

DESEMPEÑO CARDIOVASCULAR DE DOS ESTIRPES DE *Gallus gallus domesticus* SOMETIDAS A ESTRÉS CALÓRICO AGUDO

Cardiovascular Performance of Two Lineages of Gallus gallus domesticus Subjected to Acute Heat Stress

Tony C. Chacón Chacón^{*1}, Vasco A. De Basilio De Abreu^{**}, Héctor A. Zerpa González^{*},
Livia V. Pinto Santini^{**}, Jesús Rojas^{*}, Simón G. Comerma Steffensen^{*}, Arnaldo J. Risso Silva^{***}
y Néstor E. Obispo Hernández^{****}

^{*}Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Central de Venezuela. ^{**}Facultad de Agronomía.
Universidad Central de Venezuela. ^{***}Área de Medicina Veterinaria. Universidad Nacional Experimental
Rómulo Gallegos. ^{****}Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas CENIAP-INIA

Correo-E:mvtonych@gmail.com

Recibido: 13/02/15 - Aprobado: 04/11/15

RESUMEN

La selección genética en aves de corral se ha basado en caracteres para crecimiento rápido y no para la adaptabilidad a condiciones estresantes. En esta investigación, se evaluaron variables ambientales y cardiovasculares de dos estirpes de *Gallus gallus domesticus* con diferentes niveles de domesticación, sometidas a condiciones de estrés calórico agudo. Para la realización del experimento, se utilizaron pollos de engorde comerciales con alto nivel de selección genética (n=40) y pollos criollos (n=40) con bajo nivel de selección. Todos los pollos se criaron bajo las mismas condiciones hasta el día 36 de edad, día en que se evaluó: temperatura ambiental, humedad relativa, temperatura corporal, frecuencia cardíaca, volumen sistólico y gasto cardíaco. El día 37, ambos grupos de animales fueron expuestos a una simulación de estrés calórico agudo (34°C), midiéndose las variables antes mencionadas. Los datos fueron analizados como medidas repetidas (PROC MIXED de SAS, 2005), bajo un diseño de bloques. El día 37, las temperaturas corporales de los pollos comerciales (46,1±0,2°C) fue significativamente mayor (P≤0,01) que las de los criollos (43,5±0,9°C). El incremento en la frecuencia cardíaca (38±1 lat/min) de los pollos comerciales fue mayor (P≤0,01), en

ABSTRACT

Genetic selection in poultry has been based on fast growth characters and not on stress adaptability. This investigation assessed cardiovascular variables in two lineages of *Gallus gallus domesticus* of different domestication levels, subjected to acute heat stress. To carry out the assay, broiler chickens (n=40) with a high-end level of genetic selection and creole chickens (n=40) with a low-end level of genetic selection were evaluated. All chickens were reared under the same conditions until day 36 of age, at which day, the following variables were measured: environmental temperature, relative humidity, body temperature, heart rate, systolic volumen, and cardiac output. On day 37, both flocks were exposed to an acute environmental heat stress simulation (34 °C). Data were analyzed with repetitive measures test (PROC MIXED, SAS, 2005), with a two-way arrangement. During the heat stress simulation, body temperature of broilers (46.1±0.2°C) was higher (P≤0,01) than that of creole chickens (43.5±0.9°C); likewise, the increase in broilers heart rate (38±1 beats/min) was higher (P≤0,01), when compared to the increase in creole chickens (23±0 beats/min) from the day before. Similarly, a lower (P>0,05) systolic volume (0.33±0.03 mL/beats) and

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

contraste con la de los pollos criollos (23 ± 0 lat/min), cuando comparamos con el día anterior. De igual modo, cuando se hace la comparación con respecto al día anterior (día 36), el volumen sistólico ($0,33 \pm 0,03$ mL/lat) y el gasto cardiaco ($38,50 \pm 3,3$ mL/min) y disminuyeron ($P > 0,05$) en los pollos comerciales; en contraste, estas variables (volumen sistólico: $0,09 \pm 0,00$ mL/lat; gasto cardiaco: $59,10 \pm 4,8$ mL/min) aumentaron en los criollos. La relación gasto cardiaco sobre peso vivo fue mayor ($P \leq 0,01$) en los pollos criollos ($0,81 \pm 0,03$ mL/min/g) con respecto a los comerciales ($0,40 \pm 0,07$ mL/min/g). Estos hallazgos sugieren que el desempeño cardiaco de la estirpe comercial fue menos eficiente, en relación al desempeño cardiaco de la estirpe criolla, frente al estrés calórico, en comparación con los pollos criollos y que estos últimos se encuentran mejor adaptados para hacer frente a situaciones de estrés calórico ambiental.

