



Interacción de los factores ambientales con la respuesta del comportamiento productivo en pollos de engorde



Mónica M Estrada P¹, Zoot, Esp, Asp MSc; Sara M Márquez G², Ing Agri, MSc.

¹ Grupo de investigación en ciencias animales (GRICA). Facultad de Ciencias Agrarias; ² Grupo de Investigación en Gestión y Modelación Ambiental (GAIA). Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad de Antioquia. AA. 1226 Medellín, Colombia
mmep@interpla.net.co

(Recibido: 2 marzo, 2004; aceptado: 3 agosto, 2005)

Resumen

La avicultura moderna, como cualquier otra industria, tiene como norte de su actividad la rentabilidad, y en un mercado tan competido como el que ha impuesto la llamada globalización de la economía, los productores no tienen opción distinta a la de buscar el máximo de eficiencia; por lo tanto, para que los pollos expresen al máximo el potencial productivo contenido en su genética, es imprescindible manejar un entorno adecuado que les proporcione las condiciones ambientales adecuadas. La temperatura, humedad, calidad del aire, son algunos de los factores ambientales a tener en cuenta durante el periodo productivo de las aves domésticas.

Palabras clave: *humedad, rendimiento productivo, temperatura.*

Introducción

Los sistemas de producción pecuaria actúan bajo el concepto de sistemas abiertos, de tal manera que conforman una unidad natural compuesta por factores bióticos y abióticos, donde existe entre ellos un gran intercambio de materia y energía. Además de los componentes bióticos, cuentan con un conjunto de prácticas que incluyen la tecnología y los recursos humanos, mediante los cuales se lleva a cabo la producción agropecuaria.

Una de las interacciones entre los componentes del sistema pecuario que más influencia tiene a escala productiva, es la relación entre el entorno y el animal. El entorno en el que el animal se desempeña está compuesto primordialmente por los factores ambientales o climáticos, el cual debe estar estructurado con el objetivo de brindar bienestar.

El sistema avícola desarrollado en Colombia, cuenta con alta tecnología, excelentes programas de nutrición y de alimentación, con animales mejorados genéticamente, los cuales son más sensibles a cualquier cambio en su entorno que genera una mayor exigencia para los sistemas de control ambiental en los galpones. Sin embargo, los sistemas de manejo empleados por los productores avícolas son los recomendados por las casas genéticas que establecen parámetros y guías de producción para líneas comerciales diseñadas para países o zonas con estaciones (6).

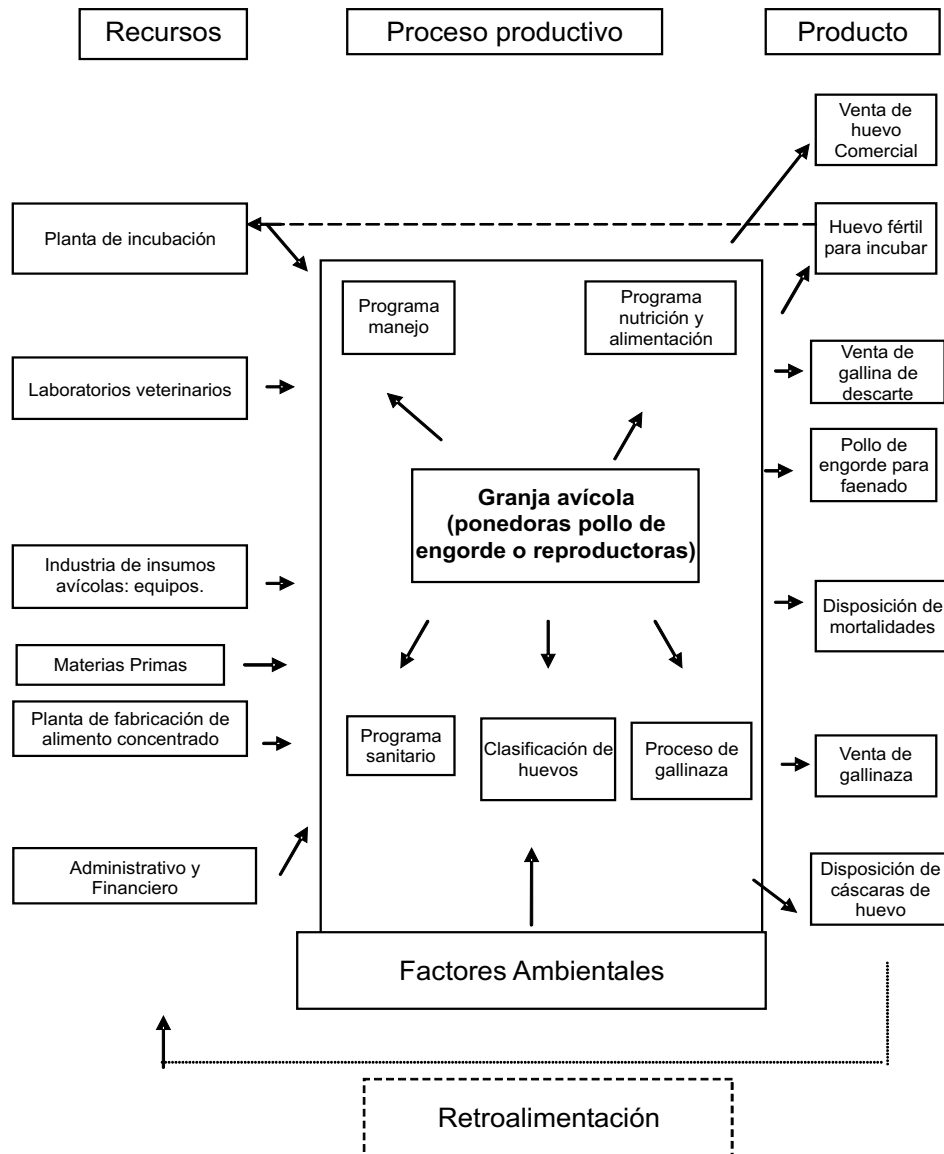
En Colombia no se han planteado estudios científicos que evalúen y determinen las zonas y los factores ambientales adecuados para el manejo de las líneas comerciales de pollos de engorde generalmente trabajadas. Con respecto a lo anterior, esta revisión

tiene el objetivo de resaltar las necesidades ambientales para la explotación del pollo de engorde en regiones tropicales con condiciones climáticas semejantes a las encontradas en Colombia, con la intención de determinar la zona termo neutral en la cual el ave lleva a cabo pequeños cambios en la producción calórica, permitiendo así que modelos de producción sean adecuados a cada tipo de zona climática.

