

ESTRATEGIAS PARA COMBATIR EL ESTRÉS CALÓRICO EN POLLOS. PARTE I

Strategies to Combat the Heat Stress in Broilers. Part I

Vasco A. De Basilio

*Instituto de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela,
Campus Maracay, Maracay 2101, Aragua, Venezuela*

Correo-Vascodebasilio@gmail.com

Recibido: 09/10/19 - Aprobado: 29/11/19

RESUMEN

Mundialmente, la carne de pollo es una de las más importantes fuentes proteicas, con un crecimiento sostenido en años recientes. En Venezuela, constituye un aporte alimenticio importante para la población, pero la crisis económica ha afectado su desarrollo, por su dependencia de materias primas importadas y del material genético. Además, un factor limitante del crecimiento avícola lo constituye el estrés calórico (EC). Esto cobra suprema importancia, dados los pronósticos de aumento de la temperatura del planeta, derivados del calentamiento global. Esta revisión compiló parcialmente, la información generada y la existente en la literatura, para profundizar en la comprensión del EC en pollos de engorde. El EC puede separarse en dos componentes: agudo (ECA) y crónico (ECC), minimizándose en este último el riesgo de muerte, por los eficientes mecanismos de adaptación que posee el pollo, pero afectándose principalmente variables productivas como consumo alimenticio y peso vivo, que disminuyen, deteriorándose la eficiencia productiva. Las condiciones ambientales del ECA son tan extremas, que el ave no controla su temperatura corporal, provocando alteraciones metabólicas y fisiológicas, conducen a su muerte. Para poder responder a las interrogantes del

ABSTRACT

Chicken meat is one of the most important sources of protein worldwide, with sustained growth in recent years. In Venezuela, it constitutes an important food contribution for the population, but the economic crisis has affected its development, due to its dependence on imported raw ingredients and genetic material. In addition, heat stress (HS) is a limiting factor for poultry growth. This is of paramount importance, given the forecasts of increased global temperature resulting from global warming. The information generated and that existing in the literature was partially compiled in this review, to deepen the understanding of HS in broilers. HS can be separated into two components: acute (AHS) and chronic (CHS), minimizing the risk of death in the latter, by the efficient adaptive mechanisms that the broiler has, but affecting mainly performance variables such as food consumption and live weight, which decrease, deteriorating the production efficiency. The environmental conditions of HS are so extreme that the broiler does not control its body temperature, causing metabolic and physiological disorders that lead to its death. In order to answer the questions of why all broilers do not die from HS and what differences exist between chickens that generate greater or lesser resistance, some

¹ A quien debe dirigirse la correspondencia (To whom correspondence should be addressed)

por qué no se mueren todos los pollos por EC y cuáles diferencias existen entre pollos más y menos resistentes al EC, se describieron algunos métodos desarrollados para medir sus respuestas ante el EC. El poder establecer relaciones entre respuestas productivas, conductuales, fisiológicas y metabólicas en experiencias donde se miden simultáneamente todos estos factores, ha permitido crear estrategias efectivas para reducir el EC. Entre estas estrategias tenemos aquellas relacionadas con el ambiente (ventilación, nebulización, etc.); otras con el pollo, con inducciones sobre el ave, como la aclimatación precoz, tardía o embrionaria; y otras relacionadas con el manejo de las densidades o la iluminación. En general, aún no hay respuestas concretas a las preguntas formuladas anteriormente, pero hemos avanzado en el conocimiento de los procesos que se dan en el ave. En conclusión, todavía hay mucho que investigar porque el pollo de engorde de hoy en día cambia sus capacidades genéticas muy rápidamente, por lo que estudiar nuevas líneas comerciales ha de ser permanente, y deben seguirse evaluando nuevas estrategias, o mejorar las existentes, para lograr mejores resultados en la protección de los pollos de engorde contra la muerte por calor.

(Palabras clave: Pollos; estrés por calor; estrategias de manejo)

INTRODUCCIÓN

Cuando nos referimos a la palabra estrés, pareciera que estamos refiriéndonos a efectos adversos, pero no siempre es así. Los mecanismos de adaptación de animales y humanos pasan inicialmente por un estrés que los condiciona. En este trabajo se hará un enfoque amplio del estrés, haciendo énfasis en el estrés térmico o por calor. Este tema cobra mucho interés no solo para la cría con aves, sino para el resto de las crías animales y para los humanos. Además, el problema del estrés calórico parece ser a escala mundial, con base en las afirmaciones del calentamiento global. Houghton *et al.* [1] afirman que el promedio de temperatura ambiente (TA) en la superficie de la Tierra ha aumentado en 0,6 °C, durante el siglo XX. Más aún, los eventos extremos de veranos intensos van a aumentar su incidencia, según lo han planteado Mann *et al.* [2] en

methods developed to measure their responses to HS were described. The ability to establish relationships between productive, behavioral, physiological and metabolic responses in experiences where all these factors are measured simultaneously has allowed the creation of effective strategies to reduce HS. These strategies include those related to the environment (ventilation, nebulization, etc.); others to broilers, with inductions such as early, late or embryo acclimatization; and others related to the management of densities or lighting. In general, there are still no precise answers to the questions posed above, but we have advanced in the knowledge of the processes that occur in the broiler. In conclusion, there is still a lot of research to be done because today's broiler changes its genetic capacities very quickly, so new commercial lines have to be studied permanently, and new strategies must continue to be evaluated, or improve the existing ones, to achieve better results in the protection of broilers against heat death.

(Key words: broilers, heat stress, management strategies)

trabajos recientes. Esto indica que los golpes de calor en aves y humanos serán más frecuentes. Aunado a ello, en el caso de la avicultura, se están generando materiales genéticos de alta calidad, a través de casas comerciales transnacionales como Aviagen, cuya capacidad productiva aumenta año tras año, pero las temperaturas óptimas de cría se ven afectadas por el incremento de la temperatura ambiental (TA) causantes del estrés calórico. De acuerdo con lo reportado por el manual de AVIAGEN 2007, en el año 2007, los pollos alcanzaron 2,021 kg en 35 d, con 1,607 g de conversión de alimento. (AVIAGEN, 2007). En 2017 los pollos alcanzaron 2,225 kg en 35 d, con conversiones de 1,495 g, (AVIAGEN, 2017). La TA óptima a partir de los 27 d fue de 21 °C en 2007 y de 20 °C en 2017 (AVIAGEN, 2017). Normalmente, se crían las aves a temperaturas superiores al óptimo (estrés

crónico), generando un aumento en el consumo de agua, disminuyendo el de alimento y desmejorando su peso vivo. En estas circunstancias, se deben generar estrategias para reducir estos efectos del estrés crónico por el calor; y más aún, los efectos producidos por el calor agudo, o el golpe de calor (aumento importante de la TA por períodos prolongados, que acarrea la muerte de las aves en su fase final de cría, con pérdidas importantes para el productor) [3]. El estrés por calor influye sobre el comportamiento productivo y reproductivo de las gallinas ponedoras, disminuyendo el consumo de alimentos, la producción y calidad del huevo, ocasionando alteración de las hormonas responsables de la ovulación, reduciendo la capacidad de respuesta de las células de la granulosa a la hormona luteinizante [4]. En el caso de las ponedoras, el problema de mortalidad es menos importante, siendo la reducción de la producción y el deterioro en la calidad de los huevos, sobre todo la reducción de la calidad de cáscaras y el aumento de rotura de los huevos, los que ocasionan pérdidas importantes [5]. En este trabajo se describirá primero, lo que se entiende por estrés, indicando algunos de sus tipos; los mecanismos de defensa del ave ante el estrés; y, finalmente, algunas estrategias de manejo, para reducir el efecto negativo en los pollos de engorde y en las ponedoras.