(Palabras clave: Aves; estrés calórico; temperatura corporal; índices cardiacos)

cardiac output (38.5 ± 3.3 mL/min) was registered in broilers in contrast to an increment of these variables (systolic volume: 0.09 ± 0.00 mL/beats; cardiac output: 59.10 ± 4.8 mL/min) in creoles. Cardiac output to body weight ratio was higher ($P \leq 0,01$) in creole chickens (0.81 ± 0.03 mL/min/g) in comparison to broilers (0.40 ± 0.07 mL/min/g). These results suggest that chickens from a commercial lineage (broilers) were less effective in terms of cardiac performance, under environmental heat stress, when compared to creole chickens, suggesting that creole chickens are better adapted to cope with environmental heat stress.

(Key words: Poultry; heat stress; body temperature; cardiac index)

INTRODUCCIÓN

Durante la domesticación, los animales han sido seleccionados genéticamente de acuerdo a rasgos de interés básicamente productivos. Esta selección se ha traducido en cambios morfológicos y de comportamiento durante generaciones [1, 2]. En el caso de las aves de corral, durante los últimos años, la selección genética ha estado orientada a la búsqueda del aumento productivo a través del diseño programado de cruzamientos, estimación de las necesidades nutricionales y tecnificación de los sistemas de manejo. Dado que la alimentación es uno de los principales factores limitantes de la producción avícola, se han obtenido líneas genéticas con índices de conversión alimenticia eficientes y de desarrollo altamente precoces; sin embargo, como producto de estas mejoras, han aparecido numerosos efectos deletéreos sobre su metabolismo, reproducción, salud, comportamiento, anatomía (tamaño de corazón y pulmones), que están relacionados con esta alta selección genética [1, 3, 4, 5-8]. Además, la sistémica del organismo, y en particular los parámetros cardiovasculares de los pollos de engorde, pueden verse alterados [3, 4, 9] por la

limitación de la capacidad de los mismos, de soportar cambios drásticos en la temperatura ambiental, bajo condiciones de estrés por calor.

Lo anterior, aunado a las variaciones ambientales producto del cambio climático, podría poner en riesgo la producción de aves de corral en los países tropicales debido, entre otras, a las muertes por estrés calórico en pollos de engorde y a los altos costos de trabajar con ambientes controlados. En contraste con los pollos de engorde, los pollos criollos, aún cuando han sido domesticados y esto conllevó a un grado de selección, mantienen importantes características de rusticidad, resistencia a altas temperaturas ambientales propias del trópico, resistencia a enfermedades endémicas, comportamiento social conservando los instintos de búsqueda de alimento y el de conservación ante depredadores, entre otros [10]. Estas características de rusticidad de los pollos criollos, los hace un excelente modelo para estudiar el comportamiento de los diferentes órganos y sistemas ante situaciones estresantes y establecer cómo la selección genética para variables productivas, puede afectar estas funciones orgánicas.

El 60% de los pollos de engorde y el 70% de las granjas de ponedoras en Venezuela, están ubicados en los

estados Aragua, Carabobo y Zulia, regiones donde las temperaturas ambientales oscilan alrededor de los 30 a 32°C y altas humedades relativas afectándose estas aves por problemas de estrés térmico ambiental, que conlleva a altas tasas de mortalidad en la etapa final de la producción, con cuantiosas pérdidas económicas [11].

Con base a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue comparar el desempeño cardiovascular de pollos de engorde comerciales y criollos sometidos a estrés calórico ambiental.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Sección Laboratorio de Aves de la Facultad de Agronomía, de la Universidad Central de Venezuela, Maracay, estado Aragua; ubicada a 10° 16' 50" latitud norte y 67° 35' 58" longitud oeste, a 480 m.s.n.m, con una temperatura ambiente media de 26°C y una humedad relativa del 75% [12].

Se seleccionaron al azar, 40 pollos comerciales de la línea Ross 308, dentro de un grupo de 100 animales, y de igual manera, 40 "pollos criollos" GDBUCV Barrada, de un lote de 100, nacidos el mismo día que los comerciales.