Sistemas de producción avícola

Hoy en día, los sistemas avícolas, por su gran tecnología y especialización, son manejados con niveles

altos de integración vertical y horizontal (principalmente en las explotaciones de pollo de engorde, ya que en ponedoras este cambio apenas comienza), donde los subsistemas interactúan entre sí, llevando a cabo seguimientos de los rendimientos de cada elemento que integra el sistema de producción avícola; estos niveles de integración en la avicultura han generado economías de escala, lo cual la posiciona estratégicamente sobre otros renglones económicos, superando a sectores como el de la construcción, el banano, las flores y el café entre otros, posición que le permite al país mantener la seguridad alimentaria, con una gran generación de valor y empleo (18). La figura 1, representa el sistema general avícola en Colombia.



Fuente: Estrada y Sánchez (17)

Figura 1. Sistema general de producción avícola en Colombia

Entorno del sistema avícola

Los avances en las producciones avícolas, a nivel genético, nutricional, sanitario y de manejo e instalaciones, evidenciados en mejores crecimientos, mejores índices de conversión, mejores conformaciones (partes de la canal), entre otros, se ven perjudicados año tras año por los factores ambientales de las regiones tropicales (altas temperaturas y humedades relativas), cuyos efectos son económicamente significativos, viéndose afectados todos los parámetros productivos (7,9). El mejoramiento genético ha conllevado a la producción de aves menos resistentes, más vulnerables a cambios en el entorno, disminuyendo su productividad y por ende los resultados económicos, lo que quiere decir que hoy dependen más de un ambiente controlado (24,29).

En Colombia, existe gran variedad de pisos térmicos, en la mayoría de los cuales se explota el pollo de engorde, generalmente en galpones convencionales o abiertos sin ningún tipo de control ambiental (6). Estos pisos térmicos (principalmente en los pisos templados y cálidos) están comprendidos entre los 700 y 2000 msnm con temperaturas que oscilan entre los 18 y 24°C, con una humedad relativa de 65 a 75%, estas condiciones ambientales coinciden con las recomendadas por North y Bell (32), los cuales indican que para desarrollar un proyecto avícola se requiere de alturas comprendidas entre 0 y 2500 msnm y temperaturas entre 18 y 24°C y con variaciones de menos de 10°C en un periodo de 24 horas. A pesar de que en las regiones colombianas donde se explota el pollo de engorde tienen la temperatura recomendada, las variaciones de esta son mayores a 15°C en un lapso de 24 horas, lo cual afecta el rendimiento del animal (32,35).

Bioclimática

Aspectos sicrométricos en los sistemas de producción avícola

Los animales sobreviven si se desarrollan en un ambiente confortable y adecuado. El ambiente animal es la reunión de todas las condiciones externas que afectan el desarrollo, la respuesta y el crecimiento animal; los factores que afectan el ambiente se clasifican en factores físicos tales como el espacio, la luz, el sonido, la presión y el equipo; factores sociales como el número de animales; y factores técnicos, tales

como la temperatura del aire, la humedad relativa, el movimiento del aire, la radiación térmica, entre otros (36).

Los factores que afectan el ambiente animal, principalmente aquellos que tienen que ver con las características de vapor de agua y aire hacen parte del concepto de Bioclimática; la cual tiene por objeto la consecución de un nivel de confort térmico mediante la adecuación del diseño, la geometría, la orientación y la construcción del edificio a las condiciones climáticas de su entorno (36).

El proporcionar un ambiente de confort a los animales en las diferentes sistemas de producción, no sólo implica el diseñar las instalaciones y equipos que le garanticen bienestar al animal; se debe de tener un conocimiento exhaustivo de lo que sucede con las interacciones físicas de la materia ante los diferentes fenómenos climáticos, los cuales corresponden a las características que posee la mezcla de vapor de agua y aire y la transferencia de calor entre diferentes medios; el comportamiento de los fenómenos climáticos es denominado sicrometría (16,27,28).

Las características de vapor de agua y aire, comprenden las siguientes propiedades: la presión de vapor, la humedad relativa, la humedad absoluta, la temperatura (bulbo seco y bulbo húmedo) y la entalpía, las cuales pueden ser calculadas mediante ecuaciones matemáticas o pueden ser halladas mediante una herramienta de ingeniería denominada carta sicrométrica (28).

Carta sicrométrica. Para el cálculo de los procesos de secado y deshidratación se necesita continuamente el manejo de las propiedades del aire húmedo, por tal razón se han desarrollado unas cartas especiales en las cuales se puede hallar rápidamente cualquiera de las propiedades de este. En la actualidad existe un gran número de cartas sicrométricas, pero se diferencian unas de otras en la presión para la cual se hayan realizado. Por lo tanto, para cada lugar debe existir una, en el rango de temperaturas que abarque, en el número de propiedades que incluya y en la escogencia de sus coordenadas. Las cartas sicrométricas que más se utilizan son las desarrolladas por la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción y Acondicionamiento de Aire (ASHAE), con un rango de temperatura entre -40°F y 250°F (16,28,36).

Utilización de la energía por parte de los animales

La vida se puede considerar como una manifestación de la transformación de la energía, pues la existencia de estructuras ordenadas que son esenciales en el proceso viviente, dependen de la utilización de la energía libre (radiante y química) que se transforma a energía calórica (16,36).

Las aves son generadoras de calor, la cantidad de calor producido es medida en unidades térmicas británicas (BTU) o calorías. Un BTU es la cantidad de calor requerida para elevar 1 libra de agua en 1°F, cuando la temperatura del agua es 39°F. Una caloría es la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de 1g de agua desde 3.5 a 4.5°C. Un BTU es igual a 252 calorías (28).

El calor producido por las aves está determinado por los siguientes factores:

El tipo de ave. Los pollos de engorde de igual peso que las gallinas ponedoras, producirán gran cantidad de calor porque crecen más rápido y consumen más alimento por unidad de peso, lo que aumenta la producción de calor corporal (20).

La tasa de metabolismo basal. Es el calor desprendido por la realización de los procesos vitales. Es función del peso metabólico ($PV^{2/3}$), que es una corrección del peso vivo según la superficie (16,39). Aumenta por tanto con la edad y el peso, y por ello es más elevada en machos que en hembras de la misma edad (7,16,39).

