

**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE MINERALES EN EL AGUA O ALIMENTO SOBRE LA FRECUENCIA CARDIACA, EN POLLOS DE ENGORDE SOMETIDOS A ESTRÉS CALÓRICO CRÓNICO Y AGUDO**

**Effect of Mineral Addition in Water or Feed on Heart Rate in Broilers under Chronic and Acute Heat Stress**

Jesús A. Rojas U.<sup>\*1</sup>, Simón G. Comerma S.<sup>\*</sup>, Tony Chacón<sup>\*</sup>, Mario Rossini<sup>\*</sup>, Héctor Zerpa<sup>\*</sup>, Charly Farfán<sup>\*\*</sup> y Vasco De Basilio<sup>\*\*</sup>

*\*Facultad de Ciencias Veterinarias y \*\*Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Apartado 4563. Maracay, estado Aragua, Venezuela.*

**Correo-E:jesusrvene40@hotmail.com**

Recibido: 15/05/08 - Aprobado: 29/10/08

RESUMEN

Se evaluaron en ambiente semicontrolado, los efectos de adición de minerales en agua o alimento sobre parámetros productivos y frecuencia cardiaca (FC) en pollos de engorde de 28-35 d y 36 d bajo estrés calórico crónico (ECC) y estrés calórico agudo (ECA), respectivamente. Se usó un total de 192 pollos, según peso, distribuidos en 6 corrales y 4 salas, asignándose 8 pollos/corral: cuatro machos y cuatro hembras. A los 21 d, para las medidas individuales, de los 8 pollos se seleccionaron 2 machos y 2 hembras, identificándolos como macho pesado, macho liviano, hembra pesada y hembra liviana. Para FC, se escogieron 48 pollos. El ensayo incluyó 3 tratamientos (T): T1: Alimento balanceado (AB); T2: AB con adición mineral y T3: AB con adición mineral en agua. El diseño utilizado fue completamente al azar con 4 repeticiones/tratamiento. La composición del suplemento mineral fue: NaHCO<sub>3</sub> (0,83%); NH<sub>4</sub>Cl (0,07%) y; NaCl (0,30%) con un balance electrolítico de 240 mEq/kg. Se evaluó consumo de alimento (CAL), consumo de agua (CAG), ganancia de peso (GP), conversión alimenticia (CA), temperatura corporal (TC), nivel de

ABSTRACT

The effects of mineral addition in feed or water on performance parameters and heart rate (HR) were evaluated in broilers at 28-35 d and 36 d under both chronic heat stress (CHS) and acute heat stress (AHS) in laboratory conditions. One-hundred ninety two broilers were used, distributed in 6 cages and 4 rooms, according to weight, with 8 animals per cage: four males and four females. For individual measurements, at 21 d, 2 males and 2 females out of 8 broilers were chosen and classified as: heavy male; light male; heavy female and; heavy female. For HR measurement, 48 broilers were used. The assay included 3 treatments (T): T1: A basal diet (BD); T2: BD plus mineral addition in feed; T3: a BD plus mineral addition in water. The experimental design was completely randomized with 4 repetitions/treatment. Composition of the mineral formula used was: NaHCO<sub>3</sub> (0.83%); NH<sub>4</sub>Cl (0.07%); NaCl (0.30%), attaining a final balance of 240 mEq/kg. The following was measured: feed consumption (FC), water consumption (WC) body weight gain (BWG), feed conversion efficiency (FCE), body temperature (BT), HR, hyperventilation

<sup>1</sup> A quien debe dirigirse la correspondencia (To whom correspondence should be addressed)

hiperventilación (NH), FC, gases y electrolitos en sangre, y mortalidad (M). Los datos fueron analizados mediante ANAVAR. Se usó Chi cuadrado para calcular el porcentaje de mortalidad. Los resultados muestran que CAL, GP y CA fueron similares en todos los T. El CAG en T2 ( $300 \pm 23,0$  mL/pollo/período) y T3 ( $290 \pm 19,0$  mL/pollo/período) fue mayor ( $P=0,016$ ) que T1 ( $220 \pm 12$  mL/pollo/período). La menor M ( $15,63\%$  vs  $37,50\%$ ) se produjo entre T3 vs T1 ( $P<0,001$ ). Los T no afectaron NH ni FC durante ECC y ECA. En todos los T hubo taquicardia significativa ( $P<0,001$ ) solamente en ECA, debido a mayores temperaturas ambientales. Se recomienda determinar gasto cardiaco, presión arterial, volumen de eyección, resistencia periférica total y morfología de ondas del electrocardiograma, para clarificar la función cardiovascular en condiciones de estrés calórico.

**(Palabras clave:** Pollos de engorde, minerales, suplementos, agua, piensos, estrés térmico, frecuencia cardiaca)

## INTRODUCCIÓN

En términos generales, el estrés se refiere a un efecto ambiental sobre un individuo que sobrepasa su sistema de control y reduce su adaptabilidad (Siegel, 1989). Este síndrome de desequilibrio orgánico, induce una serie de mecanismos defensivos, ante situaciones hostiles que podrían comprometer la vida del animal.

El estrés tiene numerosas repercusiones en avicultura. En un plantel de cría, se puede generar estrés, si se produce una demanda anormal o excesiva sobre el animal (De Basilio y Picard, 2002). El estrés incide sobre diversos sistemas del organismo. El balance energético se modifica para producir reajustes que le permitan al ave confrontar los factores causantes del estrés.

La respuesta orgánica inicial ante el estrés se halla integrada coordinadamente por el sistema nervioso, el endocrino y el cardiovascular. Esta situación inicial se conoce como respuesta de ataque o huida (Elrom, 2000) la cual es mediada principalmente por la liberación de aminas neurogénicas (noradrenalina y adrenalina), produciéndose un rápido incremento de la presión arterial, del tono muscular, de la sensibilidad nerviosa, de la respiración y de la glucemia. Otros

level (HL), blood pH, blood gases (BG), and blood electrolytes. The results were analyzed with ANOVA and mortality rate (MR) was evaluated through the Chi-square procedure. The results show that FC, BWG and FCE were similar for all T. The WC for T2 ( $300 \pm 23.0$  mL/bird/period) and T3 ( $290 \pm 19.0$  mL/bird/period) was higher ( $P=0,016$ ) than for T1 ( $220 \pm 12$  mL/bird/period). The lowest M ( $15.63\%$  vs  $37.50\%$ ) was found in T3 vs T1 ( $P<0.001$ ). The HR and HL were not affected by T during CHS and AHS. Tachycardia was the result of AHS due to higher environmental temperatures. Assessment of parameters such as cardiac output, blood pressure, stroke volume, total peripheral resistance, electrocardiogram wave morphology is advised to clarify cardiovascular function under heat stress.

**(Key words:** Broilers chickens, minerals, supplements, water, feeds, heat stress, heart rate)

efectos producidos por las catecolaminas incluyen: incremento en el gasto cardiaco (aumento de la frecuencia y contractilidad cardiacas), hipervolemia y constricción periférica de los vasos sanguíneos de la piel, tracto gastro-intestinal y bazo. Por otra parte, una prolongada exposición al estrés pudiera desencadenar en el sistema nervioso una respuesta de adaptación ante el estímulo estresante o perpetuar las respuestas iniciales, lo cual podría ocasionar efectos deletéreos en el organismo.