Ambos grupos de aves (tratamientos) fueron criados en ambientes de cría comercial estándar (en piso a razón de 10 aves/m², un comedero y un bebedero por cada 20 y 40 aves, respectivamente, y solo con luz natural). La alimentación de estos animales fue a base de alimento comercial *ad libitum*, de acuerdo a los requerimientos establecidos por edad, en función de los pollos de engorde, en forma de *pellets*. Los animales presentaban condiciones óptimas de salud.

El día 36 de vida a las 11:00 am, se evaluó en ambos grupos la temperatura corporal, la frecuencia cardiaca, el volumen sistólico, el gasto cardiaco, además de la temperatura ambiente (TA). El día 37 de nacidos, los animales fueron sometidos a una simulación de estrés calórico agudo (ECA) en salas de ambiente controlado. La simulación se inició a partir de la 8:00 am, aumentándose la TA comenzando con 28 °C, hasta alcanzar la máxima de 34°C a las 11:00 am, considerada como la TA máxima soportable por las aves de corral comerciales [13]. El aumento de TA de las salas, se generó a través de criadoras a gas, reguladas con sensores de temperatura. Para este día

de vida (37) a las 11:00 am, se midieron las mismas variables, descritas para el día 36.

La temperatura ambiente durante todo el ensayo se registró con dos termohigrómetros marca Testo®, modelo 171.

La temperatura corporal (TC), fue medida con sonda de inmersión/penetración, marca Testo® 110, calibrada con precisión de 0,10°C desde 0 a 60°C, introduciendo la sonda en la cloaca del ave. Para la medición de las variables cardiacas, se utilizó un equipo de ultrasonido modelo Logic Book XP GE®, con transductor micro-convex de 4 a 10 MHz. Las imágenes fueron obtenidas con una mínima restricción de las aves y en posición de pie, para minimizar el estrés por manejo. Se utilizó una frecuencia de 8 MHz, colocando el transductor del lado izquierdo del animal, a una distancia de 1 a 2 cm dorsal a la línea media ventral, por delante de la articulación de la rodilla. Se utilizó el modo B para focalizar la imagen en un corte transversal del corazón, a nivel de los músculos papilares y el modo M para realizar las mediciones entre sístole y sístole, tomándose dos ciclos cardíacos para calcular la frecuencia cardiaca (FC), la cual se expresó en latidos por minuto (lat/min) [14]. La evaluación de los volúmenes de fin de diástole y sístole, siguieron el mismo patrón de evaluación.

El volumen sistólico (VS) se calculó restando al volumen de fin de diástole (VFD) el volumen de fin de sístole (VFS), obtenidos durante la evaluación ecocardiográfica, en el modo M, de los animales. El VS representa la cantidad de sangre que es eyectada por el corazón en cada latido, un componente principal del gasto cardiaco. Los valores de gasto cardiaco (GC), resultaron de multiplicar la frecuencia cardiaca por el VS [15]. El GC fue ajustado al peso vivo (PV), con el fin de calcular la relación gasto cardiaco por peso vivo (GC/PV).

Los datos fueron analizados estadísticamente como medidas repetidas, utilizando el PROC MIXED del programa SAS (SAS, 2005), considerándose como la medida repetida la edad del ave, el ave dentro de tratamiento como el factor aleatorio. En todos los casos, se estimaron las medias por mínimos cuadrados y se compararon por la prueba de rango múltiple de Tukey, a un nivel de significancia del 5%. Los valores se presentan como la media \pm el error estándar de la media (EEM). El diseño fue realizado bajo el concepto de bloques al azar, considerando las estirpes o grupos como bloques.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura Corporal

Los valores de TC se muestran en la Figura 1. La TC el día de ECA (día 37), fue más alta, comparada con el día anterior en ambas estirpes ($P \leq 0,001$); sin embargo, los valores más elevados para esta variable, fueron para los pollos comerciales, los cuales mantuvieron un promedio más alto para el día 37 ($46,1 \pm 0,19^\circ\text{C}$), comparado con los pollos criollos ($43,48 \pm 0,21^\circ\text{C}$; $P \leq 0,001$).