Incremento de calor por ingestión de alimento. La realización de los procesos de digestión genera calor. Puede aumentar hasta un 20% del calor basal (7). El consumo de agua incrementa en climas cálidos y la sobrevivencia del ave depende del consumo de ésta en grandes cantidades. El consumo voluntario de alimento va disminuyendo en respuesta a la alta temperatura (12).

La actividad de alimentación y el metabolismo causado por la digestión y la asimilación del alimento incrementa la producción de calor en el animal. El incremento de calor es mucho mayor cuando la proteína es fuente de energía que cuando se utiliza carbohidratos y grasa. Así mismo, el incremento calórico es mayor al consumir proteína si la temperatura

ambiente es alta (31). Si el ambiente es frío la energía metabolizable es utilizada más eficientemente para los requerimientos de mantenimiento y producción. El incremento calórico se disminuye si el nivel de proteína en la dieta es bajo. Para los animales no rumiantes esto se podría lograr si se determinan los requerimientos exactos de los aminoácidos esenciales de la proteína ideal, la que debe producir un mínimo incremento calórico (31,40).

Los procesos fisiológicos. Estos mecanismos se ponen en marcha para compensar las variaciones de temperatura corporal, inducidas por los cambios de la temperatura ambiental también generan calor, en especial los necesarios para compensar las altas temperaturas (aumento del ritmo cardíaco y respiratorio), por lo que el ave puede emplearlos de forma limitada (7,35). A estos procesos básicos se debe añadir el calor generado por síntesis proteica en formación de tejido muscular y por actividad física, estimándose un aumento de calor hasta del 25% (35).

La temperatura ambiental. Las necesidades energéticas para la termorregulación aumentan a partir de 28°C. Por lo tanto, en los pollos que al final de la etapa de ceba soportan temperaturas altas, pueden darse situaciones de deficiencia energética por dos motivos: por la reducción del consumo de alimento y por el aumento de las necesidades energéticas para la termorregulación. En el caso de las temperaturas bajas, la compensación es más fácil, incrementando el consumo de alimento y modificando el comportamiento (agrupándose) (7,35).

La humedad relativa del aire. Indica la relación entre el peso del vapor de agua contenido en el aire y el peso de vapor de agua máximo que este aire puede contener a la máxima temperatura. La humedad dentro del galpón depende casi exclusivamente de características propias del galpón como, el número y el tamaño de las aves alojadas y por consiguiente por su proceso respiratorio, la densidad, la ventilación y la temperatura. En menor medida depende de la humedad ambiente (7,10,42).

Cuando la humedad relativa en el galpón excede el 70%, el volumen de humedad de la cama tiende a aumentar y conlleva a empeorar las condiciones ambientales. El objetivo debe ser mantener un nivel de humedad relativa en el galpón entre 50 y 70%, proporcionando aire suficiente y agregar calor cuando sea necesario. Una humedad del 60% sería adecuada (10,42).

Transferencia de calor y regulación de la temperatura somática profunda

El ave produce calor constantemente mediante los procesos metabólicos y la actividad física. El calor debe ser disipado ya que de lo contrario la temperatura corporal profunda aumentaría (34).

A diferencia de otros animales domésticos las aves no poseen glándulas sudoríparas para regular la temperatura corporal, de tal manera que la eliminación o transferencia de calor para llevar a cabo la termorregulación es por radiación, conducción, convección y evaporación de agua del tracto respiratorio (34).

Los métodos de transferencia de calor se describen a continuación:

Conducción. En las aves esta tiene lugar cuando un cuerpo caliente entra en contacto físico con otro frío (3,7,11). Se produce a través de las patas y el músculo pectoral cuando los pollos están tumbados, y se puede observar como escarban, se bañan en la cama o buscan zonas bajo los bebederos que están más húmedos para refrescarse (11,12,35).

Convección. El intercambio de calor por convección ocurre cuando partículas relativamente calientes de un fluido se mezclan con partículas más frías (16,28). En el ave, esta pérdida de calor ocurre cuando el aire que entra en contacto con esta, se calienta y se eleva, permitiendo que el aire más frío descienda y se caliente a su vez. Se puede distinguir entre convección natural, originada por el gradiente térmico entre animal y el aire que lo rodea y convección forzada, originada por la fuerza del viento o artificialmente, a través de ventiladores (3,7,35).

Radiación. Se refiere a la emisión continua de energía desde la superficie de todos los cuerpos y es transportada por ondas electromagnéticas. Es diferente de la conducción y la convección. Sin embargo, eso no depende de la materia de separación que transporta la energía. En efecto, el material que ocupa el espacio intermedio impide o retrasa el proceso de transferencia por radiación. Además, en contraste a los procesos de transferencia de calor por conducción y convección los cuales son afectados por la diferencia de temperatura y muy poco por el nivel de temperatura, la emisión de calor por radiación aumenta rápidamente cuando aumenta el nivel de temperatura (27,28).

Cuando la temperatura ambiente está entre los 28 y los 35°C la radiación, la conducción y la convección son suficientes para mantener la temperatura corporal del ave, ello se ve favorecido por un mecanismo de vasodilatación superficial, así como a nivel de las barbillas y de la cresta (24,26,32).

La suma del calor perdido por los tres primeros sistemas se denomina calor sensible, es una medida de la energía que acompaña un cambio de temperatura y representa solamente una parte del calor intercambiado en el calentamiento de una sustancia dada, una parte del calor total puede ser absorbido como calor de vaporización o en un cambio de volumen de la sustancia (27).

El calor sensible puede representar entre 50 – 75% de las pérdidas totales de calor, siendo más elevado cuanto más baja es la temperatura. La suma del calor perdido por los distintos medios de evaporación de agua se denomina calor latente o insensible. La disipación del calor sensible se produce especialmente a bajas temperaturas, mientras que la del calor latente adquiere su máxima importancia en época calurosa (7).

Pérdida latente de calor (jadeo). A medida que la temperatura ambiente se va acercando a la temperatura del ave los tres mecanismos citados se muestran ineficaces para regular la temperatura corporal por lo que entra en marcha este cuarto mecanismo (3,7). La temperatura elevada provoca en el ave un aumento de la tasa respiratoria y el flujo sanguíneo para aumentar el enfriamiento por evaporación (por cada gramo de agua que se evapora se disipan 540 calorías de energía). La eliminación del calor por evaporación de agua del tracto respiratorio, puede inducir a una alcalosis respiratoria, pues el ave al expirar pierde el dióxido del carbono excesivo (CO₂). Como resultado, los fluidos corporales se vuelven alcalinos, causando que los riñones excreten grandes cantidades de electrolitos (3,7,35).