Dentro de las distintas variedades de estrés, el estrés calórico ha sido uno de los más estudiados en aves. Desde el punto de vista de la termorregulación, las aves domésticas no están bien adaptadas a los procesos de disipación calórica, lo que puede conducir las a la muerte, al exponerse a temperaturas ambientales extremas. Una elevada temperatura ambiental hace que el ave reduzca su actividad motora, se desplace hacia zonas más frescas, aumente el consumo de agua y disminuya el de alimento. También se pueden alterar entre otras cosas, la reproducción y la producción de huevos (Wilson y Voitle, 1980).

Los efectos estacionales de la temperatura afectan al sistema cardiovascular en pollos adaptados a temperaturas de verano y de invierno (Whittow

*et al.*, 1966). Las altas temperaturas producen disminución del gasto cardiaco y de la presión sanguínea y aumento en la resistencia periférica total, en contraste con lo que ocurre en aves aclimatadas a bajas temperaturas (Lin y Sturkie, 1968). Temperaturas de 28 y 36°C producen expansión del volumen sanguíneo y disminución de la viscosidad sanguínea en pollos de engorde (Zhou *et al.*, 1999). También causan dilatación de los vasos sanguíneos, incremento en la frecuencia respiratoria (jadeo) y el consumo de oxígeno, conduciendo a un aumento de la frecuencia cardiaca (Wilson y Voitle, 1980). La hiperventilación causada por el jadeo prolongado, conduce a una pérdida de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por vía pulmonar, produciéndose una alcalosis de origen respiratorio. En pollos de engorde bajo estrés crónico, la temperatura ambiental induce cambios en la resistencia al flujo sanguíneo, debido a variaciones en el hematocrito que se ajustan a los cambios en el peso del músculo cardiaco (Yahav *et al.*, 1997). Aunque tales cambios no han sido observados en pollos de engorde sometidos a estrés calórico agudo, estos podrían ser parcialmente responsables de la incapacidad de los pollos para controlar la temperatura corporal.

En Venezuela, más del 50% de las granjas avícolas se ubican en zonas con temperaturas ambientales anuales promedio iguales o mayores de 28°C. A esto se le suma la elevada humedad relativa, lo que trae como consecuencia un incremento en la mortalidad (5 a 20%) en la población de pollos (De Basilio *et al.*, 2001). Esto genera condiciones ambientales inadecuadas para la cría, incidiendo negativamente sobre los parámetros productivos. Se han reportado niveles de mortalidad de alrededor de un 20 % en la etapa de finalización (última semana de cría), lo cual se asocia a pérdidas económicas importantes, ya que el costo de producción de estas aves ya ha alcanzado más del 80% (Oliveros, 2000).

Otro aspecto importante que incide en la nutrición de las aves se refiere al uso de minerales (electrolitos) en la dieta, como una alternativa preventiva para mejorar el comportamiento fisiológico y productivo en aves sometidas a estrés calórico (Smith y Teeter, 1987; Borges *et al.*, 2003). Se cree que el efecto benéfico de la adición de estos electrolitos, está relacionado fundamentalmente por su efecto sobre el balance ácido-básico.

Durante mucho tiempo, se ha venido investigando

en distintos países como Brasil y EUA (Borges *et al.*, 2003), el efecto de la adición de minerales, pero en Venezuela, hasta el presente, no se ha profundizado en este aspecto. Solo algunos trabajos preliminares han reportado reducciones en la mortalidad (Farfán, 2008), con la adición de electrolitos en el agua, aunque no se han evidenciado mejoras con la adición de minerales en el alimento (Bolívar, 2008).

En la presente investigación se evaluó el efecto de la adición de minerales en el agua o alimento sobre la frecuencia cardiaca, en pollos de engorde sometidos a estrés calórico crónico y agudo, durante la etapa de finalización, en condiciones de laboratorio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### **Ubicación**

El ensayo se llevó a cabo en la Unidad de Ambiente Semi-Controlado (UASC) de la Sección Laboratorio de Aves de la Facultad de Agronomía, de la UCV, Maracay, estado Aragua, Venezuela, ubicada a 10°, 16 min, 50 s latitud N y 67°, 35 min, 58 s longitud O, a 480 m.s.n.m, con una temperatura ambiental (TA) media de 25°C y una humedad relativa (HR) del 75% (INIA, 2007).

### **Instalaciones**

La UASC se dividió en cuatro (4) salas: A, B, C y D. Cada sala contaba con seis (6) corrales de 1 m<sup>2</sup> cada uno, con un comedero tipo tolva y un bebedero automático tipo campana. Se contó con un sistema de medición de consumo de agua, para 4 de los 6 corrales por sala.

### **Manejo de los pollos**

Para el inicio del experimento, había una población de 300 pollitos bebe sexados, del híbrido Ross 308. Entre el arribo de los pollos y el d 15, se pesaron individualmente, se identificaron por sexo mediante observación de las plumas del ala y se alojaron en la Sala A de la UASC. Se les colocó bebederos de galón y comederos de plato. A los 21 d, se escogieron según su peso, un total de 192 pollos experimentales (8 pollos/4 salas/6 corrales), seleccionándose 4 hembras y 4 machos. A los 21 d de edad, de los 8 pollos, se seleccionaron 4: dos machos y dos hembras, clasificándolos por categoría de peso, eliminando los valores extremos (según el manual Ross) y se identificaron como macho

pesado, macho liviano, hembra pesada y hembra liviana, en relación con el promedio de peso vivo de la población. Los pollos pesados fueron aquellos cuyos pesos vivos fueron superiores al peso promedio de la población para el d 28 (1400 g) y los livianos, aquellos cuyos pesos vivos eran inferiores al mismo. En vista de las dificultades de manipulación de los pollos, para las medidas de frecuencia cardiaca (FC) se utilizaron 48 pollos (2 pollos/6 corrales/4 salas), los cuales se identificaron como machos pesados y hembras pesadas. En la UASC, entre los 28 a 35 d de edad de las aves, se mantuvo una TA entre los 28 a 32°C (ambiente de estrés crónico). Cuando los pollos alcanzaron los 36 d de edad, se realizó una simulación de estrés agudo. Con la ayuda de una fuente calórica artificial, se generó un ambiente con una temperatura de 34°C a partir de las 09:00 h, incrementándose posteriormente a 41,7°C a las 10:00 h. La simulación se extendió hasta las 15:00 h (un total de 06 h), momento en el cual ya se había alcanzado una mortalidad superior al 25 %.

### Tratamientos

Se evaluaron 3 tratamientos, los cuales tenían como base un alimento balanceado: T1: control (sin adición mineral); T2: adición mineral en el alimento y; T3: adición mineral en el agua de beber. Se establecieron 8 repeticiones (corrales) de 8 pollos cada uno, para cada tratamiento (24 corrales en total), para un total de 192 pollos (96 hembras y 96 machos), en un arreglo completamente al azar y se incluyó el factor sexo y la condición corporal. La concentración de minerales en el T2 fue de 240 mEq/kg alimento mientras que para el T3, se mantuvo el mismo nivel en términos de mEq, pero considerando una relación de consumo agua: alimento de 4:1, basada en las mediciones del consumo de agua y alimento, una semana antes del inicio del experimento (21-28 d de edad de los pollos), con la finalidad de igualar el consumo de electrolitos tanto en el agua como en el alimento. La composición de la fuente mineral utilizada fue: 0,83% de Bicarbonato de Sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ); 0,07% de Cloruro de Amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ); y 0,30% de Cloruro de Sodio ( $\text{NaCl}$ ). El alimento terminador comercial fue formulado en base de maíz-soya, reportando un mínimo de 19,5% de proteína cruda, 6,5 % de grasa, 50% de extracto libre de nitrógeno y un máximo de 4,5% de fibra cruda y 2800 Kcal/kg.