Los resultados evidencian la influencia que ejerció la

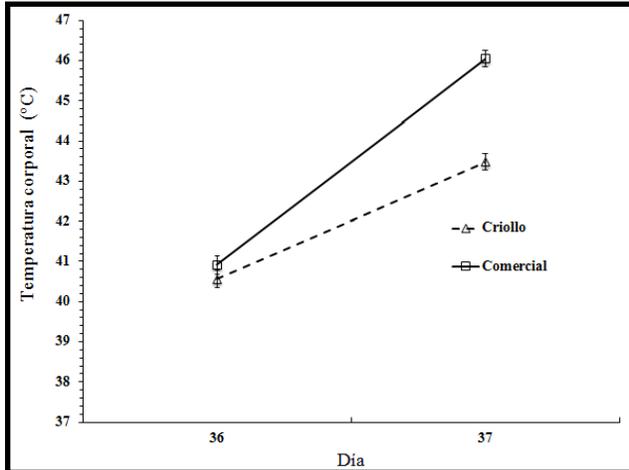


Figura 1. Variaciones en la temperatura corporal de pollos comerciales y criollos durante los días 36 y 37 de evaluación. $P \leq 0,001$ dentro de estirpes y entre estirpes para ambos días de evaluación

TA sobre la TC en las aves de corral [16]. La TC se elevó para el día del ECA, a valores que ponen en riesgo la vida del animal [17], debido a que con ese nivel de temperatura, los mecanismos de disipación son insuficientes para que el animal pueda lograr una homeostasis térmica. Esta primera variable permite establecer la influencia marcada de la TA sobre la TC del ave comercial, es decir, la susceptibilidad de la estirpe comercial a cambios térmicos por arriba de los establecidos para la cría de pollos de engorde [9]. En el caso del pollo criollo, también se incrementó la TC, cuando fueron expuestos al ECA; sin embargo, este aumento fue en menor proporción ($2,92^\circ\text{C}$). Lin *et al.* [18] encontraron incrementos de TC, producto de las elevadas TA (35°C), concluyendo que a 35°C , se producen efectos significativos sobre la TC, efectos que en esta investigación se lograron con una TA de 34°C en los pollos comerciales.

Frecuencia Cardíaca

El calor ambiental aumentó la TC, desarrollándose

en los pollos una serie de mecanismos fisiológicos para generar pérdida de calor y lograr una homeostasis térmica [18, 19]. Uno de esos mecanismos es el aumento del GC, para mantener mayores volúmenes de sangre en circulación y hacer efectiva la evaporación cutánea y respiratoria [19]. La FC, uno de los componentes del GC que se evaluó en este trabajo (Figura 2), fue un reflejo de la influencia del aumento de la TC del ave. El ave comercial aumentó los valores de esta variable (38 lat/min) de manera significativa ($P \leq 0,05$) durante el ECA, pero en los criollos, aun cuando esta variable aumentó (23 lat/min), el incremento no fue significativo.

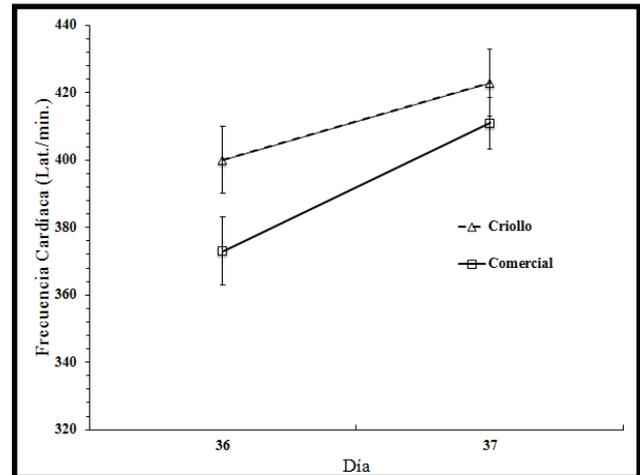


Figura 2. Variaciones en la frecuencia cardíaca de pollos comerciales y criollos durante los días 36 y 37 de evaluación. $P \leq 0,05$ dentro del tratamiento con estirpe comercial

En condiciones de estrés, se origina un aumento de la FC, debido al efecto de las catecolaminas que se liberan de la médula adrenal, siendo un indicador fisiológico importante de estrés [17, 20-22]. Sin embargo, en individuos que mantienen FC tan altas, su aumento puede ir en detrimento del propio animal. Al aumentar la FC, se acorta el tiempo que tiene el músculo cardíaco para su relajación y como resultado de eso, los volúmenes telediastólicos serán menores, lo que puede influir para que el VS sea menor y produzca una disminución del GC [23]. Por lo tanto, el aumento del GC durante el ECA para promover la disipación calórica en las aves de corral, debería depender en mayor medida del VS [24].

