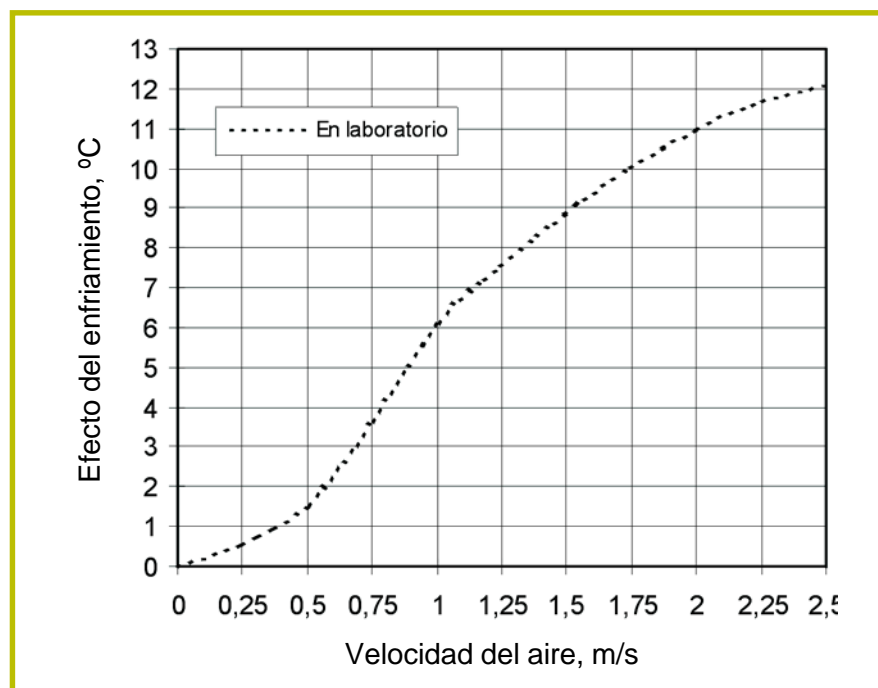


Fig. 5. Efecto «wind-chill» para un ave adulta, sola, en túnel de viento de laboratorio, a 29,5° C de temperatura ambiente. Las ordenadas indican el descenso en °C que siente el ave a las distintas velocidades.

(1) Poultry Digest, Mayo 1993.

(2) World Poultry-Misset, vol.12, n° 8, 1996.

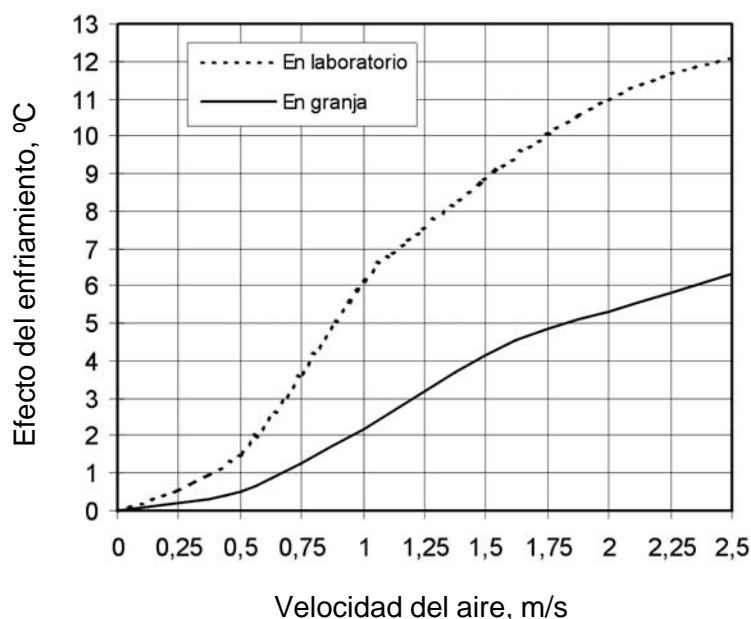
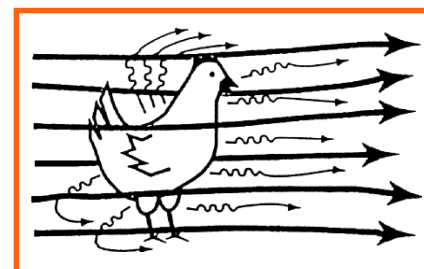


Fig. 6. La misma ave de la Fig. 5 sometida al efecto «wind-chill» en granja, medido a 1-1,5 m del suelo (curva de trazo continuo).