Cuando la temperatura ambiente asciende sobre los 28°C las aves comienzan a jadear para eliminar el calor por evaporación (calor latente). Este proceso es efectivo cuando el ambiente está seco. Si el aire circundante es húmedo la capacidad que tiene éste de absorber calor disminuye notablemente. A veces basta que la humedad se posicione en 70% para que se produzca este fenómeno, el ave no logra eliminar el exceso de calor, comienza a jadear en exceso abriendo el pico y finalmente muere (8,20,42).

Como orientación para poder identificar en que momento se inicia el estrés por calor, independientemente de la observación de los pollos, se establece en aquel en que la suma de la temperatura y de la humedad relativa es de 105, siendo así la temperatura superior a 27°C y una humedad relativa alrededor del 78% (11,20,24).

Requerimientos ambientales para el pollo de engorde

Las aves domésticas son de sangre caliente (homeotérmicos), con capacidad de conservar la temperatura de sus órganos internos de manera bastante uniforme; sin embargo, este mecanismo es homeostático y sólo es eficiente cuando la temperatura ambiental se encuentra dentro de ciertos rangos. Por tanto, las aves no pueden adaptarse a las temperaturas extremas, y es importante que a los pollos se les brinde un ambiente que les permita conservar su equilibrio térmico (32).

Temperatura somática profunda. Las aves muestran la mayor variabilidad que la de los mamíferos, porque no hay temperatura absoluta. En el ave adulta, la variabilidad está entre 40.6° C y 42°C (32). La temperatura corporal se mide en el recto, en este lugar, el termómetro marca en un pollito de un día 37.6°C. La temperatura de incubación es 37.6°C, eso demuestra que cuando nacen y durante los primeros 21 días aún no pueden regular su temperatura corporal y son considerados heterotermos (15). A partir de los 22 – 35 días de edad, su temperatura corporal aumenta hasta estabilizarse en 41 a 42°C, momento en el cual son homeotermos, pueden entonces controlar su temperatura (15,22,34). Este proceso de control de la temperatura corporal es acompañado por el crecimiento de las plumas. Cuando nacen sólo tienen plumón, pero a partir de los 21-30 días están emplumados completamente lo que aumenta la protección contra el frío porque estas actúan como una barrera (12,14,34).

Durante los primeros días es importante que el pollo se halle bajo una fuente de calor dado que es muy poco eficiente para mantener su temperatura corporal; además, debido al bajo peso, produce una cantidad reducida de calor sensible (12,25,34). La fuente de calor debe brindar un ambiente de 32°C, una temperatura más elevada causa deshidratación, afectando su desarrollo, y temperaturas inferiores a

los 30°C interfieren con la absorción del saco vitelino evitando protección inmunitaria durante los primeros días de vida (19).

Zona de neutralidad térmica

Se conoce con el nombre de zona neutral térmica aquellos límites de temperatura ambiente entre los cuales el ave lleva a cabo pequeñísimos cambios en la producción calórica. Es también llamada zona de confort térmico. Dentro de esta zona, la temperatura orgánica está regulada por variaciones en la pérdida de calor. Cuando la temperatura ambiente se eleva por encima o cae por debajo de los límites de la zona de neutralidad térmica (temperatura crítica superior o temperatura crítica inferior, respectivamente), se incrementa la producción calórica (25,35).

Existe una zona en la cual el ave no tiene que poner en marcha ningún mecanismo para ajustar su temperatura a la del medio, esta zona es muy estrecha en los pollitos (32 a 35°C) y mucho más amplia en el pollo de 4 – 6 semanas de edad, de acuerdo a Anderson y Carter (3) el rango es desde 12.7 a 23°C, Orozco (33), Castro (9), Dagher, Etches *et al* (12) proponen un rango de 15 a 25°C, Álvarez, *et al* (1,2), Lahoz (24), May y Lott (29), North y Bell (32), Zevallos (42) concluyen que donde se obtienen los mejores rendimientos en conversión es dentro de un rango de 18 a 26°C. Se produciría una situación de estrés si el ave tuviera que poner en marcha algún mecanismo para regular su temperatura. Temperaturas demasiado altas o demasiado bajas no solo retardarán el crecimiento, sino que también pueden matar a las aves (véase Tabla 1).

Tabla 1. Temperaturas recomendadas para los pollos

Período	Calefacción local		Calefacción ambiental en °C (*)
	Bajo la fuente de calor en °C	En el galpón en °C	
Dos primeros días	35-37	24-27	32-34
Resto de la primera semana	32-34	23-26	29-31
Segunda semana	29-31	22-25	26-28
Tercera semana	26-28	21-24	23-25
Cuarta semana	23-25	20-23	20-22
Quinta semana	20-22	19-21	19-21

Fuente: Zevallos (42)

(*) : temperaturas medidas a la altura de las aves

Control nervioso de la termorregulación

El mantenimiento de una temperatura orgánica que varía muy poco a pesar de las grandes variaciones en la actividad y en la temperatura ambiental, requiere un exacto sistema de control. Este sistema debe regular al mismo tiempo la producción y la pérdida de calor y en las aves está constituido fundamentalmente por células nerviosas del hipotálamo.

La producción de calor de las aves puede incrementarse por enfriamiento directo del cerebro o por estimulación de los receptores del frío, lo cual pone de manifiesto un control nervioso central de la producción de calor en el ave. El enfriamiento de la piel sólo puede ser suficiente para incrementar la producción calórica, presumiblemente por un reflejo nervioso (35,39).

Las lesiones bilaterales del hipotálamo previenen la usual respuesta del jadeo al calor en las aves, al igual que afectan las respuestas de comportamiento al calor. Al parecer las aves, a diferencia de los mamíferos, no pueden ser inducidas al jadeo por el calentamiento de la piel, en ausencia de un incremento de la temperatura de los centros termorreguladores del encéfalo (35,39).

La tolerancia al estrés térmico se puede obtener sometiendo a los embriones a periodos de estrés por calor durante la incubación, de esta forma se puede mejorar la capacidad de los pollos para adaptarse a condiciones de alta temperatura (13,30). La figura 2, representa las interacciones del sistema nervioso ante los estímulos de la temperatura.

Desempeño fisiológico y productivo de las aves a las altas temperaturas

Estrés por calor. El estrés climático está constituido por las condiciones ambientales relacionadas con el clima que afectan perjudicialmente la productividad de las aves. Estas son parcialmente las temperaturas ambientales muy cálidas o demasiado frías, pero también pueden incluir condiciones de mucha humedad o, por el contrario, un ambiente demasiado seco, un bajo índice de oxígeno a causa de un exceso de altitud o ventilación deficitaria, y un exceso de contaminación debido al polvo, el amoníaco o a otros gases (1,2).