Volúmen Sistólico y Gasto Cardíaco

Cuando se analiza el valor del VS para el día del ECA, se aprecia que este valor disminuyó para la estirpe comercial ($0,33 \text{ mL/lat}$). Esta situación

se corresponde con lo planteado previamente, a mayores FC, la consecuencia hemodinámica podría ser, menores valores de volumen telediastólico. Para los pollos criollos, la situación pareciera ser contraria, ya que éstos aumentaron el valor del VS en 0,09 mL/lat (Figura 3).

El análisis de los datos del GC, indica que para el día del ECA, el valor en los pollos comerciales disminuyó con respecto al día 36, siendo la diferencia en promedio $38,49 \pm 3,25$ mL/min (Figura 4), es decir, la cantidad de sangre eyectada por el corazón en un minuto, que bajo condiciones de estrés térmico debe aumentar, para que el pollo sea capaz de disipar el calor, no fue evidenciada en este ensayo, bajo las condiciones postuladas en los pollos comerciales. Se observa entonces la influencia que ejerce la disminución del VS sobre el GC en los pollos comerciales [15].

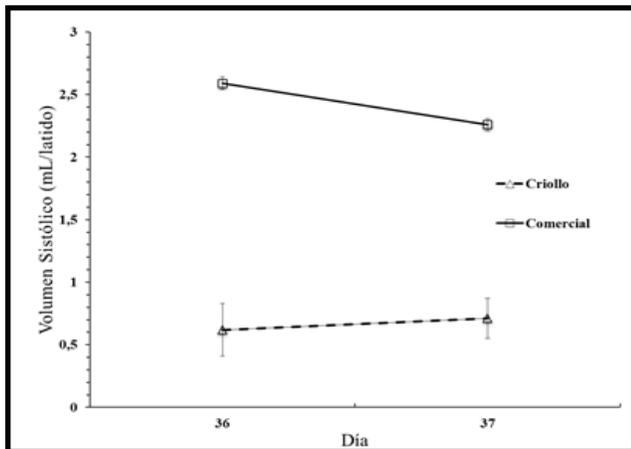


Figura 3. Variaciones en el volumen sistólico de pollos comerciales y criollos durante los días 36 y 37 de evaluación

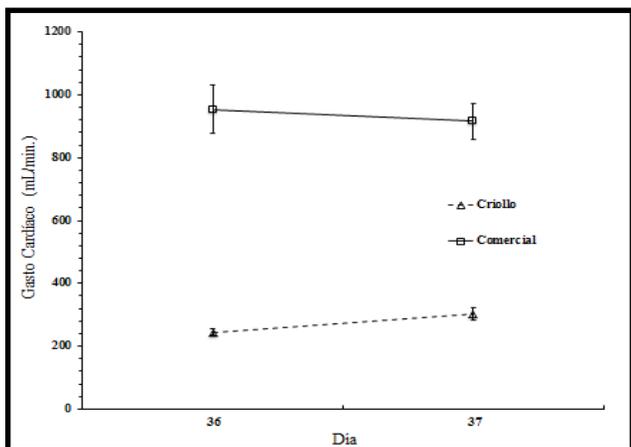


Figura 4. Variaciones en el gasto cardíaco de pollos comerciales y criollos durante los días 36 y 37 de evaluación. $P \leq 0,05$ dentro del tratamiento con estirpes criollos

Los pollos comerciales aumentaron de manera significativa su FC durante el ECA, lo que reduce el tiempo de llenado ventricular o volumen de fin de diástole, pudiendo conllevar a un menor VS. En contraste, para los pollos criollos, el valor del GC aumentó de manera significativa ($P \leq 0,05$) el día 37 de vida, siendo la diferencia en promedio $59,08 \pm 4,80$ mL/min, en comparación con el día 36. El pollo criollo aumentó su FC, pero en menor proporción que el pollo comercial, aumentando también el VS durante el día del ECA; por consiguiente, es capaz de aumentar los valores del GC.