El Estrés como Respuesta Corporal

La definición de estrés es algo difícil. Puede ser complicado tener certeza precisa de lo que realmente es o no esta alteración. Una pregunta frecuente que se hace es: ¿cómo diferenciarlo durante el proceso de cría de un pollo o una gallina? Un ejemplo clásico es la gallina alojada en una jaula. Hay personas que dirán que, bajo esa condición, las gallinas están en estrés pues no están en la misma condición en la que estaban en forma silvestre y otras se preguntarán: si tienen, agua, alimento, compañía y espacio suficiente, ¿por qué están estresadas? Quizás estén protegidas de depredadores e incluso estén más tranquilas (menos estrés) que las que se encuentran en la naturaleza. El estrés es una reacción fisiológica del organismo en el que entran en juego diversos mecanismos de defensa, para afrontar una situación que se percibe como amenazante o de demanda incrementada [6]. Selye [6] describió el síndrome general de adaptación en tres estados: 1. *Alarma de reacción*: cuando el cuerpo detecta el estímulo externo; 2. *Adaptación*:

cuando el cuerpo toma contramedidas defensivas hacia el agresor; 3. *Agotamiento*: cuando comienzan a agotarse las defensas orgánicas. El estrés incluye al distrés, con consecuencias negativas para el sujeto sometido a ese estado, y el eustrés, con consecuencias positivas para el sujeto estresado [6]. Es decir, hablamos de eustrés, cuando la respuesta del sujeto al estrés favorece la adaptación al factor estresante. Por el contrario, si la respuesta no favorece o dificulta la adaptación al factor estresante, hablamos de distrés. Pongamos un ejemplo: cuando un depredador nos acecha y corremos, la respuesta que se obtendrá será el eustrés (con el resultado positivo de que logramos huir). Si, por el contrario, nos quedamos inmóviles, presas de terror, se produce una respuesta de distrés (con el resultado negativo de que somos devorados). En ambos casos ha habido estrés. Además, se debe tener en cuenta que cuando la respuesta al estrés se prolonga demasiado tiempo y alcanza la fase de agotamiento, estaremos ante un caso de distrés [6].

Características del Estrés Calórico

El término estrés calórico se emplea frecuentemente para referirse a una mala adaptación del animal a las condiciones ambientales. La exposición de los pollos al frío y calor intensos, inicialmente produce un aumento de los niveles de corticosteroides circulantes, en ambos casos, pero la respuesta a largo plazo es opuesta en el caso de la exposición al calor y más moderada en el caso del frío [7]. La reacción específica de estrés a corto plazo es termogénica y podría con ello acentuar los efectos de la TA en clima cálido. Los pollos sometidos a un golpe de calor no mueren en los primeros minutos en los cuales son sometidos a las altas temperaturas, sino algunas horas después [8]. En condiciones de campo, la variación de la TA es más lenta y progresiva que en el laboratorio. La reacción no específica (reacción inicial) existe, pero no es probablemente la responsable directa de la muerte de los pollos. Acentuada o no por una reacción simple al estrés, los límites de la adaptación por una termólisis de los pollos conducen a una situación de distrés fisiológico.

Características y Mecanismos de Defensa contra el Estrés Calórico En Aves

Moberg y Mench [9] estudiaron pollos a los cuales se les indujo estrés, sometiéndolos a bajas temperaturas, y los seleccionaron por la concentración

plasmática de corticosterona después de producirse el estrés. Se obtuvieron valores elevados de esta hormona, con promedios de 195 ng mL^{-1} para las concentraciones altas y de 72 ng mL^{-1} para las bajas. Además, hubo una correlación indirecta entre el peso vivo de los pollos y la concentración plasmática de corticosterona, siendo los que tuvieron menores niveles de corticosterona, los que produjeron los más altos pesos vivos. Estos investigadores reportaron niveles de heredabilidad de 0,25 y 0,14 para las altas y bajas concentraciones de corticosteroides, respectivamente; por lo tanto, la respuesta al estrés en cuanto a la liberación de hormonas puede explicarse en un 25% y 14% por vía genética, respectivamente. Otras interacciones entre la respuesta nerviosa y la respuesta fisiológica se observan en los procesos de hiperventilación. Cuando un ave avanza en dicho proceso de hiperventilación pulmonar hasta que se produce el estado de alcalosis respiratoria, puede producirse una gran modificación en el funcionamiento del sistema nervioso central [10]. Además, la integridad y excitabilidad de las membranas musculares debidas a modificaciones del calcio intracelular [11], conducen a respuestas nerviosas erróneas, cuando el ave está en desbalance mineral por exceso de consumo de agua, reducción del consumo de alimento y aumento en la excreción de minerales por vía urinaria y digestiva. Es evidente que el estrés en pollos es un factor contrario a la productividad, debido a los efectos que los corticosteroides tienen sobre el balance de nitrógeno, aumentando el catabolismo proteico, reduciendo la retención y aumentando la excreción de energía [12]. Sin embargo, la muerte de los pollos sometidos a estrés calórico sobreviene, siempre y cuando el ave está en hipertermia, con una temperatura corporal (TC) de 46 a 47 °C, sin que podamos aseverar que es la hipertermia la causa de la muerte, o que simplemente es consecuencia de una falla de los sistemas cardiovascular y respiratorio [13]. Lo cierto es que la TC es un buen indicador del riesgo de muerte por calor, ya que un pollo al llegar a 44 °C de TC, tiene poca capacidad de sobrevivencia [14].

Para entender los efectos del estrés en pollos y ponedoras, debe distinguirse entre dos tipos de estrés: El estrés calórico crónico, que se presenta una vez que el pollo está en un ambiente con TA superiores a su óptimo. En Venezuela, el estrés calórico crónico se produce con TA promedio mayores a 26 °C, incluso

con breves períodos entre 30-32 °C, ocasionando problemas en la productividad, los cuales causan alteraciones fisiológicas y de comportamiento del ave, comprometiendo la producción, al ocasionar mermas considerables, debido a la disminución en el consumo de alimento y peso vivo [11]. El segundo tipo de estrés calórico es el estrés calórico agudo, que se produce ya sea por el mantenimiento prolongado de TA medias de 30-32 °C (por algunas horas), o por encima de los 32 °C, llegando incluso hasta los 40 °C, siendo más crítico durante el período de finalización de la fase de engorde y generando grandes pérdidas por alta mortalidad de las aves [13]. La mortalidad en las granjas producida por este tipo de estrés puede llegar hasta un 20% aproximadamente de la población total [14]. El estrés calórico no puede solo asociarse con la TA, sino que se debe incluir a la humedad relativa (HR), ya que en vista de que las aves no cuentan con glándulas sudoríparas, la principal fuente de disipación de calor es el jadeo o hiperventilación pulmonar, la cual requiere de HR bajas para que la disipación sea eficiente.

Las aves tienen la capacidad de conservar la temperatura en sus órganos internos, tales como el cerebro, hígado e intestinos, permaneciendo constante dentro de unos límites muy estrechos, en forma bastante uniforme [15, 16]. En aves bien alimentadas que no están disipando calor ni lo toman del ambiente, el límite superior de TC se sitúa en alrededor de 41,5–42 °C y el límite inferior se ubica entre 40,5–41,0 °C [17, 18]. La zona de confort (ZC) es el rango particular de la TA sobre el cual el comportamiento de las aves no muestra signos de disconformidad y usa la mínima cantidad de energía metabólica para mantener la TC normal (Figura 1) [19]. La ZC se encuentra entre 15-25 °C. En condiciones tropicales, se produce una aclimatación natural del ave, que se manifiesta por un aumento de la ZC, ubicándola probablemente entre los 15 °C y 28 °C [20].