### Frecuencia y modo de evaluación de las variables en el experimento

**Consumo de alimento (CA):** Se determinó para todos los corrales en dos fases: Fase 1 entre las 7:00 h y 17:00 h (Día) y Fase 2 entre las 17:00 h y 07:00 h (Noche), durante los ocho d del experimento. El consumo se determinó por diferencia en el peso del comedero con el alimento administrado, y el peso del comedero con el alimento residual después de su consumo.

**Consumo de agua (CAG):** Se determinó diariamente en 4 de los 6 corrales. Se utilizaron bolsas de agua, obteniendo el consumo mediante el peso de la bolsa antes del consumo y después del mismo. El agua que consumieron los pollos no contenía aditivos.

**Peso vivo (PV):** Para su medición, se utilizó una balanza electrónica *Ohaus® (Pine Brook, New Jersey, USA)* con rango de 0 a 5000 g y precisión de 0,1 g. Se pesaron los pollos en horas de la mañana a los 28, 35 y 36 d de edad de la fase experimental, respectivamente.

**Temperatura corporal (TC):** Para la medición de esta variable, se usó un termómetro rectal con sonda de inmersión/penetración inalámbrica marca *Testo® 110 (GmbH and Co, Lenzkirch, Germany)*, calibrado con precisión de 0,10°C desde 0 a 60 °C. Para ello, se introdujo el termómetro de sonda en la cloaca, a nivel del colon terminal, hasta una profundidad de 4 a 5 cm. La TC se midió de forma individual a los pollos previamente identificados por cada corral, durante los 28, 31, 35 y 36 d de la fase experimental, respectivamente, en dos períodos por d, definidos de la siguiente manera: período 2 (Mediodía, 13:00 h – 14:00 h) y período 3 (Tarde, 17:00 h – 18:0 h).

**Frecuencia cardiaca (FC):** En la medición de la FC se utilizó un equipo de registro electrocardiográfico constituido por un monitor multiparámetro (*Advisor®; Smiths Medical, PM, Inc. Waukesha, Wisconsin, USA*). Fueron utilizados solamente los pollos identificados como machos y hembras pesados de cada corral, sobre la base de su mayor susceptibilidad a morir por golpe de calor, en relación con los livianos (Farfán, 2008). La evaluación electrocardiográfica se realizó en dos oportunidades: en la última semana del período de estrés calórico crónico, en el transcurso de la mañana

(10-12 h). La determinación correspondiente al estrés calórico agudo, fue realizada en la mañana antes del golpe de calor (36 d), entre las 10-12 h y en la tarde, durante el pleno golpe de calor (a partir de las 13 h). Para el registro electrocardiográfico, se utilizó una modificación de la derivación bipolar II, la cual consistió en colocar un electrodo en el cuello y el otro en la base de la cola. La sensibilidad (amplitud) del aparato de registro fue de 1,25 X, con una velocidad de papel de 25 mm/seg. Previo al desplumado de la zona y la aplicación de alcohol, los electrodos se conectaron a almohadillas impregnadas con gel. El cálculo de la FC se efectuó contando el número de complejos QRS/min (número de complejos en 3 s, multiplicados por 20), y la misma se expresó en latidos/minuto (lat/min).

**Nivel de hiperventilación (NH):** Para su medición, se empleó un cronómetro digital marca Casio® con precisión de 0,01 s. Se utilizó un cronómetro que se activaba al inicio del jadeo (el cual se reconoce por la apertura del pico) y se detenía al conteo de 15 inspiraciones no interrumpidas. Se midió en forma individual a los pollos previamente identificados por cada corral, durante los 28, 31, 35 y 36 d de la fase experimental, respectivamente, en dos períodos/d, definidos de la siguiente manera: período 2 (Mediodía, 12:00 h – 13:00 h) y período 3 (Tarde, 16:00 h – 17:00 h). Luego, mediante un cálculo matemático, se estableció el número de inspiraciones por minuto. El NH fue medido por un único observador en tres oportunidades durante 24 h: a los 28, 31 y 35 d, observando a cada ave marcada (Vilariño *et al.*, 1999).

**Análisis sanguíneos:** Fueron realizados en el laboratorio de Patología Clínica de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la UCV en Maracay, estado Aragua. Para ello, se seleccionaron los pollos identificados como hembras y machos pesados de cada corral. El muestreo se realizó a los 28, 35 y 36d de la fase experimental. A cada ave se le extrajo una muestra considerable de sangre de la vena del ala (Samour, 2000). Se colocaron alícuotas en tubos sin anticoagulante, se centrifugaron por 10 min a 2000 g, y se obtuvo suero para medir los niveles de electrolitos (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>), utilizando un equipo de medición de electrolitos marca Roche Mannheim modelo 9180. Este proceso se realizó dentro de las dos h de la toma de muestras. También se usaron

tubos con anticoagulante (heparina con litio) para las siguientes determinaciones: pH, presión parcial de CO<sub>2</sub> (pCO<sub>2</sub>), presión parcial de O<sub>2</sub> (pO<sub>2</sub>) usando un equipo analizador de gases marca AVL Compact 3, EUA. Las muestras para determinación de gases fueron refrigeradas a una temperatura entre 2 y 6°C y su procesamiento no pasó de 15 min.

**Mortalidad:** se evaluó durante la simulación del estrés agudo y se expresó en porcentaje (%).

**Temperatura ambiental (TA) y Humedad relativa (HR):** Para el registro de estas dos variables, se contó con una estación meteorológica para registro, ubicada fuera de la UASC. La TA se midió con un termómetro ambiental (Testo® 171; GmbH and Co, Lenzkirch, Germany) de lectura rápida con precisión de 0,1°C para TA y de 0,1% para HR, utilizado dentro de las salas.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos del experimento fueron analizados utilizando el paquete estadístico Stat View, mediante un ANAVAR para medidas repetidas. Los resultados del ANAVAR fueron expresados como la media más o menos el error estándar de la media (media ± EEM). Para cada variable, se consideró un nivel de significación estadística de P<0,05. Para los parámetros productivos (CA, CAG, ganancia de peso, conversión de alimento), para los fisiológicos (TA, NH); y para los electrolitos en sangre (Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> y K<sup>+</sup>), se utilizó el siguiente modelo matemático:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + S + CC + \varepsilon_{ij}$$

$y_{ij}$  = observación j-ésima (réplica) del i-ésimo tratamiento, es decir, observación conjunta del número de réplicas y el número de tratamientos.

$\mu$  = media general,

$\tau_i$  = efecto del i-ésimo tratamiento, es decir, de la suplementación mineral en alimento o agua,

S = sexo del ave

CC = condición corporal

$\varepsilon_{ij}$  = error experimental de la j-ésima observación en el i-ésimo tratamiento, es decir, del total de observaciones.