El GC se eleva debido a un incremento del consumo de oxígeno, descenso de la resistencia vascular periférica secundaria a la vasodilatación y deshidratación [25]. Los aumentos del GC, en la medida que aumenta el tamaño del animal y disminuye la FC, dependen del aumento del VS [26]. El volumen sistólico se incrementa con la edad en la medida en que los ciclos cardiacos se alargan, es decir, el tiempo diastólico se prolonga, cuando la FC es más baja, lo que permite que los volúmenes de fin de diástole sean mayores. Esto permitiría al corazón de los pollos mantener volúmenes sistólicos mayores, incrementando el GC a expensas de esta variable.

Relación Gasto Cardíaco y Peso Vivo

Esta relación fue mayor en ambos días de evaluación para los animales criollos, teniendo una diferencia estadística de $P \leq 0,001$, con respecto a los pollos comerciales (Figura 5). Cuando se evalúa el día del ECA y se compara con el día anterior, para las dos estirpes en estudio, se observa que el pollo comercial disminuyó su relación GC/PV ($0,01$ mL/min/g), en contraste con el pollo criollo, el cual es capaz, gracias a la eficiencia de su músculo cardíaco, no sólo de mantener un volumen de eyección por minuto mayor en relación a su peso corporal con respecto al comercial durante el día 36, sino que también frente a un estímulo de estrés calórico agudo, lo cual le impone un mayor trabajo al corazón, y éste aumenta su GC ($0,17$ mL/min/g) ($P \leq 0,05$). En contraste, al normalizar la respuesta del GC por el PV, los pollos comerciales demostraron un menor desempeño cardíaco al reducir el GC.

El incremento del GC representa una garantía para mantener las funciones orgánicas en el cuerpo, gracias a que se aportan proteínas, vitaminas, electrolitos, oxígeno y aquellas sustancias que el organismo

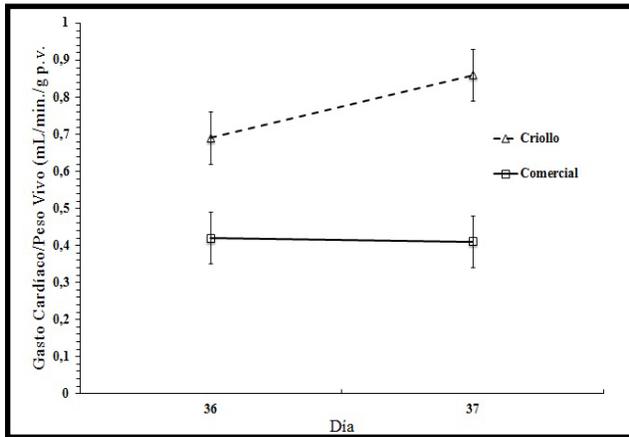


Figura 5. Variaciones en la relación gasto cardíaco/peso vivo de pollos comerciales y criollos durante los días 36 y 37 de evaluación. $P \leq 0,001$ entre estirpes para ambos días de evaluación. $P \leq 0,05$ entre tratamiento con estirpes criollos

requiere, así como para la eliminación de aquellas que necesita desechar [15]. Esta respuesta hace pensar en una mejor adaptación de los pollos criollos a situaciones de estrés térmico ambiental, debido al mantenimiento de la función inotrópica miocárdica más eficiente que los pollos comerciales frente al estrés calórico agudo.

Los desempeños fisiológicos aquí encontrados, sugieren que entre estas dos estirpes estudiadas, tal y como se ha encontrado entre otras razas de aves de corral [27], existen diferencias genéticas que influyen las variables cardiovasculares evaluadas. Cahaner *et al.* [28] e Islam y Nishibori [29], han reportado que existen diferencias en la tolerancia al estrés calórico entre las distintas estirpes de pollos, indicando que los linajes de rápido crecimiento, por su alta selección genética, son más sensibles a cuadros de estrés térmico ambiental.

La selección para rápido crecimiento en pollos de engorde, ha producido animales con altas diferencias morfométricas, tal como lo han reportado Wideman *et al.* [30] y Mignon-Grasteau *et al.* [31]. Este hecho puede estar originando las diferencias encontradas en este trabajo, en lo que respecta a las variables cardíacas bajo estados de estrés calórico agudo ambiental. Se ha encontrado que la velocidad de crecimiento de órganos internos en pollos comerciales, no se corresponde con la velocidad de crecimiento del músculo estriado [8], por ejemplo se ha reportado que los síndromes de ascitis en pollos de engorde, están directamente relacionados a la incapacidad anatómica de los pulmones, para responder a aumentos del gasto

cardíaco [32]. Lo descrito puede influir en que estas aves se vean en deficiencias al momento de responder a temperaturas que sobrepasen la zona de confort.