Los límites de la zona de termorregulación son la temperatura crítica inferior (Tci) y la temperatura crítica superior (Tcs) (Figura 1). Por debajo de la Tci, la TC se mantiene por la termogénesis o producción de calor metabólico y el aumento del consumo de alimento [21]. La Tcs corresponde a la TA máxima a la cual la TC se mantiene constante. Por encima de la Tcs, las capacidades de termólisis o eliminación de este calor al medio ambiente por la

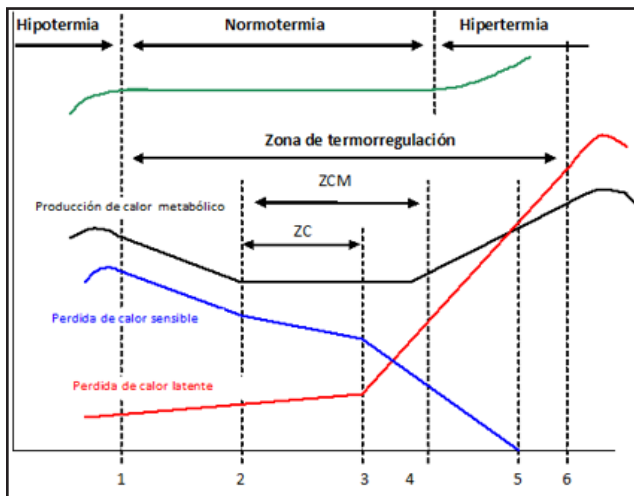


Figura 1. Evaluación de la temperatura corporal en función de la temperatura ambiente, en la zona de confort térmico (ZC) en homotermia o en la zona de confort térmico con variaciones de TC normal (ZCM), según la temperatura crítica inferior (T_{ci}) y la temperatura crítica superior (T_{cs})

vía sensible y la evaporación pulmonar del ave, son sobrepasadas y la TC aumenta [21] (Figura 1). Al someter a las aves a TA superiores a las establecidas como Zona de Confort (ZC), estas luchan contra el calor, disminuyendo lo más posible la termogénesis y aumentando la termólisis [21]. Entonces, bajo esas circunstancias, hay aumentos de la TC, para facilitar las pérdidas de calor, con aumentos de la misma de 42 a 43,5 °C [22 - 27]. Cuando los mecanismos de control térmico resultan inefficientes, la TC aumenta a valores superiores a los 44 °C, y no existe posibilidad alguna de sobrevivir. En pollos recién muertos por calor, su TC está entre 46 y 47 °C; pero si aún no han alcanzado ese límite y las condiciones ambientales mejoran, pueden bajar su temperatura a un valor normal en el orden de los 41,5 °C [3, 18].

Consecuencias del Estrés Calórico en Aves

De acuerdo con De Basilio y Picard [28], la secuencia de cambios en el comportamiento podría ser definida en torno al grado de estrés del ave. En el primer nivel, el ave en etapa de finalización, se encuentra cercana o dentro de los niveles de confort térmico (21-25 °C), los mecanismos de control no revelan mayores cambios, el ave tendrá una TC de alrededor de 41,5 °C, un ritmo respiratorio de 25 a 40 insp/ min, liberando un 75-100 % del calor por vía latente y un 0-25% por vía sensible. Estas aves pueden incrementar su frecuencia en la medida que se acercan a los límites de la zona de confort. Si hay

que liberar calor, el ave aumentará las actividades como el escarbar y enterrarse en la cama; acostarse sobre la cama húmeda; aumentar su presencia en el área de bebedero para tomar más agua; recostarse en una cama más húmeda y fresca; recostarse de los bloques de las paredes; moverse hacia áreas más ventiladas; y alejarse de áreas soleadas. En el segundo nivel, el ave entra en fase de estrés térmico (25-30 °C de TA). En este periodo se incrementan las actividades anteriores y se inicia el estiramiento del ave sobre la cama, se reduce la actividad física y su presencia en el comedero; su TC aumenta a 42,5 °C; se inicia la hiperventilación con ritmos bajos (140 a 170 insp/min); y el 40 % del calor se disipa por vía sensible y el 60 % por vía latente. En el tercer nivel, el ave se encuentra en estrés término alto (TA >30 °C por tiempo prolongado). En esta etapa, el ave permanece casi inmóvil, su ritmo respiratorio aumenta a 200 o 250 insp/min en una primera fase, luego lo disminuye a medida que el ave se acuesta con el cuello estirado en la cama y finalmente muere con TC de 46-47 °C. Cuando ocurre la muerte en estas aves, se observan las siguientes características: salto repentino y caída con las patas elevadas, ligera convulsión con estiramiento del cuello y de las patas, cese de actividad, sin cambio alguno de la posición de acostado sobre la cama [11]. A pesar de la descripción de todos estos rasgos conductuales, aún hay mucho trabajo práctico y de investigación que realizar, a los fines de definir estas características con mayor rigurosidad científica, ya que por los momentos son producto de la observación de campo [11].

En experimentos de laboratorio, Cooper y Washburn [29] demostraron los efectos del calor y cuantificaron un 40% de reducción en la ganancia de peso, 31% en el consumo de alimento y 24% de aumento en la conversión de alimento, con la aplicación de TA a 32 °C. Abu-Dieyeh [25] reportó disminución del 40% en el peso final y 24% en ganancia de peso, al exponer pollos de 6 sem a temperaturas de 35 °C. May y Lott [30] hicieron ensayos en pollos sometidos a diferentes TA (entre 22 y 30 °C) y reportaron reducciones en la ganancia de peso al día 49 de edad del ave. Estas pérdidas fueron de 493 g en los pollos criados a 30 °C, respecto a los criados a 22°C. Con relación a los efectos sobre el rendimiento en canal, las experiencias de Baziz *et al.* [31], en las cuales sometieron a pollos de 5 a 6 sem, a dos condiciones de temperatura ambiente

(22 °C y 32 °C) y a dos condiciones nutricionales (alimentados *ad libitum* y restringidos en alimento), demostraron un efecto propio del aporte de nutrientes, al reducirse el peso de la canal de los pollos sometidos a 22°C, alimentados *ad libitum* y restringidos, pero el efecto de la temperatura fue mayor, al comparar las diferencias de peso en canal entre pollos con alimentación *ad libitum* sometidos a 22 y 32 °C de TA. Quitao *et al.*, [32] compararon dos diferentes TA (25 °C *vs.* 32 °C); (Cuadro 1), y no encontraron diferencias estadísticamente significativas, en lo relativo al rendimiento en canal, en pechugas ni en porcentaje de grasa o proteína en la canal.

En general, podemos afirmar que hay efectos de la TA sobre el depósito de grasa, proteína y rendimiento en canal, pero en función de las temperaturas de exposición y otras condiciones de los pollos, estos efectos pueden modificarse e incluso dejar de ser importantes en los rendimientos de estas aves. El estrés por calor influye sobre el comportamiento productivo y reproductivo de las gallinas ponedoras, disminuyendo el consumo de alimentos, la producción y calidad del huevo, ocasionando la alteración de las hormonas responsables de la ovulación, reduciendo la capacidad de respuesta de las células de la granulosa a la hormona luteinizante [33]. Cuando se incrementa la temperatura desde 30 a 38 °C, la calidad de la cáscara del huevo disminuye, aumentando el porcentaje de huevos rotos (temperatura cercana a 38 °C); las aves sólo pueden deshacerse del calor corporal mediante el jadeo severo que produce alcalosis respiratoria [34]. En tal sentido, en estudios con pollos de engorde con restricción de alimento en el periodo de 09:00 a 16:00 h, se redujo significativamente la TC entre 0,3 y 0,4 °C, durante los 35 a 42 d de vida, y ésta es una de las metodologías usada para disminuir los efectos generados por el estrés calórico [35].