El estrés agudo tiene lugar cuando las condiciones climáticas cambian radicalmente por un breve lapso, generalmente sólo por unos pocos días. Un aumento de la temperatura de 10°C o más en pocas horas puede provocar la muerte de los pollos. El estrés crónico producido por altas temperaturas, cuando estas vienen acompañadas por una humedad relativa extremadamente alta o baja, deprime el crecimiento de los pollos (1,2).

Asimismo, el estrés por calor ejerce un fuerte efecto negativo sobre el crecimiento de los pollos, la eficiencia alimenticia y el rendimiento de la carne. Ocurre entonces un cambio en el pH sanguíneo, provocando disminución del consumo voluntario, lo que se traduce en bajo crecimiento, disminución en los rendimientos productivos y alta tasa de mortalidad. Durante las épocas de verano, las pérdidas de calor por medio de la evaporación (jadeo), se convierten en el principal método de disipar el calor corporal (3,12).

Un ave expuesta a temperaturas ambientales internas del galpón sobre 27°C, usualmente empezará a jadear, produciendo evaporación de agua del aire y de los pulmones. A temperaturas de 32°C y superiores, las aves reducirán el consumo de alimento afectándose la producción. Con temperaturas internas de 38°C o más, las aves comenzarán a reposar en el piso buscando aire fresco. En estos casos se puede esperar mortalidad de las aves más pesadas y por lo tanto un buen sistema de ventilación debe ser capaz de bajar ésta temperatura (12,34,39)

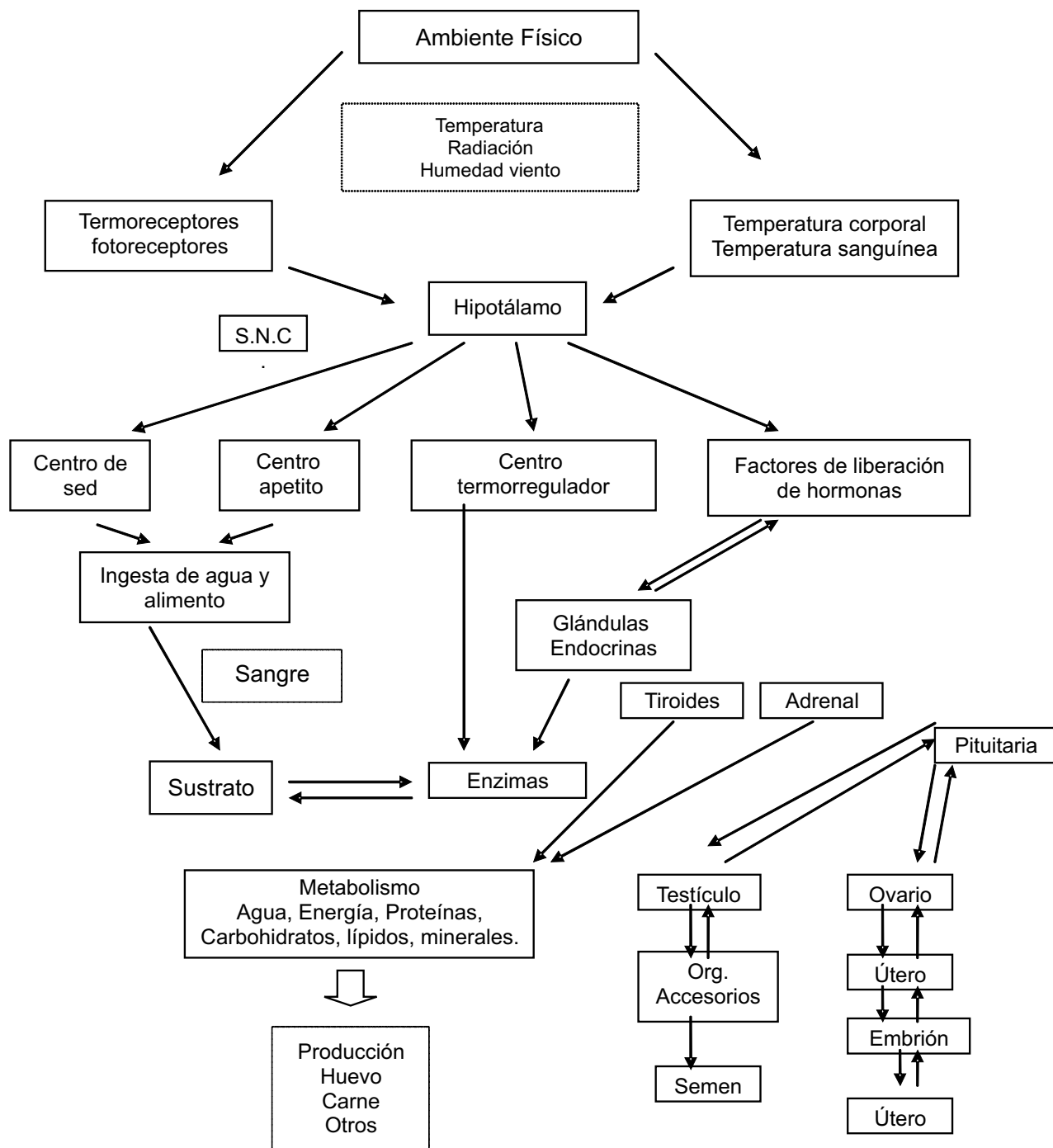
Los efectos de la temperatura se evalúan con relación al comportamiento productivo del animal y se evidencian en el consumo de alimento y agua. A medida que aumenta la temperatura disminuye el consumo de alimento y aumenta el consumo de agua, lo que conlleva a desmejorar el índice de conversión alimenticia (34).

Todo tipo de estrés genera una respuesta adaptativa, ya sea de comportamiento neural u hormonal, para tratar de reducir el impacto del estrés. Existen tres estados de respuestas no específicas, en los cuales se genera glucogenolisis, gluconeogenesis y agotamiento de las reservas del organismo: 1. Reacción de alarma. 2. Estado de resistencia y 3. Estado de fatiga (20,35).

Bajo estrés calórico, la temperatura interna de las aves se eleva, lo cual puede ser fatal. La regulación de la temperatura corporal para la producción de calor

y pérdida de este ocurre siempre a través del sistema nervioso central y los nervios periféricos (8), de tal forma que mecanismos de tipo nervioso y endocrino toman parte de las respuestas que da el organismo.