Hasta aquí lo que podríamos llamar la teoría del efecto “wind-chill” en los alojamientos donde se practica la ventilación túnel. En artículos sucesivos trataremos de su aplicación práctica en distintas situaciones -superficie, baterías y distintas edades del ave-, comparando la ventilación túnel con los sistemas convencionales y finalizando con un riguroso análisis de los últimos fenómenos de intercambio termo-energético que tienen lugar entre las zonas internas del cuerpo del ave y sus periféricas -piel, plumas, cresta, barbas, etc.-, y entre éstas y el aire ambiental a través de los flujos de la ventilación.

GLOSARIO DE LOS TECNICISMOS MÁS USUALES EN LA INGENIERÍA DEL CONTROL AMBIENTAL AVÍCOLA

Radiación:

Cuando dos cuerpos separados difieren en temperatura, se producirá una clara ganancia de calor por parte del más frío a expensas del más caliente. Esta forma de transmitirse el calor se llama “por radiación”; y el calor radiante atraviesa el aire sin modificar nada su temperatura.

Conducción:

Se suele definir como la transferencia de calor a través de un medio sólido.

Convección:

La transferencia de calor por convección se halla asociada a un fluido en movimiento. Un cuerpo gana o pierde calor por convección cuando la temperatura del fluido que le rodea -el aire, normalmente- difiere de la suya. Los intercambios de calor por convección resultan muy afectados por el mo-

vimiento del aire ambiental. Así, se denomina “convección natural” a la originada gracias simplemente al gradiente térmico entre el cuerpo del animal y el aire que le circunda; y “convección forzada” a la originada, además, por la fuerza del viento o por algún tipo de máquina sopladora -ventilador, turbina, etc.

Evaporación:

Cuando las temperaturas ambientales se igualan o exceden de la corporal de las aves, las pérdidas de calor por evaporación son la única vía que les queda para disipar su calor metabólico. Para ello consumen su calor sensible corporal para evaporar agua -calor latente-, siendo la disneala situación más elocuente.

Calor sensible:

Es el que origina cambios de temperatura en los cuerpos.

Calor latente:

Es la transferencia de calor cuando el agua cambia de estado. Al vapor generado cuando el agua pasa del estado líquido al gaseoso se le denomina “calor latente”.

Golpe de calor:

Se denomina “golpe de calor” al resultado de un colapso cardiovascular a causa de una grave perturbación de las más importantes funciones del sistema nervioso; todo ello originado por elevación de la temperatura corporal interna, ante la imposibilidad del ave para desprenderse de la irrefrenable generación de calor metabólico, fruto de la función vital de su organismo. El “golpe de calor” tiene lugar cuando la “temperatura efectiva” se aproxima o alcanza el valor de la normal temperatura corporal del ave, unos 41-42 °C. aproximadamente.

Temperatura efectiva:

La "temperatura efectiva" es un término usual para indicar la temperatura corporal percibida por las aves con independencia de los valores reales de los distintos parámetros que conforman un ambiente dado. Así, un ave es afectada simultáneamente por todas las formas de transmisión calórica -radiación, conducción, convección y evaporación- en cualquier sitio. La suma de todas ellas determina si el ave está ganado o perdiendo calor; no justamente la temperatura ambiental a solas. Por ejemplo, un ave bien emplumada puede hallarse muy confortable a una temperatura ambiental de 10 °C si el aire no se mueve apenas y está recibiendo cantidades significativas de radiación solar. Por el contrario, puede sentirse inconfortable a 20 °C si su cuerpo está mojado, el aire se mueve a una velocidad significativa y no recibe energía radiante alguna.

Zona termo-neutra:

Se denomina "zona termo-neutra" -ztn- a un rango de temperaturas dentro de las cuales las aves pueden mantener su temperatura corporal ajustando ganancias o pérdidas de calor sin consumo de energía. Lo que significa, más o menos, que las aves no tienen necesidad de movilizar su capacidad homeostática para defenderse de una situación ambiental adversa.