Estrategias para Combatir el Estrés en Pollos

a. Estrategias de manejo del ambiente

Es importante resaltar que las experiencias realizadas en condiciones no comerciales, siempre tienen la limitación de realizarse en condiciones artificiales, con lo que las experiencias sobre efectos ambientales en las aves deben validarse en condiciones de cría comercial, para promover su eventual aplicabilidad en condiciones de campo.

El grupo de investigadores de la Facultad de Agronomía y de Ciencias Veterinarias de la Universidad Central de Venezuela, en conjunto con investigadores del Instituto Nacional de Investigación Agrícola (UCV-INIA), que han venido estudiando el estrés calórico en aves, se ha esforzado en tratar de simular en el laboratorio, las condiciones de campo. Los resultados obtenidos por Juárez [36] en ambiente cálido simulado y en granjas comerciales, destacan que las medidas paralelas de las TA promedios del laboratorio, fueron muy semejantes a las obtenidas en las granjas. En el caso del control de la humedad, es mucho más difícil y por ello se registraron HR más bajas en granjas. En cuanto a la temperatura de la cama (TCa) y la concentración de amonio, se registraron valores altos en granjas. Con relación a la TCa, la diferencia fue de $\pm 2,5$ °C. Para la concentración de amonio, esta diferencia estuvo en el orden de ± 1 ppm, debido a los niveles de densidad de las aves (aves/m²), el uso de la cama y el manejo particular en granja [36]. Las dificultades de las experiencias en granjas comerciales, parten del hecho de realizar medidas suficientemente precisas y numéricamente adecuadas para obtener datos estadísticamente confiables. Además de lo antes expuesto, algunos parámetros fisiológicos como la TC o el NH tienen un componente individual muy importante, por lo que el seguimiento de los

Cuadro 1. Pesos de sacrificio, canal y pechuga, rendimiento en canal y de pechuga y contenidos de grasa y proteína en canales de pollos de 42 d de edad, criados a temperaturas medias (25°C) y temperaturas altas (32°C) (Ajustado Quitao *et al.* 2000)

Condición Ambiental	Sacrificio	Peso (g)		Rendimiento (g)		Canal (%)	
		Canal	Pechuga	Canal	Pechuga	Grasa	proteína
Temperatura Normal (25 °C)	2097 ^a	1886 ^a	411,8 ^a	89,97 ^a	21,87 ^a	15,41 ^a	18,95 ^a
Temperatura Alta (32 °C)	1790 ^b	1613 ^b	346,4 ^b	90,13 ^a	21,48 ^a	15,15 ^a	18,50 ^a

cambios en estas variables, debe ser sobre los mismos individuos. Estos elementos llevaron al diseño e instauración de cercos y semicercos, que se colocan dentro del galpón, utilizando las mismas aves y la misma densidad utilizada en dicho galpón comercial. Esta aproximación metodológica fue originalmente planteada en condiciones de laboratorio por De Basilio [3], para luego ser utilizada con éxito en galpones comerciales venezolanos, y sus resultados fueron presentados a nivel nacional por Pérez [37] (Figura 2) e internacional, por Pérez *et al.* [38].



Figura 2. Detalles de la ubicación de los cercos y de la presencia del operario, cada cerco se divide a la mitad y cada semicercos o unidad experimental, provisto de comedero, bebedero y un pequeño banco para el operario (Pérez, 2003)

a.1. Instalaciones adaptadas

Las instalaciones para aves han sufrido importantes cambios desde su origen hasta la actualidad, pasando por modificaciones elementales como el cambio en la altura de los techos, siendo más recomendados los galpones altos que los bajos, para las condiciones de nuestro país. Se han promovido modificaciones más complejas con uso de alta tecnología, que finalmente han dado por resultado los galpones de ambiente controlado, que pueden resolver el problema pero a un costo energético muy alto. Además, los galpones por sí solos no han sido suficientes para lograr las condiciones de confort que las aves requieren en las distintas etapas de su crecimiento. Por el contrario, ha sido necesaria la incorporación de equipos para mejorar el microclima dentro de su interior.

a.2. Coberturas o techos

El calor que se produce en un galpón proviene de dos fuentes: el generado por los pollos a través

de su metabolismo y el que ingresa a través del techo producto de la radiación lumínica. Este último, se puede reducir con el uso de coberturas capaces de limitar su ingreso al interior del galpón. A través del diseño de coberturas también se puede mejorar su función. La altura y el diseño favorecen la reducción del calor en el interior del galpón. En las granjas venezolanas, las coberturas de aluminio y zinc han sido tradicionalmente empleadas, siendo el aluminio el que posee mejor capacidad para disipar el calor solar irradiado. En un estudio [38], se compararon los techos de aluminio y zinc con los de acerolit (láminas de acero recubiertas con asfalto) para evaluar su desempeño; sin embargo, no se encontraron diferencias entre el comportamiento productivo y la mortalidad de las aves criadas en estas coberturas, ya que no lograron reducir significativamente las variables climáticas evaluadas (TA y HR). El uso de coberturas naturales como hojas de palmas, es una medida que arroja resultados adecuados. No obstante, solo es posible aplicarlas en zonas donde las precipitaciones son escasas. Un claro ejemplo lo representan algunas granjas en Lima, Perú. La colocación de materiales aislantes como el poliuretano, en el lado interno de las láminas, es una práctica que se ha utilizado con éxito para complementar la tarea de obstaculizar el ingreso de calor al interior del galpón. Tal vez la principal desventaja es su elevado costo.

a.3. Ventiladores, aspersores y nebulizadores

Experiencias realizadas en Francia [20] han demostrado que un nivel de gas carbónico en el aire superior al 1,5%, puede generar caídas bruscas en la productividad; por lo tanto, insistir en mantener una ventilación adecuada, bien sea natural o forzada, es fundamental. El amonio es un elemento que aumenta en los galpones con el calor y genera efectos negativos sobre la productividad [39]. La ventilación significa introducir aire exterior hacia el interior del galpón y sacar hacia el exterior, el aire que está dentro del galpón. Una ventilación adecuada significa remover la cantidad correcta de aire en el momento preciso de manera tal, que modifique la temperatura, la humedad y otras variables ambientales, y se establezcan valores óptimos para el desarrollo de las aves. La clave para obtener buenos resultados está en conocer el radio de acción de los ventiladores y comprender la necesidad de distribuirlos por el galpón, de manera de procurar

alivio a todas las aves. En general, el aire será tanto mejor cuanto mayor sea el número de ventiladores distribuidos en el galpón, y tanto mayor serán los beneficios para el criador. El área cubierta por un ventilador típico de 90 cm con transmisión por correa es de aproximadamente 6 m de ancho por 15 m de largo (90 m²). Por lo tanto, para cubrir totalmente un galpón de 120 m x 12 m (1440 m²), se necesitan 16 ventiladores (120x12/15x6) [40].

a.3.1. Ventilación por túnel

Los modernos sistemas de ventilación por túnel y el sistema asociado de enfriamiento por nebulización, son capaces de reducir las temperaturas hasta 8 a 10 °C en los galpones, durante periodos cálidos. La ventilación por túnel está diseñada de tal manera, que los ventiladores de extracción instalados en un extremo del galpón, arrastran a través del galpón, el aire proveniente de las entradas de aire en el extremo opuesto del mismo [41]. En galpones correctamente diseñados con ventilación por túnel, se estima que las velocidades de aire de 140 a 170 m/min pueden crear vientos fríos de 5 a 10 °C, dependiendo de la edad del ave. Además, los sistemas de enfriamiento por nebulización diseñados para trabajar en conjunto con la ventilación por túnel, son eficaces para reducir las temperaturas en otros 3 a 10 °C, dependiendo del tipo de sistema de enfriamiento por nebulización. La ventilación por presión negativa también ayuda a minimizar el uso de combustible, las corrientes de aire y los problemas de cama húmeda durante épocas frías [42].