Así, por ejemplo, la parte anterior del hipotálamo está directamente involucrada en la respuesta al ambiente cálido (jadeo) e incrementa el flujo de la sangre periférica (9,12,35).



Fuente: Structures and Environment Handbook (39).

Figura 2. Interacción del sistema nervioso ante los estímulos del ambiente.

Respuesta fisiológica al calor: hipertermia

La temperatura de la piel subyacente a las partes emplumadas del cuerpo está muy próxima a la temperatura somática profunda, en un amplio margen de temperaturas ambientales. Sin embargo, la temperatura cutánea de las extremidades sin plumas es muy inferior a la de las zonas emplumadas. Cuando aumenta la temperatura ambiente, la temperatura cutánea de las áreas emplumadas no aumenta mucho, de forma que se produce poca pérdida calórica en estas zonas. Sin embargo, la temperatura cutánea de las zancas, crestas y barbillas, aumenta considerablemente y debe incrementarse la pérdida calórica a partir de ellas; esto se debe fundamentalmente al incremento del flujo sanguíneo en los órganos interesados (22,35).

Los cambios fisiológicos y metabólicos como efectos del estrés calórico

La exposición crónica o aguda al calor, manifiesta un estado de estrés que afecta el metabolismo y causa lesión al endotelio vascular y, consecuentemente, altera la permeabilidad vascular y se produce edema, pulso rápido, temblores musculares y colapso. Además, sobre un límite térmico tiene lugar la desnaturalización de proteínas (43) y de enzimas, afectando las membranas y conduciendo a cambios en sus características y permeabilidad, con pérdida de constituyentes celulares (8) y reducción de los mecanismos naturales de defensa o inmunosupresión (7,12,40)

Las aves expuestas a un calentamiento brusco y que exhiben hipertermia, experimentan una disminución de la presión sanguínea arterial y de la resistencia periférica total de los vasos al flujo sanguíneo, en parte como un resultado de la vasodilatación que se produce en las extremidades, particularmente después de que la temperatura somática haya alcanzado los 45°C, temperatura sobre la que se produce una caída brusca de la presión sanguínea (35,37,38).

Un aumento del gasto cardíaco y del volumen sanguíneo asegura el aumento de la velocidad del flujo sanguíneo a través de las extremidades y también a través de las áreas evaporadoras del aparato respiratorio y de los músculos respiratorios que intervienen en el jadeo (35). El aumento de la frecuencia cardio-respiratoria, pasa de 20 ciclos por minuto hasta 200 – 250, debido a la mayor demanda de oxígeno y a la necesidad de refrigeración

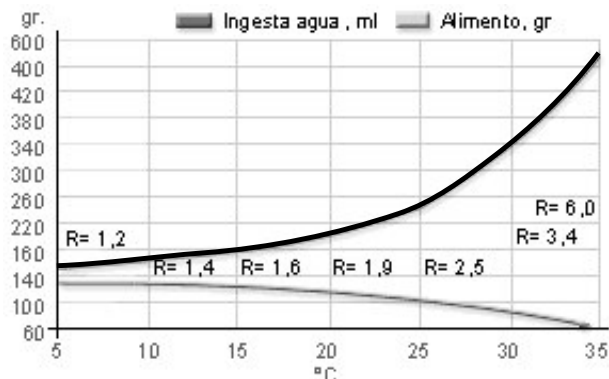
evaporativa. Otro resultado del aumento en el ritmo respiratorio es la alcalosis respiratoria producida por el descenso del nivel sanguíneo de dióxido de carbono y aumento en el nivel del pH sanguíneo (8).

Cambios en la actividad enzimática, por causa de la modificación del pH. Debido a la estimulación de la hipófisis, se produce un aumento de la producción de hormona adrenocorticotropica (ACTH), que a su vez estimula a la corteza adrenal a producir más glucocorticoides, con efectos sobre el metabolismo de carbohidratos y proteínas (37).

Alteración del balance de iones y de la presión osmótica. El estado de alcalosis hace necesaria una mayor absorción de iones H⁺, compensada por una mayor excreción de potasio, con fuertes pérdidas del mismo. La disminución sanguínea de CO₂ limita la obtención del ión bicarbonato. Por otra parte, se produce gran aumento de la excreción urinaria de agua, como mecanismo adicional para aumentar las pérdidas evaporativas de calor, lo que es reflejo del incremento del consumo de agua (35), que aumenta las pérdidas de otros electrolitos, lo que trae como consecuencia la deshidratación (4,23,45).

Se presenta una reducción de la absorción intestinal de nutrientes y de la velocidad de tránsito. Esto es consecuencia del menor aporte sanguíneo al hígado, riñones e intestinos. Un periodo largo de hipertermia produce cambios de las actividades enzimáticas — alanina y aspartato aminotransferasas, fosfatasa alcalina, creatina quinasa, deshidrogenasa láctica, γ -glutamyltransferasa, proteína de choque térmico (Hsp 70) — en los tejidos (corazón, músculos pectorales, cerebro, riñón, hígado y pulmón), donde los tejidos más implicados son el corazón y el riñón. Estos cambios en la actividad y en los niveles enzimáticos se manifiestan más en machos que en hembras (8,21), lo que se puede atribuir a la diferencia en la proporción de crecimiento y peso del cuerpo, y los requisitos metabólicos mayores de los machos comparado con las hembras.

Reducción del consumo de alimento. Más del 75% de la energía metabolizable consumida por los pollos se convierten calor. De ahí que, al aumentar la temperatura de 22 a 32°C, el consumo de alimento disminuye en un 36%, en consecuencia se presenta la disminución de la producción de calor endógeno como mecanismo de la adaptación al calor y por lo tanto, la tasa de crecimiento disminuye en 1.5% (41) (véase Figura 3).



R= Regulación agua / alimento.

Fuente Zevallos (42)

Figura 3. Efectos de la temperatura ambiente en el gallinero sobre el consumo de agua y de alimento

Calidad de la canal. El contenido graso de la canal aumenta al elevarse la temperatura, disminuyendo su contenido de humedad. El ave estresada por calor no sólo es más liviana sino que también tiene más grasa total y abdominal, aumentadas en un 0.8 y 1.6%, respectivamente, por cada grado de incremento de la temperatura ambiental. Esta respuesta lipogénica puede ser otra forma de aclimatación ya que su efecto neto es la producción de menos calor (40).