Los límites superior e inferior a esta zona se refieren a

temperaturas críticas. Cuando las temperaturas se hallan dentro de esta zona, las necesidades de pienso para el crecimiento o la producción huevera son mínimas.

Las temperaturas letales -por arriba o por abajo- se refieren a la temperatura corporal interior del ave a la que se inicia la muerte.

Gradiente térmico ambiental -"gta"-

Todo el mundo sabe que no tiene la misma temperatura el aire que entra en un alojamiento habitado por una manada de aves que cuando es descargado al exterior, por ejemplo, a través de los ventiladores-extractores. A su paso por el interior del alojamiento se va cargando del calor metabólico generado por las aves y su temperatura se va elevando. A la diferencia entre la temperatura de entrada y de descarga se le denomina "gradiente térmico ambiental", que, si se calculó y diseñó bien el sistema de ventilación, debe hallarse entre 2 y 3 °C; no más ni menos.

Efecto "wind-chill"

El enfriamiento corporal de las aves a través del aire en movimiento se suele denominar en EE.UU. como efecto "wind-chill" -"wind" = viento, y "chill" = frío-. Sin embargo, para que este efecto resulte útil en situaciones de estrés hipertérmico ambiental, la velocidad de los flujos ha de alcanzar determinados valores que no suelen darse, en situaciones

normales, en los alojamientos avícolas.

Como hemos visto, el efecto "wind-chill" se halla íntimamente relacionado con el concepto de "temperatura efectiva". Y los valores de ésta que se consiguen por el efecto mencionado pueden verse en la Fig. 1, aunque en la práctica, no son de aplicación tal cual porque dichas curvas se han obtenido en condiciones especiales de laboratorio y sobre un ave aislada; los valores resultantes suelen reducirse al 50% como menos.

Diferencia de Presión Estática -"dpe"-

En avicultura, los sistemas de ventilación forzada crean en el interior de los alojamientos una depresión con respecto a la presión atmosférica exterior que se suele medir en milímetros de columna de agua -"mca"-, y cuyo valor debe hallarse entre 1,5 y 2,5 mca -de 15 a 25 Pa, más o menos-. Si el valor se halla por debajo de 1,5 mm, algo anormal suele ocurrir, tal como unas inaceptables entradas parásitas de aire, puertas abiertas o ventanas con excesiva apertura. Si, por el contrario, la "dpe" sobrepasa los 2,5 mca, es que los paneles evaporativos están parcial o totalmente cegados, o las entradas de aire se hallan cerradas en exceso; en este caso, los trasiegos de aire resultarán insuficientes, mientras el rendimiento de los extractores bajará ostensiblemente.

2

3

4

ALPHARMA IBÉRICA	2ª cubierta	LOHMAN ANIMAL HEALTH GmbH	202
BAYER, S.A., QUIMICA FARMACÉUTICA	235	LONJA VIRTUAL, S.L.	232
BREUIL, S.A.	242	LUBING IBÉRICA, S.A.	236
CEVA SALUD ANIMAL, S.A.	227	MAKER FARMS, S.L.	264
COMAVIC, S.A.	262 y 264	MASA-PROAVIC, S.A.	228
DIVAL	262	MASALLES COMERCIAL, S.A.	232
EUROGAN, S.A.	245	NEW FARMS, S.L.	207, 231, 263
FARMER AUTOMATIC	220	NUTRICIÓN Y TERAPÉUTICA	231
INGENIERÍA AVÍCOLA, S.L.	252	REAL ESCUELA DE AVICULTURA	235, 241
INDUSTRIAL TÉCNICA PECUARIA, S.A.	262	ROCHE VITAMINAS, S.A.	214
INDUSTRIAL VETERINARIA, S.A.	198	ROYO & ESCODA	242
ISA	246	SALAZAR, A.	197
JANSEN MACHINEFABRIEK	242	SERUPA IBÉRICA, S.A.	219
KROMSCHROEDER	208	SCHERING-PLOUGH, S.A.	200
LABORATORIOS CALIER	3ª cubierta	TIGSA	261
LABORATORIOS HIPRA, S.A.	4ª cubierta	TROUW NUTRITION ESPAÑA, S.A.	213
LEADER-CUNILLENSE, S.L.	228	ZUCAMI POULTRY EQUIPMENT	255