a.2.3. Nebulizadores

Los microaspersores de refrigeración inyectan en el aire agua que al evaporarse reduce la temperatura. El enfriamiento depende de la humedad ambiente inicial y del tamaño de las gotitas difuminadas. En términos generales, se están utilizando picos que proporcionan entre 4 y 8 L H₂O/h, trabajando con presión 3 y 7 kg, produciéndose gotas lo suficientemente pequeñas como para facilitar su evaporación. La altura óptima de trabajo para este sistema de refrigeración es de aproximadamente 2,20 m. Normalmente, se colocan 3 líneas de refrigeración con picos, cada 2,5 m. La utilización de este sistema de evaporación es dependiente de la HR exterior, y en ningún caso debería de sobrepasarse el 75 - 80% de HR interior [40].

b. Estrategias de manejo del ave

Para el combate del estrés térmico en las aves, sobre todo el aspecto de la muerte por calor, hay dos vías para resolver el problema: reduciendo la intensidad del estrés ambiental o aumentando la resistencia del pollo al estrés calórico. La primera vía de solución al problema desde el punto de vista técnico (vista como instalaciones), es perfectamente factible y muy fácil de implementar, pero muy costosa. En el caso de la segunda vía, es más difícil desde el punto de vista técnico. Se han hecho algunos intentos de selección genética para adaptar el ave a estas condiciones, pero hasta ahora no han sido exitosos, ya que si aumentamos la resistencia al calor del ave, reducimos su capacidad de crecimiento. Otra vía sería incorporar a estas aves resistentes, mecanismos de estimulación o manejo zootécnico, para ayudar a la adaptación.

b.1. Manejo de la densidad

Esta técnica es quizás una de las más usadas en la actualidad en todos los países del mundo, durante el verano, incluyendo aquellos de clima templado. Consiste simplemente en ajustar el número de aves por metro cuadrado, que ordinariamente es de 15 a 25 pollos por m², según el tipo de instalación, a 6 a 7 pollos por m², en situaciones de estrés térmico >30 °C. Este ajuste de densidad contribuye en forma importante a reducir el estrés térmico, porque disminuye considerablemente el aporte calórico del propio pollo al ambiente, que en algunas condiciones podría representar de 2 a 4 °C más de TA [3]. Un problema que se presenta con el ajuste de densidades es la rentabilización de las instalaciones, haciendo menos eficiente la cantidad de pollos obtenidos por galpón/año. Además, cuando las condiciones son realmente extremas y la HR es alta, como en el caso del golpe de calor, aún con estas densidades, se observan tasas de mortalidad importantes.

b.2. Manejo de la iluminación

Otra forma de mejorar la situación de los pollos en condiciones de estrés calórico, es tratar de reducir la producción de calor en las horas más calurosas del día. Por ello, extender durante la noche el periodo de consumo de alimento, colocando iluminación artificial, ayuda a aumentar el consumo durante las horas frescas (noche) y reducirlo durante las horas más calurosas. Algunas otras técnicas de estimulación

lumínica, como la luz intermitente, una hora con luz y otra sin luz, o periodos de oscuridad de una o dos horas entre las 18 a las 20 h, e iluminación artificial a partir de las 21 h, podrían mejorar la estimulación del consumo nocturno. Sin embargo, la imposibilidad en el trópico, de eliminar la luz durante el día (que pudiera reducir la actividad física y el consumo) por la presencia de galpones abiertos, restringe el uso de esta técnica. Más experiencias deberán realizarse en torno a esta técnica, para conocer sus efectos en galpones tropicales. Un régimen intermitente de luz puede mejorar los parámetros productivos. El efecto favorable está relacionado con una baja producción de calor durante ambos periodos [43].

b.1.3. Aclimatación precoz

Para entender más claramente este proceso de aclimatación, es necesario conocer los términos en que se define la aclimatación. Bligh y Johnson [44] definen la aclimatación como el cambio adaptativo inducido experimentalmente, mientras que la climatización es una adaptación inducida en el transcurso de la vida entera por un clima natural. Sobre la base de este planteamiento inicial, algunos investigadores probaron la posibilidad de aclimatar a nivel de laboratorio a las aves y es así como Arjona, *et al.* [45] en los EUA, demostraron que si se sometían a pollitos de 5 d de edad, a una TA de 38 ± 2 °C por 24 h, estos adquirirían una resistencia al calor que les permitía reducir la mortalidad en un 50%, comparadas con las aves no aclimatadas, cuando se sometían a un golpe de calor, a los 42 d de edad. Según estas evaluaciones realizadas por Arjona y su grupo [45], el mecanismo por el cual el ave adquiría esa capacidad de resistencia al calor, era diferente al mecanismo que se establecía en una aclimatación a una edad más tardía. Algunos investigadores venezolanos y franceses [3, 18] encontraron que las facilidades de aplicar esta técnica fueron beneficiosas y con un riesgo mínimo, ya que no reportaron muertes de pollos durante la aclimatación precoz. Algunas dudas surgieron sobre las condiciones de laboratorio y cría de Arjona *et al.* [45], con relación a las venezolanas; por lo tanto, era vital conocer si el clima cíclico durante días calurosos y tardes frescas podría alterar los beneficios de la aclimatación, por lo que De Basilio *et al.* [46], comprobaron que al someter los pollos a un TA de 38 ± 2 °C, luego de TA cíclicas similares a las venezolanas, se reportaban similares

resultados de reducción de mortalidad, luego de un golpe de calor antes del momento del beneficio del ave. Otra duda formulada era la factibilidad de que a nivel de granjas comerciales se pudiera llevar a cabo el proceso, lo cual fue comprobado por De Basilio *et al.* [47] y Yahav y Mc Murtry [48] quienes estudiaron el efecto de la edad en la aclimatación precoz, sobre la reducción de la mortalidad y el crecimiento posterior, utilizando pollos de 1, 2, 3, 4 y 5 d de edad. No se encontraron efectos significativos cuando la aclimatación fue realizada a los 1 o 2 d de edad, pero a la edad de 3 o 5 d, se obtuvieron los mejores resultados de aclimatación precoz. Es por eso que es importante conocer la edad biológica real de los pollos, ya que puede variar de 1 a 2 d, según el manejo en la incubadora [49]. La aclimatación precoz en clima tropical simulado o real, sugiere una modificación metabólica inducida a la edad de 5 d, por la exposición durante 24 h a una TA de entre 35 y 35,7 °C. Dicho cambio aumenta la resistencia de los pollos durante un golpe de calor posterior [13]. Las condiciones climáticas diferentes entre TC y prueba final constante y óptima [47, 50] o cíclica tropical (13, 26), parecen no modificar los efectos de reducción significativa de la mortalidad luego de un golpe de calor (alrededor de un 45 % en valor relativo con relación a los testigos). Una reducción durable y significativa de la TC (alrededor de 0,13 °C) también se obtuvo en los tres trabajos, pero el aumento del peso vivo final atribuible a la aclimatación precoz, no fue significativo en nuestras experiencias [13, 51]. La aclimatación precoz parece ser fácil de aplicar sin grandes inversiones preliminares, solo necesita un ligero aumento en el costo energético, debido al mayor uso de gas para el calentamiento y una mayor vigilancia de la TA durante su aplicación. Los riesgos debidos a la exposición a 36 °C durante 24 h a los 5 d de edad, son discutibles. La evaluación del costo y el beneficio de la aclimatación precoz, es un tema complejo, debido a que en Venezuela la energía y la mano de obra, comparadas con los países europeos, son muy económicas. La mortalidad de los pollos a las 6 sem de edad, es una pérdida importante a causa del alimento que han consumido (70 - 75 % del costo de producción). Una reducción de la mortalidad del 1% en valor absoluto, representa una ganancia de peso correspondiente a alrededor de 5 veces el costo de la aclimatación precoz en energía y mano de obra. Además, una estimulación del crecimiento muscular