La variable mortalidad fue evaluada de manera individual, utilizándose una prueba de Chi cuadrado ( $\chi^2$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Parámetros Ambientales**

La TA de todo el período experimental promedió los  $31,99 \pm 0,08^\circ\text{C}$ , oscilando entre un mínimo de  $27,50 \pm 0,08^\circ\text{C}$  y un máximo de  $35,20 \pm 0,08^\circ\text{C}$ . Estas temperaturas estuvieron dentro del rango establecido para las condiciones de estrés calórico ( $28\text{--}31^\circ\text{C}$ ), extendiéndose por momentos a temperaturas que configuraron un estrés agudo (Estrada y Márquez, 2005). La HR registró un valor promedio de  $52,5 \pm 0,30\%$ , con un mínimo de  $39,6 \pm 0,30\%$  y un máximo de  $66,3 \pm 0,30\%$ . Estas condiciones de HR revelan que no se sobrepasa en ningún momento el 65% citado como el óptimo para la cría de pollos de engorde en etapa de finalización (Yahav, 2000). Es por ello que la HR es poco considerada en este trabajo, asumiendo que no se alcanzan valores superiores a 65% que pudieran empeorar o acentuar los problemas de estrés calórico en pollos. El promedio de TA entre los d 28 y 35 del ensayo (período de estrés calórico crónico) fue de  $32,4 \pm 0,09^\circ\text{C}$ , oscilando entre un mínimo de  $27,5^\circ\text{C}$  y un máximo de  $41,7^\circ\text{C}$ . La TA durante el estrés calórico agudo (36 d) estuvo en el orden de los  $35,1 \pm 0,48^\circ\text{C}$ , con una mínima de  $30,0^\circ\text{C}$  y una máxima de  $41,7^\circ\text{C}$ , respectivamente. Estos resultados concuerdan con los reportados por otros autores como condiciones de estrés que pueden ocasionar daños irreversibles e incluso la muerte del pollo (Estrada y Márquez, 2005; Farfán, 2008).

### **Parámetros Zootécnicos**

#### **Efecto de los tratamientos sobre el CA**

En general, el consumo de alimento entre los distintos tratamientos fue similar (Tabla 1); sin embargo, cuando se compara el consumo del día con el de la noche (Tabla 2) entre los pollos suplementados con electrolitos en el agua versus el control (T3 vs T1), se observa que fue significativamente diferente ( $P=0,002$ ), ya que los pollos bajo el T3, consumieron menos alimento (11,5 g) durante la noche que durante el día. Este efecto podría deberse a una mejor asimilación de los minerales por parte del pollo, cuando son suministrados en el agua, reduciendo por ende, la necesidad de obtenerlos del alimento, disminuyendo el apetito y así, el consumo de alimento durante ese período. Los pollos a cuya dieta se incorporaron minerales (T2), tuvieron

un consumo similar durante el día y la noche, con respecto al control (T1), lo que pudiera implicar una baja asimilación de los minerales adicionados por vía del alimento. Sin embargo, sólo hubo una tendencia (no significativa) a consumir más alimento en la noche en los pollos bajo T1 y T2.

Estos resultados discrepan de los de Damron et al. (2001), quienes señalan que el beneficio de adicionar minerales en el alimento cuando los pollos sufren de estrés calórico, radica en producir un aumento significativo en el consumo del mismo. Igualmente, Borges et al. (2003) sostienen que con un balance de electrolitos en la dieta, correspondiente a 240 mEq, se produce un aumento del consumo durante la noche, el cual se mantiene durante el día, no siendo esto lo ocurrido en esta investigación.

Con relación al T3, el resultado fue similar al reportado por Smith y Teeter (1987), quienes demostraron que bajo condiciones de estrés se produce una reducción del CA, manteniéndose además, el CAG al suplir con 0,24% de KCl. Este resultado contrasta con el obtenido por Smith y Teeter (1992), quienes añadieron KCl en el agua y lograron un mayor CA ( $105,65\text{ g/d}$ ) durante el período de estrés calórico, pudiendo esta diferencia ser debida a la fuente mineral adicionada en el agua, la temperatura del agua, el híbrido de pollos utilizado u otros factores que pudieran modificar, según sea el caso, la respuesta de los pollos a la adición de minerales. La revisión efectuada en torno a la adición de minerales es contrastante, pudiéndose reportar resultados diferentes con la aplicación de los mismos suplementos minerales.

#### **Efecto de los tratamientos sobre la ganancia de peso y la conversión alimenticia**

La ganancia de peso (GP) y la conversión alimenticia (COA) fueron similares en los diferentes tratamientos (Tabla 1). Los resultados obtenidos para CA, GP y COA coinciden con los reportados por De Souza et al. (2002). Contrariamente, Borges et al. (2004) argumentan que un mejor balance electrolítico en la dieta, como consecuencia de la adición de 240 mEq/kg de minerales, es beneficioso para mejorar la ganancia de peso durante el período de cría de los pollos, si se utilizan fuentes minerales similares a las que se aplicaron en el presente ensayo. Tanveer et al. (2005) utilizaron  $\text{NaHCO}_3$  y  $\text{NH}_4\text{Cl}$  como fuente mineral, logrando una mejora

**Tabla 1.** Efecto de los tratamientos sobre el consumo de alimento (CA), consumo de agua, (CAG) ganancia de peso (GP) y conversión alimenticia (COA), durante las dos últimas semanas de vida (21 a 35 d)

Tratamiento	CAL (g/pollo/semana)	CAG (ml/pollo/periodo*/d)	GP (g/pollo/semana)	COA
T1 (n = 64)	1110 ± 23,5	220 ± 12,0 <sup>a</sup>	354 ± 16,0	2,090 ± 0,1
T2 (n = 64)	1213 ± 59,0	300 ± 23,0 <sup>b</sup>	572 ± 43,0	2,185 ± 0,1
T3 (n = 64)	1129 ± 34,0	290 ± 19,0 <sup>b</sup>	529 ± 29,0	2,175 ± 0,1
P	NS	0,016	NS	NS

Valores expresados como la media ± EEM. Letras diferentes indican diferencias significativas.

\*Sólo consumo entre 9 y 15 h

**Tabla 2.** Efecto de los tratamientos sobre la variación del consumo de alimento durante el día y la noche

Tratamiento	Día	Noche	Variación	P
T1 (n = 64)	68,5	70,0	+ 1,5	NS
T2 (n = 64)	72,5	80,0	+ 7,5	NS
T3 (n = 64)	76,5	65,0	- 11,5	0,002

significativa en las fases de crecimiento y finalización, siendo la fuente mineral y el nivel de inclusión de estos minerales, los factores fundamentales para que se produzcan las respuestas beneficiosas.

Otros investigadores (Borges *et al.*, 2003, 2004) obtuvieron resultados con mayores eficiencias en la COA cuando estudiaron el efecto de la adición de minerales. Cabe destacar que las diferencias entre los resultados de las investigaciones de diversos autores, podrían deberse a las condiciones en las cuales se realizaron los experimentos y a los híbridos y dietas utilizados. La adición de minerales pudo haber ejercido un efecto directo sobre elementos del metabolismo que interfieren en el control de la temperatura corporal de los pollos lo que permite un mejor desempeño fisiológico, mejorando su capacidad de adaptación al calor pero sin afectar su capacidad de crecimiento o ganancia de peso.