CONCLUSIÓN

La temperatura ambiental ejerce una clara influencia sobre la temperatura corporal de aves de corral, ejerciendo un mayor efecto sobre pollos de engorde comerciales, cuando se comparan con pollos criollos. En pollos de engorde comercial, los aumentos de la temperatura corporal influyen la frecuencia cardíaca, lo que origina incrementos de esta variable, que producen disminución del volumen sistólico y en consecuencia del gasto cardíaco, cuando los animales se encuentran bajo situaciones de estrés calórico.

Los pollos criollos, parecen estar adaptados a condiciones de temperatura ambiente elevadas, éstos son capaces de aumentar sus valores de gasto cardíaco, cuando están expuestos a aumentos de calor ambiental. Los pollos comerciales tienen una menor relación volumen de sangre eyectada por el músculo cardíaco/min/g de peso vivo, en comparación con los pollos criollos, lo que los hace menos eficientes al momento de disipar calor, a través de la evaporación corporal pero principalmente la evaporación respiratoria, para la cual estos animales necesitan llevar altos volúmenes de sangre a los pulmones para poder ser enfriada, siendo éste el principal mecanismo de pérdida de calor corporal en los pollos.

DECLARACION DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran expresamente que no hubo conflicto de intereses durante el desarrollo de este trabajo.

REFERENCIAS

1. Väisänen J, Lindqvist C, Jensen P. Co-segregation of behaviour and production related traits in an F3 intercross between Red Jungle fowl and White Leghorn laying hens. *Livest Prod Sci.* 2005; 94:149-158.
2. Mirkena T, Duguma G, Haile A, Tibbo M, Okeyo A, Wurzinger M, Solkner J. Genetics of adaptation in domestic farm animals: a review. *Livest Sci.* 2010; 132: 1-12.
3. Rauw W, Kanis E, Noordhuizen-Stassen F, Grommers F. Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review. *Livest Prod Sci.* 1998; 56:15-33.
4. Schütz K, Forkman B, Jensen P. Domestication effects on foraging strategy, social behaviour and different fear