Cambios o reacciones de comportamiento. Las aves buscan zonas más frescas, adoptan posturas particulares (extensión de extremidades, se entierran en la cama). Con la vasodilatación periférica, reducen la temperatura de los órganos reproductivo y digestivo, dirigiendo un mayor flujo de sangre a la piel del dorso y hacia el pecho, crestas, barbillas, lengua, laringe y traquea, para favorecer la eliminación de calor sensible (44). El flujo de sangre hacia los músculos abdominales que están involucrados en la respiración, se puede incrementar hasta un 400% durante el estrés por calor (8).

En los últimos estadios de la hipertermia, cuando disminuye la frecuencia respiratoria y aumenta el volumen respiratorio, disminuye el gasto cardíaco y la presión sanguínea. El fallo circulatorio es, por lo tanto, una de las causas que contribuyen a la muerte del ave (35,37,38). La antidiuresis propia de las altas temperaturas ambientales es causada al parecer por la descarga de hormona antidiurética en respuesta al aumento de la temperatura superficial de la piel (5).

Expectativas de investigación

La avicultura destinada a producir pollos de engorde, ha alcanzado grandes avances en las respuestas productivas, dada la alta calidad genética de los animales con que se trabaja, logrando ser muy eficientes para convertir diferentes alimentos en proteína animal. Pero no es suficiente tener un alto potencial genético, este se debe evaluar bajo la influencia de los factores ambientales.

Una serie de problemas fisiológicos, metabólicos y de manejo surgen a partir de los efectos de exposición a condiciones de temperatura y humedad relativa que sobrepasan los límites de la zona de confort térmico, dificultando así la disipación de calor, incrementando consecuentemente la temperatura corporal del ave, como efecto negativo sobre el desempeño productivo.

La zona termo neutral o de confort, dentro del cual el pollo de engorde de más de cuatro semanas de edad no presenta pequeños cambios en la producción calórica, no es determinada por un rango exacto, pues de acuerdo con lo reportado por diferentes autores estos rangos pueden ir desde los 12 – 24°C, 15 – 26°C, 18 – 24°C; todos estos reportes son hechos en zonas de países no tropicales (3,12,29).

Actualmente, en Colombia la producción de pollo de engorde se desarrolla en zonas climáticas comprendidas entre los 700 y 2000 msnm con temperaturas que oscilan entre los 18 y 24°C, con una humedad relativa de 65 a 75%, estos rangos ambientales coinciden con lo reportado por la literatura (2,24,29), pero el factor adverso radica en que las condiciones climáticas de dichas zonas presentan fluctuaciones de más de 15°C en cortos periodos de tiempo (24horas). Ante estos cambios el animal requiere de adaptaciones fisiológicas, metabólicas y productivas, presentando resultados de bajos rendimientos y muchas veces hasta la muerte. Surge entonces la necesidad de implementar investigaciones sobre el efecto del entorno ambiental en el ave y las adaptaciones o modificaciones del entorno físico, que le aporte el nivel de confort de acuerdo a las necesidades productivas.

En dichas investigaciones es importante el uso de herramientas ingenieriles como la sicrometría, que

permita evaluar las diferentes características físicas del ambiente (temperatura, humedad relativa, entalpías, entre otras) y determinar las pérdidas de calor producidas por el ave ante los cambios ambientales.

Las investigaciones a nivel ambiental y productivo del pollo de engorde, pueden aportar información para mejorar y lograr optimizar los modelos de producción adecuados a cada zona climática.

Summary

Environmental factors and the Interaction with the answer of productive behavior in broilers

The modern poultry keeping, as any other industry, has the profitability as a north, and in a market so competed as the one that has imposed the economy globalization, the producers don't have different option than looking for the maximum of efficiency; therefore, in order to chickens express the maximum productive potential of its genetic, it is indispensable to manage an appropriate environment that provides them the appropriate environmental conditions. The temperature, humidity, quality of the air, these are some of the environmental factors to keep in mind during the productive period of the domestic birds.

Key words: *humidity, productive yield, temperature.*

Referencias

1. Álvarez MR, Delgado TC, Aenlle FL, Bouza ML. Diseño optimizado desde el punto de vista del confort para una nave albergue de gallinas ponedoras en Cuba. 2000. URL: [http://www.met.inf.cu/Memorias/Paginas/Articulos/Cubanos\(PDF\)](http://www.met.inf.cu/Memorias/Paginas/Articulos/Cubanos(PDF))
2. Álvarez MR, Delgado TC, Aenlle FL, Álvarez L. Efectos de la temperatura del aire, la humedad relativa y el viento sobre la explotación comercial de aves y su mitigación. Instituto de Meteorología, Cuba. 2002. URL: [http://www.met.inf.cu/Memorias/Paginas/Articulos/Cubanos\(PDF\)/Rosendo_Alvarez1.pdf](http://www.met.inf.cu/Memorias/Paginas/Articulos/Cubanos(PDF)/Rosendo_Alvarez1.pdf)
3. Anderson KE, Carter T. Hot weather management of poultry. North Carolina State University. 1998. URL: www.ces.ncsu.edu/depst/puolsci/techinfo/4Pst30.htm
4. Arshamia J, Nameghi ARH. The physiological effects of NH Cl, KCl and NH Cl + KCl on blood electrolytes, pH and mortality rate of chicks under acute heat stress. Animal physiology, Department of animal science, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. Iranian J. Agric Sci. 1998; 29 (2):335 -344.
5. Azahan E, Sykes AH. The effects of ambient temperature on urinary flow and composition in the fowl. J. Physiol 1980; 304(7):389 -396.
6. Bedoya EJ, Nuñez EM, Mendez L. Los municipios avícolas. Programa de estudios económicos de Fenavi fonav. Rev. Avicultores. 2001; 72(3): 8-12.
7. Belles MS. Instalaciones y manejo del broiler en situaciones de estrés calórico. SA. 2002; XLIV (7):447 - 468.
8. Bohin E, Peh HC, Avidar Y, Israeli B. Sex and genotype dependence on effects of long-term high environmental temperatures on cellular enzyme activities from the chicken organs. Avian Pathology. 1997; 26 (3): 511 - 513.
9. Castro E. El ambiente controlado en la industria avícola. Climatización de galpones. Rev. Avicultores. 2001; 78 (9): 25 - 32.
10. Defra. Air change rate and house environment. Poultry litter management. 2000. URL: <http://defra.gov.uk>
11. Dagher NJ, Ernst RA. Housing for improved performance in hot climates. Poultry production in hot climates. Faculty of Agricultural Science United Arab Emirates University. Ed. Cab International. 1995.
12. Dagher NJ, Etches RJ, John TM, Verrinder AM, Gibbins. Behavioural, physiological, neuroendocrine and molecular responses to heat stress. Poultry production in hot climates. Faculty of Agricultural Science United Arab Emirates University. Cab International. 1995.
13. De Basilio V, Requena F, Leon A, Vilarino M, Picard M. Early age thermal conditioning immediately reduces body temperature of broiler chicks in a tropical environment. Poult. Sci. 2003; 82 (8): 1235 - 1242.
14. Deeb N, Cahaner A. The effects of naked neck genotypes, ambient temperature, and feeding status and their interactions on body temperature and performance of broilers. Hebrew University of Jerusalem, faculty of Agriculture. Israel. Poult. Sci. 1999; 78 (10): 1341-1346.
15. Donald J. El abc de la ventilación en galpones avícolas. Tendencias en el control ambiental en granjas avícolas. Rev. Ind. Avícola. 1997; 15 (3): 25 -26.
16. Esmay ML. Psychrometrics. Principles of animal environment. Environmental engineering in agriculture and