### Efecto de los tratamientos sobre el CAG

La Tabla 1 muestra que los pollos bajo T2 y T3 tuvieron en promedio, un mayor consumo (75

mL/pollo/periodo) que los pollos sometidos al T1. Dicho consumo fue estadísticamente significativo (P=0,016). Estos resultados son similares a los reportados por Smith y Teeter (1987), Damron *et al.* (2001) y Tanveer *et al.* (2005), quienes afirman que la incorporación de minerales en el agua o alimento, aumenta significativamente el consumo hídrico.

### Mortalidad de las aves durante el estrés calórico agudo (36 d)

La mortalidad de los pollos del T2 se redujo (- 6,23%) en forma no significativa con relación al T1 (Tabla 3). Por el contrario, los pollos sometidos al T3, mostraron una disminución en la mortalidad del 21,87 % con respecto al T1 y del 15,62% con respecto al T2. Ambos valores fueron estadísticamente significativos (P < 0,001).

Estos resultados son semejantes a los reportados por Tanveer *et al.* (2005) quienes encontraron una reducción del 9% en la mortalidad en la etapa de crecimiento, cuando adicionaron minerales en el alimento. Igualmente, Borges *et al.* (2003) reportaron una disminución del 0,12% en la mortalidad, al adicionar 240 mEq/kg en el alimento en pollos de engorde bajo condiciones de estrés crónico.

El análisis de la Tabla 4, muestra que los valores de pH, bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), y presión parcial de dióxido de carbono (PCO<sub>2</sub>) de los pollos a los cuales se les incorporaron minerales en el alimento (T2) y en el agua (T3), no difirieron estadísticamente de los correspondientes al control. De igual manera ocurrió para los niveles de electrolitos séricos medidos (Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> y K<sup>+</sup>).

**Tabla 3.** Mortalidad de los pollos durante la simulación del estrés agudo

Tratamiento	Número de pollos por tratamiento	Número de pollos muertos	Mortalidad (%)	Comparación
T1	64	24 <sup>a</sup>	37,50 <sup>a</sup>	-----
T2	64	20 <sup>a</sup>	31,25 <sup>a</sup>	- 6,23 % (T2 vs T1)
T3	64	10 <sup>b</sup>	15,63 <sup>b</sup>	- 21,87 % (T3 vs T1)
P	-----	0,001	0,001	-----

\*Letras distintas entre filas indican diferencias significativas

**Tabla 4.** Efecto de la adición de minerales en el alimento (T2) y agua (T3) con respecto al control (T1), sobre el pH, concentración de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) presión parcial de dióxido de carbono ( $\text{PCO}_2$ ) en sangre venosa, y niveles de electrolitos en suero

Tratamiento	pH	$\text{HCO}_3^-$ [mEq/L]	$\text{PCO}_2$ [mm Hg]	$\text{Na}^+$ [mEq/L]	$\text{Cl}^-$ [mEq/L]	$\text{K}^+$ [mEq/L]
T1	7,28 ± 0,02	20,94	46,12 ± 2,21	144,10 ± 1,19	111,65 ± 0,79	4,79 ± 0,44
T2	7,32 ± 0,02	21,23	42,64 ± 1,55	143,00 ± 2,14	112,89 ± 0,86	5,05 ± 0,42
T3	7,30 ± 0,02	21,38	44,96 ± 2,13	144,32 ± 1,54	111,59 ± 1,43	6,18 ± 1,32
P	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Desde el punto de vista de la termorregulación, el jadeo trae como consecuencia que el animal elimine por vía respiratoria, una elevada proporción de  $\text{CO}_2$ . Ese  $\text{CO}_2$  proviene de la deshidratación del ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) formado a partir del hidrógeno ( $\text{H}^+$ ) y del bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), mediante la intervención de la anhidrasa carbónica (AC). El  $\text{CO}_2$  se elimina por vía pulmonar y no es más que un reflejo de la concentración del ácido. Por lo tanto, la pérdida de  $\text{CO}_2$  por vía pulmonar, se traduce en una disminución de la  $\text{PCO}_2$  en sangre (hipocapnia primaria) que conduce a una alcalosis de origen respiratorio.

Ahora bien, el NH para los pollos del T1 fue el mayor entre los tratamientos, pero no fue estadísticamente significativo, ni produjo un estado de alcalosis respiratoria. En forma similar, los pollos sometidos a T2 y T3, tampoco desarrollaron alcalosis respiratoria, a pesar de que su pH sanguíneo fue más elevado (aunque no significativo) que para T1. Probablemente, los sistemas amortiguadores celulares que son los que inicialmente controlan las alteraciones ácido-básicas de índole respiratoria, funcionaron en

forma eficaz. Es posible que el mayor valor de pH observado en el T2 y en el T3, haya sido debido a la incorporación de  $\text{NaHCO}_3$  y  $\text{NH}_4\text{Cl}$  en el alimento y en el agua, los cuales constituyen fuentes de álcalis.

Los resultados indican que los tratamientos no tuvieron efecto sobre el NH. Las diferencias encontradas obedecen a los cambios de TA entre el estrés crónico y el estrés agudo.

### Parámetros Fisiológicos

#### Efecto de los tratamientos sobre la FC

La FC promedio obtenida tanto en condiciones de estrés calórico crónico como agudo, fue de  $257 \pm 8$  lat/min, oscilando entre un mínimo de 170 lat/min y un máximo de 460 lat/min. La Tabla 5 muestra que la media de FC durante el período de estrés calórico crónico (28 a 35 d) fue similar (aproximadamente 199 lat/min) para todos los tratamientos. De igual forma, durante el estrés calórico agudo (36 d), la FC promedio de los tres tratamientos estuvo en el orden de los 396 lat/min. En este período de estrés térmico, las FC para el T2 ( $393 \pm 9,0$  lat/min) y

**Tabla 5.** Frecuencias cardiacas (FC) de los tratamientos a los 28, 25 y 36 d del ensayo\*

Tratamiento	FC 28 d (n = 48)	FC 35 d (n = 48)	FC 36 d (n = 48)	P<0,001
T1	199 ± 3,7	198 ± 5,0	400 ± 11,0	28 y 35 vs 36
T2	204 ± 4,1	195 ± 5,0	393 ± 9,0	28 y 35 vs 36
T3	199 ± 3,6	201 ± 4,0	395 ± 10,0	28 y 35 vs 36
P	NS	NS	NS	

\*FC en lat/min. Valores expresados como la media ± el error estándar de la media (EEM).

La significación estadística entre d, se muestra en la filas. Estrés crónico: 28-35 d; estrés agudo: 36 d

para el T3 (395±10,0 lat/min) fueron menores, pero sin significación estadística con respecto al T1 (400±11,0 lat/min). Por otra parte, al hacer la comparación entre la FC entre los dos períodos de estrés (crónico vs agudo), se evidenciaron incrementos estadísticamente significativos (P<0,001) de aproximadamente 200, 193 y 195 lat/min, para T1, T2 y T3, respectivamente.

De lo señalado anteriormente, se puede observar que los tratamientos no tuvieron una influencia significativa sobre la FC, ni en condiciones de estrés calórico crónico ni agudo.