es posible a pesar de la irregularidad con la que es reportado [13, 46]. Un beneficio secundario de la aplicación de esta técnica en ambientes tropicales es que se obliga al productor a hacer un mejor seguimiento durante la fase de iniciación de los pollos. La incidencia de factores que intervienen antes, durante y después de la aclimatación, tales como el tipo genético, la densidad de aves, el estado de salud, el programa de iluminación, las temperaturas máximas, la fuente de calor, la manipulación de las aves, etc., puede modular la eficacia de la aclimatación precoz. Existen diferencias metodológicas importantes en la aplicación de aclimatación precoz de una prueba a la otra [26], que pueden ser el origen de las divergencias en los resultados sin que podamos realmente evaluar las causas. La fuente de calor, la densidad de cría y el origen genético de los pollos utilizado por De Basilio *et al.* [15, 46, 51] varían; por ejemplo, criadoras a gas y pollos Ross a una densidad de 100 o 120 pollos/m² durante la aclimatación precoz, son utilizados por los trabajos publicados por este investigador y sus colaboradores (13, 46), mientras que en otra de las experiencias de De Basilio *et al.* [51], se realizó con una combinación de criadoras a gas, lámparas infrarrojas y bombillos de luz incandescente, en pollos Cobb, a una densidad de 49 a 69 pollos/m². Los resultados del aumento del desarrollo corporal (peso vivo o masa muscular) encontrados en ciertas experiencias y no en las otras, pudieran ser atribuidos a las diferencias metodológicas.

b.1.4. Aclimatación embrionaria

Esta técnica presenta la gran ventaja de que las condiciones naturales de la incubación en las aves parecieran ser el origen de una mejor adaptación de los animales a variaciones climáticas [52]. Varios estudios han sido conducidos para determinar la eficacia de la aclimatación al calor en la etapa embrionaria, además de las consecuencias sobre el crecimiento y la calidad de la carne [53-55]. Estos estudios tuvieron como origen los periodos sensibles del desarrollo embrionario, para verificar dónde podrían ser manipulados los límites de la termotolerancia, sin efectos negativos sobre la eclosión, el crecimiento y la tolerancia al golpe de calor. Se consideraron varios criterios como la edad de aplicación, la temperatura, la duración de la aplicación, incluso la edad de las reproductoras que dieron origen a los embriones. Para que la aclimatación embrionaria sea eficaz, debe ser

aplicada en los momentos donde los mecanismos de termorregulación son más activos. Estos mecanismos son regulados por el eje hipotálamo-hipófisis-tiroides y por el eje hipotálamo-hipófisis-corteza adrenal [44, 50, 56]. Es por la razón antes expuesta que algunos autores como Piestun *et al.* [52]; Yahav *et al.* [53]; Collin *et al.* [54]; escogieron el día 10 del desarrollo embrionario, como el día en el cual el eje cortico-adrenal comienza a establecerse en el ave. Otros autores (53-55, 57) escogieron el día 13 del desarrollo embrionario, que es un día donde se inicia una fase de fuerte producción de hormonas tiroideas. Los resultados de Piestun *et al.* [52], indican que el periodo de 7 a 16 d, es el periodo de inicio de actividad de los ejes tiroideos y cortico-adrenal y son las edades posibles para la aclimatación embrionaria. Este autor logró a esas edades, mejorar la termotolerancia de pollos de engorde Cobb. Con relación a la temperatura de aclimatación embrionaria, la mayor parte de las investigaciones se han hecho con temperaturas entre 37,8 y 39,5 °C [54, 56, 57]. Yahav *et al.* [55] afirman que ya a 41 °C la eclosión se afecta severamente; además, para limitar la deshidratación, la HR debe ser como mínimo del 65% [52]. En condiciones clásicas, la TA de incubación es de 38,7 % y 56 % de HR [58] y el proceso de aclimatación consiste en alternar periodos de TA más altas con las TA clásicas de incubación. En el estudio de Collin *et al.* [56] la duración más usada y la de mejor resultado fue la de 3 h, aunque se probaron 6, 12 y 24 h con resultados menos adecuados. Piestun *et al.* [52] reportaron que a TA de 39,5 °C, aumenta la tolerancia de los pollos al calor con 12 a 24 h de exposición, pero se reduce la capacidad de incubación, en un 50%. Dependiendo de la edad del embrión y de la duración, se favorecen elementos diferentes. Collin *et al.* [56], señalan que un tratamiento de 3 h/d a 39,5 °C entre los días 16 y 18, aumenta la termotolerancia, mientras que si se aumenta a 6-12 h/d, se favorece más el crecimiento inicial que la termotolerancia. La calidad tecnológica de la carne de pollo no sufre alteraciones con la aclimatación embrionaria. Collin *et al.* [56] y Piestun *et al.* [52, 59] validaron un tratamiento óptimo de aclimatación embrionaria de pollos COBB con 39,5 °C y 65% de HR y 12h/d, desde el día 7 al 16 de edad embrionaria, logrando reducir la TC interna de los pollos y mejorando la sobrevivencia a un golpe de calor a los 42 d de edad, sin alterar la eclosión ni los parámetros zootécnicos en la cría.

CONCLUSIONES

1. El problema de las muertes por calor en el país es de gran interés para los productores de pollos de engorde. Aún no se tienen soluciones absolutas, pero sí parciales que ya han sido evaluadas en otras partes del mundo y se comienzan a evaluar en Venezuela.

2. El estrés ha sido ampliamente estudiado en aves, pero el estrés por calor es menos conocido. Se conocen algunas respuestas más conductuales características como el jadeo o hiperventilación y algunas más fisiológicas como la hipertermia; además, según sus consecuencias, para su mejor estudio, el estrés calórico debe ser separado en crónico (efectos sobre la producción) y agudo (efectos sobre la mortalidad).

3. Las diferencias en las respuestas de los pollos al calor, con relación a los parámetros productivos, metabólicos, fisiológicos y de comportamiento, se expresan con mayor fuerza, cuando las aves son sometidas a un estrés agudo que cuando son sometidas a un estrés crónico; incluso se pueden apreciar mejor en este último, las diferencias individuales de resistencia al calor, así como algunos efectos diferenciales entre machos y hembras.

4. Los pollos machos son más susceptibles a la muerte por calor, muestran mayor temperatura corporal, mayores lesiones en órganos internos (pulmón, tráquea e hígado), menor tiempo hiperventilando y nivel de hiperventilación (sobre todo con restricción de alimento), menor gasto cardíaco y capacidad contráctil de las venas alares, menor valor hematocrito en sistemas mixtos de cría bajo estrés calórico, comparados con las hembras. Estas diferencias no se manifiestan si los pollos son criados separados por sexo.

5. Los pollos más livianos resisten mejor el estrés aunque los más pesados no necesariamente tienen menor resistencia, al someterlos a un estrés calórico agudo simulado.

6. La temperatura corporal es el parámetro que mejor expresa el estado de estrés calórico en los pollos, existiendo una relación importante entre ella y la muerte por calor, siendo sus valores y los valores de PCO_2 , siempre más elevados antes del estrés agudo de los pollos que mueren durante dicho estrés, respecto a los que sobreviven.