- responses: a comparison between the Red Jungle fowl (*Gallus gallus*) and a modern layer strain. *Appl Anim Behav Sci.* 2001; 74:1-14.
5. Druyan S, Shlosberg A, Cahaner A. Evaluation of growth rate, body weight, heart rate, and blood parameters as potential indicators for selection against susceptibility to the ascites syndrome in young broilers. *Poult Sci.* 2007; 86:621-629.
 6. Lindqvist C. Domestication effects on foraging behavior - consequences for adaptability in chickens. Linköping in Science and Technology. Dissertation N° 1164. IFM Biology Division of Zoology. Linköping University, Sweden Linköping. 2008; 1-37.
 7. Lindqvist C, Jensen P. Domestication and stress effects on contrafreeloading and spatial learning performance in Red Jungle Fowl (*Gallus gallus*) and White Leghorn layers. *Behav Processes.* 2009; 81:80-84.
 8. Rivero A, Farfan C, Oliveros Y, Chacón T, De Basilio V. Effect of two environmental conditions (hot and fresh) on the biometric variables in chickens of puts on weight separated by sex and corporal condition. XXIX World Poultry Congress, Brasil. 2012; 68-Sup. 1.
 9. Yahav S, Shinder D, Tanny J, Cohen S. Sensible heat loss: the broiler's paradox. *World's Poult Sci J.* 2005; 61:419-434.
 10. González E, Bisbal F. Los Recursos Zoogenéticos de Venezuela. Las Especies de Explotación Zootécnica. Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. 2007; 14-35.
 11. De Basilio V, Vilariño P, León A, Picard M. 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.* 2001; 11:60-68.
 12. INIA. Unidad Agroclimatológica. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Reporte de Estación Climatológica. Maracay. Venezuela. 2007; 1.
 13. Sumano H, Gutiérrez L. Bases Farmacológicas del Tratamiento del Estrés Calórica en Aves. *Farmacología Clínica en Aves Comerciales.* 4ª Edición. Mc Graw Hill México. 2010; p. 505-523.
 14. Chacón T, Comerma S, Colina Y, Rojas J, Rossini M, Zerpa H, *et al.* Frecuencia cardíaca como indicador de estrés calórico en pollos de engorde. *Zoot Trop.* 2009; 28 (1):93-100.
 15. Wideman R. Cardiac output in four-, five-, and six-week-old broilers, and hemodynamic responses to intravenous injections of epinephrine. *Poult Sci.* 1999; 78:392-403.
 16. Lin H, Decuyper E, Buyse J. Acute heat stress induces oxidative stress in broiler chickens. *Comp Biochem Physiol Mol Integr Physiol.* 2006; 144:11-17.
 17. Estrada M, Márquez S. Interacción de los factores ambientales con la respuesta del comportamiento productivo en pollos de engorde. *Rev Colom Cienc Pecu.* 2005; 18(3):205-252.
 18. Lin H, Zhang H, Du R, Gu H, Zhang Z, Buyse J, *et al.* Thermoregulation responses of broiler chickens to humidity at different ambient temperatures. II. Four weeks of age. *Poult Sci.* 2005; 84:1173-1178.
 19. Gleeson M. Analysis of respiratory pattern during panting in fowl, *Gallus domesticus*. *J Exp Biol.* 1985; 116:487-491.
 20. Fraga L. Manejo del estrés calórico en las aves. V Encuentro sobre Nutrición y Producción de Animales Monogástricos. FAGRO-UCV. Maracay. 1999; p. 21-36.
 21. Mormede P, Andanson S, Aupérin B, Beerda B, Guémené D, Malmkvist J, *et al.* Exploration of the hypothalamic-pituitary-adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiol Behav.* 2007; 92:317-339.
 22. Rojas J, Comerma S, Chacón T, Rossini M, Zerpa H, Farfán C, *et al.* Efecto de la adición de minerales en el agua o alimento sobre la frecuencia cardíaca, en pollos de engorde sometidos a estrés calórico crónico y agudo. *Rev Fac Cienc Vet UCV.* 2008; 49(2):99-111.
 23. Wideman R, Tackett C. Cardio-pulmonary function in broilers reared at warm or cool temperatures: effect of acute inhalation of 100% oxygen. *Poult Sci.* 2000; 79: 257-264.
 24. Chacón T. Variables fisiológicas y etológicas en *Gallus gallus domesticus* de diferentes niveles de domesticación, criados a temperatura ambiente y bajo simulación de estrés térmico. Tesis de Maestría. Instituto de Zoología Tropical, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 2012; p. 81.
 25. Piñeiro N, Martínez M, Alemparte P, Rodríguez J. Golpe de Calor. *Emergencias.* 2004; 16:116-125.
 26. Wideman R. Pathophysiology of heart/lung disorders: pulmonary hypertension syndrome in broilers chickens. *World's Poult Sci J.* 2001; 57:289-307.
 27. Hakansson J, Jensen P. Behavioural and morphological variation between captive populations of Red Jungle Fowl (*Gallus gallus*) – possible implications for conservation. *Biol Conserv.* 2005; 122:431-439.
 28. Cahaner A, Ajuh J, Siegmund-Schultze M, Azoulay Y, Druyan S, Zárate A. Effect of the genetically reduced feather coverage in naked neck and featherless broilers on their performance under hot conditions. *Poult Sci.* 2008; 87(12):2517-27.
 29. Islam M, Nishibori M. Indigenous naked neck chicken: a valuable genetic resource for Bangladesh. *World's Poult Sci J.* 2009; 65(1):125-38.
 30. Wideman R, Forman M, Hughes J, Kochera Y, Marson N, Anthony N. Flow-dependent pulmonary vasodilatation during acute unilateral pulmonary artery occlusion in Jungle Fowl. *Poult Sci.* 1998; 77: 615-626.
 31. Mignon-Grasteau S, Boissy A, Bouix J, Faure J, Fisher A, Hinch G, *et al.* Genetics of adaptation and domestication in livestock. *Livest Prod Sci.* 2005; 93: 3-14.
 32. Wideman R, Rhoads D, Erf G, Anthony N. Pulmonary arterial hypertension (ascites syndrome) in broilers: a review. *Poult Sci.* 2013; 92(1):64-83.