**Efecto de los tratamientos sobre el NH**

El NH disminuyó en forma no significativa en T2 (135 insp/min) y T3 (129 insp/min) con respecto al T1 (143 insp/min). Esto indica que a pesar de la reducción en el NH, la incorporación de minerales tanto en el alimento como en el agua, no tuvo un impacto marcado sobre esa variable. Estos valores son comparables a los reportados por Barnas y Mather (1980) y Colina (2007), quienes refieren valores que oscilan entre 140 – 200 insp/min, en pollos criados bajo condiciones de estrés calórico crónico.

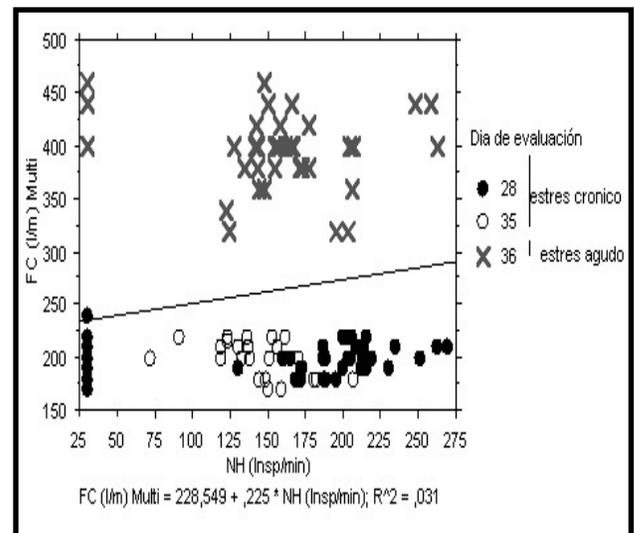
**Relación entre FC y NH**

La Figura 1 muestra la amplia variación de respuestas por parte de los pollos y se observa que FC altas se acompañan de bajos valores de NH en unos pollos y de altos en otros en condiciones de estrés calórico crónico y agudo. Esto revela la amplia gama de respuestas individuales. Podríamos igualmente pensar que los métodos empleados de medida o las variables medidas no son adecuados o que hay que profundizar más en las medidas del

proceso de hiperventilación, como lo propone Colina (2007), ya que el NH es una medida puntual y no constante en el tiempo por lo que puede producir errores. Nuevas valoraciones con otros parámetros de funcionamiento cardiaco, acompañadas de mediciones más exhaustivas del proceso de hiperventilación, son necesarias para aclarar las variadas respuestas de los pollos al calor, además de la cuantificación de otras variables fisiológicas como las sanguíneas.

**Relación entre la TA y la FC durante el estrés calórico crónico**

El d 28 del ensayo, todos los pollos estuvieron expuestos a una TA promedio de 32,2±0,051°C (min: 30,9°C; max: 33,1°C). La Tabla 5 muestra



n = 144

**Figura 1.** Relación entre la frecuencia cardiaca y el nivel de hiperventilación durante el estrés calórico crónico y agudo

que el d 28, los pollos del T1 tuvieron una FC de  $199 \pm 3,7$  lat/min, los del T2 de  $204 \pm 4,1$  lat/min y los del T3 de  $199 \pm 3,6$  lat/min. Para el 35 d, la TA fue de  $31,30 \pm 0,18$  (min:  $27,5^\circ\text{C}$ ; max:  $35,2^\circ\text{C}$ ) y la FC de los pollos del T1 fue de  $198 \pm 5,0$  lat/min, la del T2 fue de  $195 \pm 5,0$  lat/min y la correspondiente al T3 fue de  $201 \pm 4,0$  lat/min. Esas FC no fueron diferentes para ninguno de los tratamientos.

### **Relación entre TA y FC durante el estrés calórico agudo**

Durante el estrés térmico agudo, la TA ( $35,10 \pm 0,48^\circ\text{C}$ ) fue superior en  $3,8^\circ\text{C}$  a la TA correspondiente al d 35 ( $31,30 \pm 0,18^\circ\text{C}$ ). Igualmente, como lo muestra la Tabla 5, la FC del d 36 fue de  $400 \pm 11,0$  lat/min y la del 35 fue de  $198 \pm 5,0$  lat/min.

Esta alza brusca de la TA provocó un incremento significativo en los valores de FC. Se sabe que los pollos de engorde expuestos a elevadas TA, reaccionan con cambios en su comportamiento tratando de restablecer el balance calórico. Dentro de estos mecanismos de disipación calórica se encuentran el jadeo y la extensión de las alas lejos del cuerpo, para exponer las partes del mismo carentes de plumas y que poseen una irrigación sanguínea importante para el intercambio calórico. Mediante el jadeo, el ave hace pasar el aire dentro del tracto respiratorio y hacia su pico que se encuentra abierto, incrementando así, la pérdida por evaporación. El jadeo ocurre generalmente a una TA que ronda los  $30^\circ\text{C}$  (Chepete, 2008).

La TC normal de las aves es de alrededor de  $41^\circ\text{C}$  (Chepete, 2008) y tienen capacidad para conservarla dentro de un rango muy estrecho (Sturkie, 1968). El límite superior se ubica entre  $41,5 - 42,0^\circ\text{C}$  y el inferior se encuentra entre  $40,5 - 41,0^\circ\text{C}$  (Freeman, 1987). Si las aves se exponen a TA por encima de las temperaturas de la zona de confort, reaccionan disminuyendo la producción de calor y aumentan la liberación del mismo (Picard, 2004). En consecuencia, la TC aumenta y se sitúa en el rango de  $42,0 - 43,5^\circ\text{C}$  (Yahav, 2000). Bajo las condiciones de estrés térmico agudo inducido en la presente investigación, la línea de pollos utilizada (Ross 308) fue más susceptible de generar taquicardia cuando se elevó la TC, siendo dicha taquicardia mucho más marcada que la producida en mamíferos, al producirse incrementos en su temperatura interna.

Por ejemplo, se sabe que en caninos, por cada grado de incremento en la TC, la FC se eleva en 5-10 lat/min (Hamlin, 1991).

Bajo el influjo de la excesiva TA, los mecanismos termorreguladores de los pollos de engorde sujetos a esta experimentación, fueron sobrepasados porque la TC excedió los límites fisiológicos conocidos, como está plasmado en la Figura 2, que muestra que las temperaturas oscilaron entre valores por encima de los  $41^\circ\text{C}$  hasta un poco más de los  $44,5^\circ\text{C}$ .

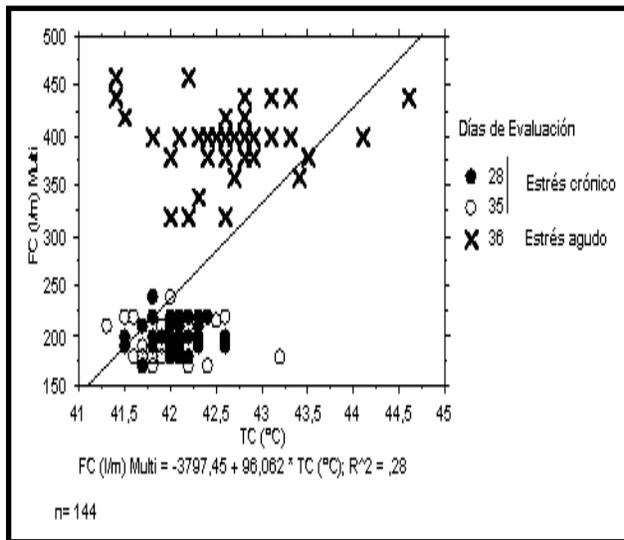
Es bien conocido el efecto que sobre el sistema cardiovascular tiene en pollos de engorde, el incremento de la TA, ya que produce vasodilatación periférica, jadeo, aumento del consumo de  $\text{O}_2$  (Wilson y Voitle, 1980) e incremento en la FC. En este ensayo, solamente se estudiaron los efectos sobre el NH y sobre la FC, pero no se efectuaron estudios acerca de la vasomoción y del consumo de  $\text{O}_2$ .