7. Existe un ritmo circadiano de temperatura corporal de pollos en la primera semana, que va en

el orden de $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, siendo capaces los pollos de 2 a 6 d de edad, de lograr cierto control de su temperatura corporal, con mayor facilidad de producir calor en condiciones de bajas temperatura ambientales que de liberar calor ante un exceso de temperatura ambiente.

8. La creación de una unidad de ambiente semi-controlado, permite simular efectivamente condiciones de estrés con relación a temperatura ambiente generada en condiciones comerciales; sin embargo, algunas diferencias reportadas entre experiencias en laboratorio y granja comercial, permiten recomendar el uso de cercos en granjas comerciales, una metodología adecuada para validar estrategias para combatir el estrés calórico.

9. Frecuentemente, la temperatura ambiente promedio dentro del galpón 2 a $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ superior a la temperatura ambiente fuera del galpón, producto del calor liberado por las aves en las dos últimas semanas de vida; mientras que la temperatura de la cama sigue variaciones similares a las del ambiente, sin efectos por la presencia del pollo.

10. Un aumento de la temperatura ambiente por encima de los valores óptimos, genera reducción del valor hematocrito y hemoglobina en sangre, aumento de la temperatura corporal, nivel de hiperventilación y tiempo hiperventilando, frecuencia y gasto cardíacos, sin cambios evidentes en el pH sanguíneo, lo que aunado a la reducción del consumo de alimento por aumento del tiempo en hiperventilación y a una reducción de la síntesis proteica (sobre todo en músculo pectoral) y un aumento del % de grasa de la canal, generan reducción del peso vivo y de la conversión de alimento.

11. Hay algunas estrategias muy difundidas y utilizadas por los productores como el uso de ventiladores, que pudieran ser una recomendación generalizada, mientras que el uso de micro aspersores o sistemas de control ambiental sofisticados será válido mientras sea posible contar con repuestos y servicio técnico efectivo, y que los costos iniciales de la instalación estén al alcance de los productores.

12. Se continúan evaluando técnicas sencillas como la aclimatación o restricción de alimento en horas calurosas, de fácil aplicación y sin la capacidad de adaptación al calor, pero aún hay muchas experiencias a realizar para entender la variabilidad de las respuestas según las aves o las condiciones de aplicación.

13. La investigación realizada en Venezuela en torno a este tema es limitada, pero existe un grupo de investigadores con interacciones con otros países como Francia e Israel que aplicando diferentes metodologías en un trabajo multidisciplinario, permitirán comprender mejor a corto plazo, los mecanismos involucrados en la muerte del pollo por calor y ajustar las técnicas de combate y estimulación a la adaptación de las aves que resolverán de forma definitiva en el mediano plazo, este grave problema de la avicultura en países tropicales

REFERENCIAS

- [1] Houghton J. Climate change 2001: The scientific basis. Contribution of working remote monitoring of heart rate and deep body temperature in poultry. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2001; 17:161-175.
- [2] Mann, Michael E, Stefan Rahmstorf, Kai Kornhuber, Byron A. Steinman, Sonya K. Miller, Stefan Petri, Dim Coumou. Projected changes in persistent extreme summer weather events: The role of quasi-resonant amplification. *Science Advances*, 31 October 2018; DOI:10.1126/sciadv.aat3272.
- [3] De Basilio V. Estrés calórico en aves. Instituto de Producción Animal. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Sitio Argentino de Producción Animal. Disponible en: http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_avicola/60-stress-calorico.pdf (Consultado: 11 de noviembre de 2011).
- [4] Corona J. Efecto del estrés calórico sobre la fisiología y calidad del huevo en gallinas ponedoras. *Revista Electrónica de Veterinaria - ISSN 1695-7504*. Disponible en línea: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070713/071308.pdf> (Consultado: 14 de mayo de 2013).
- [5] De Basilio V, Rivero A, Farfán Ch, Chacón, T, Rossini, M. Effets Du Changement D'heure D'alimentation Et Ajout D'enzymes A Aliment Sur Poules Pondeuses En Climat Chaud. 13èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras les 20 et 21 Mars 2019, à Tours.
- [6] Selye. El estrés. Consulta el 19 de agosto 2009, es.wikipedia.org/wiki/Estr%C3%A9s.
- [7] Dantzer R, Mormède P. Stress in farm animals: a need for reevaluation. *J Anim Sci*. 1983; 57:6-18.
- [8] De Basilio V, Picard M. La capacité de survie des poulets à un coup de chaleur est augmentée à une température élevée. *INRA. Production Animal*. 2002; 15(4):235-245.
- [9] Moberg G, Mench J. The Biology if Animal Stress, Basic Principles and Implications for Animal Welfare, Edit. CABE, Publications. 1998; p. 252-327.
- [10] Marder J, Arad Z. Panting and acid-base regulation in heat stressed birds. *Comp. Biochem. Physiol*. 1980; 94(A):395-400.
- [11] Sandercock D, Hunter R, Nute G, Michell M, Hocking P. Acute heat stress-induced alterations in blood acid-base status and skeletal muscle membrane integrity in broilers chickens at two ages: implications for meat quality. *Poultry Sci*. 2001; 80:418-425.
- [12] Siegel H, Van Kampen M. Energy relationships in growing chickens given daily injections of corticosterone. *Br Poultry Sci*. 1984; 25:477-485.
- [13] De Basilio V. Estrés Calórico en Pollos de Engorde (Estrategias para combatir el estrés por calor en pollos). Editorial Académica Española. 2014; ISBN: 978-3-659-02362-0. 209 p.
- [14] De Basilio V, 2002. Acclimatation précoce des poulets de chair au climat tropical. Thèses Doctoral en sciences mention Biologie Agronomie. DEA Agronomie de Rennes. 120 p.
- [15] De Basilio V, Vilarinho M, Yahav S, Picard M. Early age thermal conditioning and a dual feeding program for male broilers 192 challenged by heat stress. *Poultry Sci*. 2001; 80:29-36.
- [16] Oliveros I. Índice de Confort Térmico en Pollos de Engorde. Instituto Nacional de Investigación Agrícola (INIA), Maracay. 2001; p. 1-2.
- [17] Sturkie, P. Fisiología Aviar. Editorial Acribia, Segunda edición. España. 1968; p. 24-165.
- [18] Pereira, G. Fisioclimatología de los animales domésticos aplicada a la producción animal en el trópico americano. Editorial América. Caracas, Venezuela. 1987; 269 p.
- [19] Freeman B. Body Temperature and Thermoregulation. In: *Physiology and Biochemistry of The Domestic Fowl*, Freeman B., ed., Academic Press, Huntingdon (GBR). 1987; vol. 4:365-375.
- [20] Valancony H. Les moyens de lutte contre le coup de chaleur. Deuxièmes Journées de la Recherche Avicole. 1997; 2:153-160.
- [21] Washburn K, EL-Guedy E, Eberhart D. Influence of body weight on response to a heat stress environment, in: *Proceedings 19th World's Poultry Congress*, Amsterdam, Netherlands. 1992; 2:53-56.
- [22] Ahlong G. Evaluación del comportamiento productivo de gallinas 188 reproductoras de la línea pesada bajo dos condiciones climáticas de Venezuela. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Postgrado en Producción Animal, Tesis Doctoral. Aragua, Venezuela. 1999; p. 15-28.
- [23] Picard M. Consecuencias fisiológicas de la cría de aves en ambientes calurosos. Mecanismos de reducción del estrés térmico en aves y cerdos. Algunas técnicas de