- food series. The AVI publishing company, inc. Westport, Connecticut. 1969.
17. Estrada PM, Sánchez GC. Estructuración técnica de alternativas para el manejo del componente ambiental en explotaciones avícolas de producción de huevo comercial. Monografía. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia. Medellín. 2000.
 18. Fenavi. Ayudas de memoria. Documento especial. Rev. Avicultores. 2002; 82 (2): 16 – 21.
 19. Fernández TR. Factores que afectan la conversión alimenticia en pollos de engorde. Winco Cala Venezulela. XII Congreso latinoamericano de avicultura. 1991; p.64 -75.
 20. Gainesville G, Gingerich EN, Donald J. Influencia del calor en aves de carne y huevos. Control y manejo. URL: www.visionveterinaria.com/prion/avescalor.html.
 21. Givisiez PE, Ferro JA, Ferro MT, Kronka SN. Hepatic concentration of heat shock protein 70 kD (Hsp 70) in broilers subjected to different thermal treatments. Br. Poultry Sci. Abington: 1999; 40 (2): 295 -300.
 22. Hamrita TK, Lacey B. Deep body temperature responses to ambient temperature and relative humidity. American Society of Agricultural Engineers. Annual International Meeting. Canada. 1999. 12p.
 23. Havat J, Balnave D, Brake J. Sodium bicarbonate and potassium bicarbonate supplement for broilers can cause poor performance at high temperature. Br. Poult. Sci. Abington. 1999; 40(3): 411 -419.
 24. Lahoz FD. Control ambiental en galpones de pollos. Universidad de la Almunia. Zaragoza. España. 2002. URL: www.engormix.com
 25. Lecha L. Condiciones climáticas para la producción avícola. Rev. Cub. Cienc. Avíc. 1992; 19 (2): 7-10.
 26. Madruga M. La temperatura y sus efectos en el rendimiento de los pollos de Cuba. Rev. Cub. Cienc. Avíc. 1998; 32 (4):301 -307.
 27. Márquez GS, Monsalve GJ. Transmisión de calor. Documento. Universidad de Antioquia. 2002.
 28. Márquez GS, Monsalve GJ. Nociones de sicrometría. Documento. Universidad de Antioquia. 2001.
 29. May JD, Lott BD. Relating weight gain and feed: gain of male and female broilers to rearing temperature. Poult. Sci. 2001; 80: 581 -584.
 30. Moraes VM, Malheiros RD, Bruggeman V, Collin A, Tona K, *et al.* Effect of thermal conditioning during embryonic development on aspects of physiological responses of broilers to heat stress. J. Thermal Bio. 2003; 28 (2): 133 - 140.
 31. Musharaf NA, Latshaw JD. Heat increment as affected by protein and amino acid nutrition. Department of Animal Science. Ohio State University. USA. World's Poult. Sci. J. 1999; 55 (3): 233 -240.
 32. North MO, Bell DD. Manual de producción avícola. El manual moderno, S.A. Mexico, D.F. 1998.
 33. Orozco R. Ambiente controlado en galpones avícolas. Venezuela avícola. URL: www.agroparlamento.com
 34. Pedersen S, Thomsen MG. Heat and moisture production of broilers kept on straw bedding. Research Centre Bygholm, Danish Institute of Agricultural Science. Horsens, Denmark. J. Agric. Eng. Res. 2000; 75 (2): 177 -186.
 35. Quiles A, Hevia ML. Fisiologismo de la termorregulación en las gallinas. Departamento de producción animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. España. 2003. URL: www.portalveterinaria.com.
 36. Quiñónez MB. Bioingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1982.
 37. Scott JT. Influence of stress upon poultry performance. Roche information service. Animal Nutrition Department. New Hampshire. Poultry Health Conf. 1978.
 38. Soria HJ. La disnea, recurso de las aves frente a la hipertermia, como signo para valorar los sistemas estivales de control ambiental. Selecciones Avícolas. 2002. URL: www.avicultura.com/docsav/SA2002feb083-087.pdf
 39. Structures and environment handbook. 11th ed. Midwest plan service. USA.1983.
 40. Wiernusz C, Cobb-Vantress. Poultry Industry. Influence of improved genetics on the nutrient and environmental requirements of broilers. USA.1996. URL: www.engormix.com/e_poultry_industry.asp
 41. Zarate AJ, Moran ET, Burnham DJ. Exceeding essential amino acid requirements and improving their balance as a means to minimize heat stress in broilers. J. App. Poult. Res. Savoy: 2003; 12 (1): 37.
 42. Zevallos MG. Condiciones ambientales. 2001. URL: www.agroconnetion.com
 43. Zhou WT, Chaiyabutr N, Fujita M, Yamamoto S. Distribution of body fluid and change of blood viscosity in broilers (*Gallus domesticus*) under high temperature exposure. J. Thermal Bio. 1999; 24 (3): 193 -197.
 44. Zhou WT, Fujita M, Yamamoto S. Thermoregulatory responses and blood viscosity in dehydrated heat-exposed broilers (*Gallus domesticus*). J. Thermal Bio. 1999; 24 (3): 185 – 192.
 45. Zhou WT, Fujita M, Yamamoto S. Effects of ambient temperatures on blood viscosity and plasm protein concentration of broiler chickens. J. Thermal Bio. 1999; 24 (2): 105 – 112.