### **Relación entre TC y FC durante el estrés calórico crónico y agudo**

En la Figura 2 se observa que los d 28 y 35 (estrés crónico), los pollos registraron cifras de FC menores a 250 lat/min, con una TC que osciló entre  $41^\circ\text{C}$  y un poco más de  $42,5^\circ\text{C}$ . Esta correlación entre la TC y la FC no fue estadísticamente significativa. Por otra parte, la mayoría de los pollos sometidos al estrés calórico agudo (36 d), registró un valor de FC por encima de los 300 lat/min, con una TC que osciló entre valores ligeramente por encima de  $41^\circ\text{C}$  hasta un poco más de  $44,5^\circ\text{C}$ .

Si se contrastan los valores de TC y FC entre d 36 y 28 (Tabla 6), se evidencia que se produjo un aumento significativo ( $P < 0,0001$ ) de la TC ( $43,0 \pm 0,1^\circ\text{C}$ ) de  $0,90^\circ\text{C}$  ( $42,10 \pm 0,02^\circ\text{C}$ ). Para esta diferencia de temperatura, la FC se elevó 195 lat/min (de 201 a 396 lat/min). Esto representa un aumento de 195 lat/min (97% de incremento) por cada grado de elevación en la TC. Además, se produjo un aumento también significativo ( $P < 0,0001$ ) de  $0,97^\circ\text{C}$  en la TC entre el d 36 ( $43,00 \pm 0,10^\circ\text{C}$ ) y el d 35 ( $42,03 \pm 0,03^\circ\text{C}$ ). Para esa diferencia de TC, la FC se incrementó en un 100% con relación al d 35 (de 198 a 396 lat/min). Esto representa una elevación de 204 lat/min, por cada grado de aumento en la TC.

La Tabla 6 muestra también cómo el NH no sigue el mismo patrón de aumento de la TC y FC cuando aumenta la TA del 28 al 36 d. Igualmente,



**Figura 2.** Relación entre la temperatura corporal y frecuencia cardiaca durante el estrés calórico crónico y agudo

no cambia el pH a pesar de una ligera reducción ( $p=0,02$ ) en los niveles de  $\text{HCO}_3^-$  en sangre. Los 273 g de aumento del peso vivo de los pollos (Tabla 6) del d 28 al 35 de edad, que presuponen un aumento en el volumen del corazón, no parecen en general alterar la FC, TC, NH,  $\text{HCO}_3^-$ , ni el pH. Estudios adicionales son requeridos para dilucidar los efectos del peso vivo sobre estos parámetros, para poder explicar los cambios metabólicos que hacen más sensible al pollo al estrés calórico agudo en las edades finales de cría (De Basilio *et al.*, 2001).

La sangre juega un papel fundamental como uno de los mecanismos de disipación calórica, por

tener una capacidad calórica semejante a la del agua. Según algunos investigadores (Darre y Harrison, 1987), el sistema cardiovascular de las aves interviene durante los primeros 60-90 min de exposición a temperaturas elevadas para producir ajustes compensadores. Dentro de las variables cardiacas de importancia en la termorregulación, se encuentran el gasto cardiaco (GC) y la presión arterial (PA). El GC está determinado por el volumen de eyección (VE) y por la FC. La PA depende del GC y de la resistencia periférica total (RPT).

La FC de las aves varía considerablemente entre una misma especie y entre especies diferentes (Sturkie, 1976). Gran parte de esta variación es atribuida al cambio en el tono o a la restricción de los centros cardioaceleradores (sistema simpático) y cardioinhibidores (sistema parasimpático) del sistema nervioso autónomo.

Cuando se manipulan las aves, se produce un incremento inicial en la FC y PA que dura aproximadamente dos h. La PA disminuye apreciablemente, pero la FC y el GC aumentan en forma refleja. Los incrementos iniciales están influenciados por la liberación de catecolaminas adrenales y cardiacas, las cuales aumentan con la excitación inicial. La restricción crónica (50 d o más) produce un tipo de estrés que puede deprimir la PA y pudiera eventualmente producir la muerte (Darre y Harrison, 1987).

Cuando se realizó la evaluación electrocardiográfica para obtener la FC, los pollos fueron manipulados

Tabla 6. Resumen de los valores para variables ambientales, productivas y fisiológicas a los 28, 35 y 36 d del ensayo, como promedio de los cuatro periodos de evaluación

Variable	28 d (n = 192)	35 d (n = 192)	36 d (n = 96)*	P
TA (°C)	32,4 ± 0,07	31,3 ± 0,20	35,1 ± 0,48	< 0,0001
TC (°C)	42,10 ± 0,02 <sup>b</sup>	42,03 ± 0,03 <sup>b</sup>	43,00 ± 01 <sup>a</sup>	< 0,0001
FC (lat/min)	201	198	396	< 0,0001
NH (insp/min)	158 ± 5,6	105 ± 4,2	154 ± 5,2	< 0,0001
$\text{HCO}_3^-$ (mm Hg)	20,37 ± 0,38	21,09 ± 0,32	19,68 ± 0,40	= 0,02
pH	7,30 ± 0,001	7,32 ± 0,01	7,32 ± 0,01	NS
PV (g)	1630 ± 16,44	1903 ± 14,9	ND	ND

\*: El número de observaciones el día 36 fue de 96 porque sólo se evaluaron dos periodos (48 x 2 = 96)

manualmente, pero en forma cuidadosa y por breve tiempo (2-3 min). La taquicardia pudo haber sido producida como consecuencia del incremento de la TC, como respuesta al aumento de la TA.

En esta investigación no se planteó la determinación de otras variables de importancia como el GC, la PA, el VE y la RPT. Es primordial enfatizar que para el híbrido de pollos utilizado, la FC se incrementó significativamente durante el estrés calórico agudo, pero el hecho de no haber medido el GC y las otras variables, tales como PA, VE, RPT, constituyen una limitación para concluir acerca de la eficiencia en la respuesta del corazón.

Por otra parte, tampoco se hicieron estudios acerca de los cambios en la morfología y en los intervalos del electrocardiograma, los cuales permitirían verificar si durante la respuesta del pollo al estrés térmico, se producen alteraciones en el proceso de contracción de las aurículas y de los ventrículos, que permitan hacer mejores inferencias acerca del comportamiento del corazón ante la exposición al estrés térmico tanto crónico como agudo.

## CONCLUSIONES

El CA entre tratamientos fue similar, solamente diferenciándose la ingestión de alimentos durante el día y la noche. Los pollos que recibieron minerales en el agua, consumieron menos alimento durante la noche que durante el día, en relación a los que recibieron minerales en el alimento. La GP y la COA también fueron similares en todos los tratamientos.