- medición del estrés y estrategias de investigación en clima tropical. Curso Internacional, INRA, UCV, Maracay, Venezuela. 2004.
- [24] Yahav S. Relative humidity at moderate ambient temperatures: its effect on male broiler chickens and turkeys. *Br. Poultry Sci.* 2000; 41: 94-100.
- [25] Abu-Dieyeh. Effect of high temperature per se on growth performance of broilers. *International J. Poultry Sci.* 2006; 5(1):19-21.
- [26] Altan O, Altan A, Oguz I, Pabuccuoglu A, Konyalioglu, S. Effects of heat stress on growth, some blood variables and lipid oxidation in broilers exposed to high temperature at an early age. *Poultry Sci.* 2000b, 41: 489- 493.
- [27] Toyomizu M, Tokuda M, Mujahid A, Akiba Y. Progressive alteration to core temperature, respiration blood acid-base balance in broiler chickens exposed to acute heat stress. *The Journal Poultry Sci.* 2005, 42:110-118.
- [28] De Basilio V, Picard M. La capacité de survie des poulets à un coup de chaleur est augmentée à une température élevée. *INRA. Prod Anim.* 2002; 15(4):235-245.
- [29] Cooper M, Washburn K. The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption and feed utilization in broilers under heat stress. *Poultry Sci.* 1998, 77: 237 ± 242.
- [30] May JD. Ability of broilers to resist heat following neonatal exposure to high environmental temperature. *Poult Sci.* 1995; 74:1905-1907.
- [31] Aïn Baziz H, Geraert P, Padilha J, Guillaumin S. Chronic heat exposure enhances fat deposition and modifies muscle and fat partition in broiler carcasses. *Poult. Sci.* 1996, 75: 505-513.
- [32] Quintão G, Rostagno H, Teixeira L, Quintão A. Efeito da temperatura ambiente e da restrição alimentar sobre o desempenho e a composição da carcaça de frangos de corte. *Rev. Bras. Zootec.* 2000, 29(4):1117-1123, 2000.
- [33] Corona J. Efecto del estrés calórico sobre la fisiología y calidad del huevo en gallinas ponedoras. *Revista electrónica de Veterinaria - ISSN 1695-7504.* 2013. Disponible en línea: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070713/071308.pdf> (Consultado: 14 de mayo de 2013).
- [34] Holik V. 2009. Management of laying hens to minimize heat stress. *Lohmann information.* Tanzania. Disponible en línea: http://www.lohmanninformation.com/content/1_i_44_artikel3.pdf. (Consultado: 10 de noviembre de 2011)
- [35] De Basilio V, Lovera M, Tepper E, Becerra A, Bastianelli D, Rojas J. Restricción de alimento diurno reduce muerte por calor en granjas avícolas comerciales (Diurnal feed restriction reduces death by heat in commercial poultry farms). *Rev Cient, FCV-LUZ / vol. xx, 2010; (1)42-52.*
- [36] Juárez R. Evaluación de la relación entre la temperatura ambiental y de la cama, en pollos de engorde. Tesis de Pregrado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 2007; 53 p.
- [37] Pérez M. Algunos Indicadores del estrés térmico en pollos de engorde en granjas comerciales del estado Aragua. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Tesis de Pregrado. Aragua, Venezuela. 2003, 85 pp.
- [38] Pérez M, De Basilio V, Colina Y, Oliveros Y, Yahav S, Picard M, Bastianelli D. Evaluation du niveau de stress thermique par mesure de chair dans des conditions de production au Venezuela. *Revue D'élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux.* 2006; (59):1-10.
- [39] Maldonado B, Álvarez R, Oliveros I, Machado W. Efecto de dos tipos de coberturas de galpones sobre el estrés calórico en pollos de engorde durante la época seca. *Revista Científica, FCV-LUZ.* Vol. XII-Sup. 2002, 2:491-493.
- [40] Angulo I. Manejo nutricional de aves bajo condiciones de estrés térmico. FONAIAP divulga, julio ± septiembre. Venezuela. 1991, p. 2-4.
- [41] Lahoz F. Control ambiental en galpones de pollos. <http://www.engormix.com/nuevo/prueba/areadeavicultura1.asp?valor=210>.
- [42] Lacy M, Czarick M. Ventilating poultry houses on cold days. *Poultry Digest.* 1991; 50:68-69
- [43] Aerts, J-M, Berckmans D, Saevels P, Decuyper, E, Buyse, J. Modelling the static and dynamic responses of total heat production of broiler chickens to step changes in air temperature and light intensity. *Brit. Poultry Sci.* 2000, 41: 651- 659.
- [44] Bligh J, Johnson K. Glossary of terms for thermal physiology. *J. Appl. Physiol.* 1973, 35, p. 941.
- [45] Arjona A, Denbow D, Weaver, W. Effect of heat stress early in life on mortality of broilers exposed to high environmental temperatures just prior to marketing. *Poult. Sci.* 1988, 67, 226-231.
- [46] De Basilio V, Vilariño M, León, A, Picard, M. 2001c. Efecto de la aclimatación precoz sobre la termotolerancia en pollos de engorde sometidos a un estrés térmico tardío en condiciones de clima tropical. *Rev. Cient. FCV-LUZ,* 2001c 11:60. 68.
- [47] De Basilio V, Requena F, Leon A, Velazco Z, Picard, M. Does early thermal conditioning sometimes fail to improve resistance of broilers to heat stress? *Animal Research.* 2002, 51: 407-420.
- [48] Yahav S, Mc Murtry J. Thermotolerance acquisition in broiler chickens by temperature conditioning early

- in life. The effect of timing and ambient temperature. *Poult. Sci.* 2001, 80, 1662-1666.
- [49] Bigot K, Tesseraud S, Taouis M, Picard M. Alimentation néonatale et développement précoce du poulet de chair. *INRA Prod Anim.* 2001; 14:219- 230.
- [50] Yahav S, Hurwitz S. Induction of thermotolerance in male broiler chickens by temperature conditioning and early age. *Poult Sci.* 1996; 75:402- 406.
- [51] De Basilio V, Oliveros I, Vilariño, M, Díaz J, León A, Picard, M. Poulets de chair au Venezuela. *Rev Elev Med Vet Pays Trop.* 2001; 54:159-167.
- [52] Piestun Y, Shinder D, Ruzal M, Halevy O, Brake J, Yahav S. Thermal manipulations in late-term chick embryos have immediate and longer term effects on myoblast proliferation and skeletal muscle hypertrophy. *Poult Sci.* 2008; 87:1516-1525.
- [53] Yahav A, Straschnow D, Luger D, Shinder J, Tanny Cohen S. Ventilation, sensible heat loss, broiler energy, and water balance under harsh environmental conditions. *Poult Sci.* 2004;. 83:253-258.
- [54] Collin A, Berri C, Tesseraud S, Requena F, Cassy S, Crochet S, Duclos M, Rideau N, Tona K, Buyse J, Bruggeman V, Decuyper E, Picard M, Effects of thermal manipulation during early and late embryogenesis on thermotolerance and breast muscle characteristics in broiler chickens. *Poult Sci.* 1992; 86: 795-800.
- [55] Yahav, S. Effects of thermal manipulation during early and late embryogenesis on thermotolerance and breast muscle characteristics in broiler chickens. *Poult Sci.* 2007; 86:795-800.
- [56] Collin A, Picard M, Yahav S. The effect of duration of thermal body temperature of post hatched chicks. *Anim Res.* 2005, 54:105-112.
- [57] Yahav S, Plavnik I. Effect of early-age thermal conditioning and food restriction of performance and thermotolerance of male broiler chickens. *Br Poult Sci.* 1999; 40:120-126.
- [58] Bruzual J, Peak S, Brake J, Peebles E. Effects of relative humidity during incubation on hatchability and body weight of broiler chicks from young breeder flocks. *Poult Sci.* 2000; 79:827-830.
- [59] Piestun Y, Halevy O, Yahav S. Thermal manipulations of broiler embryos, the effect on thermoregulation and development during embryogenesis. *Poult Sci.* 2009; 88:2677-2688.