El CAG de los pollos con suplemento mineral en el alimento o el agua fue mayor que para el control. La mortalidad como consecuencia del estrés térmico inducido por la excesiva TA, obtuvo la mayor reducción en los pollos a los cuales se les incorporaron minerales en el agua. El sexo de los pollos, no generó efectos sobre las variables estudiadas.

Los tratamientos no produjeron ningún efecto sobre la FC ni el NH, en condiciones de estrés calórico crónico y agudo.

Los valores de pH no se vieron afectados por los tratamientos. El aumento en la TC entre 36 d (estrés térmico agudo) y 35 d (estrés térmico crónico) provocó taquicardia.

## AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto FONACIT G-2005000420 y al Proyecto CDCH N° 010057182004, por el apoyo económico.

## REFERENCIAS

- Barnas, G.; Mather, F. 1980. Respiration during hyperthermia in the chicken as influenced by an increase in inhaled CO<sub>2</sub>. *Poultry Sci.*, 59:468-469.
- Bolívar A. 2008. Suplementación mineral y alimentación restringida en pollos de engorde con altas temperaturas ambientales. Tesis de Pregrado. UCV. Postgrado en Producción Animal. Facultad de Agronomía. Maracay. Edo.Aragua. 18 p.
- Borges, S. A.; Fisher, D. A.; Majorjka, A.; Hooge, D. M.; Cummings, K. R. 2003. Dietary electrolyte balance for broiler chickens under moderately high ambient temperatures and relative humidities. *Poultry Sci.*, 82:301-308.
- Borges, S.A.; Fisher, D.A.; Majorjka, A.; Hooge, D. M.; Cummings, K. R. 2004. Physiological responses of broiler chickens to heat stress and dietary electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalents per kilogram). *Poultry Sci.*, 83:1551-1558.
- Chepete, H. J. 2008. Rectal temperatures changes in broilers kept under hot and dry conditions. *Agr. Engin. Int.: The CIGR Ejournal* 10:1-10.
- Colina, Y. C. 2007. Evaluación del proceso de hiperventilación como indicador del estrés térmico de pollos de engorde en condiciones de laboratorio y comerciales. Tesis de Maestría. UCV. Postgrado en Producción Animal. Facultad de Agronomía. Maracay. Edo. Aragua. Venezuela. 81 p.
- Damron, B.; Sloan, D.; García, J. 2001. Nutrición para pequeñas parvadas de pollos. Universidad de Florida. Extensión Instituto de Alimentación y Ciencias Agrícolas. . En línea; <http://edis.ifas.ufl.edu> [consulta julio 2007]. pp.1-4.
- Darre, M. J.; Harrison P. C. 1987. Heart rate, blood pressure, cardiac output, and total peripheral resistance of Single Comb White Leghorn hens during an acute exposure to 35°C ambient temperature. *Poultry Sci.* 66:541-547.
- De Basilio V.; Vilariño M.; León A.; Picard M. 2001. 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*, 11, 60-68.
- De Basilio, V.; Picard M. 2002. La capacité de survie des poulets à un coup de chaleur est augmentée par une

- exposition précoce à une température élevée. *INRA Prod. Anim.*, 15:235-245.
- De Souza, B.; Bertechini, A.; Teixeira, A.; De Freitas, J.; Fonseca, R. 2002. Efeito da suplementação cloreto de potasio na dieta sobre o equilibrio acido-basico e o desempenho de frangos de corte no verao. *Cienc. Agrotec. Lavras*. 26:1297-1304.
- Elrom, K. 2000. Handling and transportation of broilers. Welfare, stress, fear, and meat quality. *J. Israel Vet. Med. Assoc.*, 55:1-15.
- Estrada, M.; Márquez, S. 2005. Interacción de los factores ambientales con las respuestas del comportamiento productivo en pollos de engorde. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 18:205-252.
- Farfán, Ch. 2008. Efecto de la adición de minerales en agua o en alimento sobre parámetros productivos y fisiológicos en pollos de engorde en finalización bajo estrés calórico. Tesis de Grado. UCV. Facultad de Agronomía. Maracay. Edo. Aragua. Venezuela. 23 p.
- Freeman, B. 1987. Body temperature and thermoregulation. En: *Physiology and Biochemistry of the Domestic Fowl*, Freeman B., ed., Academic Press, Huntington (GBR). 4:365-377.
- Hamlin, R. L. 1991. Function of the SA node in health and disease. *Academy of Veterinary Cardiology Proceedings* : presented in conjunction with the 58th annual meeting of the American Animal Hospital Association and the Ontario Veterinary Medical Association meeting. Hendricks G. (editors, Neil K. Harpster, Charla L. Jones). 4 p.
- INIA. 2007. Unidad Agroclimatológica. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Reporte de Estación Climatológica. Maracay. Venezuela. 1 p.
- Lin, Y.; Sturkie P. D. 1968. Effect of environmental temperatures on the catecholamines of chickens. *Am. J. Physiol.*, 214:237-240.
- Oliveros, Y. 2000. Evaluación de los elementos climáticos sobre el comportamiento productivo y social de pollos de engorde en etapa de finalización en una granja comercial bajo condiciones tropicales. Tesis de Maestría. UCV. Postgrado en Producción Animal. Facultad de Agronomía. Maracay. Edo. Aragua. 61 p.
- Picard, M. 2004. 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. Maracay, Venezuela. 20 p.
- Samour J. 2000. Clinical and diagnostic procedures. En: *Avian Medicine* (Edit. Mosby), pp. 28-42.
- Siegel, H. S. 1989. Stress, strains and resistance. *Br. Poultry. Sci.*, 36:3-22.
- Smith, M.; Teeter, R. 1987. Potassium balance of the 5 to 8 week-old broiler exposed to constant heat or cycling high temperature stress and the effects of supplemental potassium chloride on body weight gain and feed efficiency. *Poultry Sci.*, 66:487-492.
- Smith, M.; Teeter, R. 1992. Effects of potassium chloride supplementation on growth of heat-distressed broilers. *J. Applied Poultry Sci.*, 1:321-324.
- Sturkie, P. D. 1968. Fisiología Aviar. Editorial Acribia, Segunda edición. pp. 124-165.
- Sturkie, P. D. 1976. En: *Heart and circulation: Anatomy, hemodynamics, blood pressure, blood flow, and body fluids*, Springer-Verlag. (Sturkie P. D., editor) pp. 103-109.
- Tanveer, A.; Sawar, M.; Un-Nisa, M.; Ul-Haq, A.; Ul-Hasan, Z. 2005. Influence of varying sources of dietary electrolytes on the performance of broilers reared in a high temperature environment. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 120:277-298.
- Vilaríño, M.; León A.; Picard, M. 1999. Comportamiento alimenticio de las aves. Conceptos básicos, metodologías y resultados. *V Encuentro sobre Nutrición y Producción de Animales Monogástricos. Producción de Aves*. pp. 37-45.
- Whittow, G. C.; Sturkie, P. D.; G. Stein. 1966. Cardiovascular differences between cold-acclimatized and heat-acclimatized chickens. *Rev. Vet. Sci.*, 7:296-301.
- Wilson, H. R.; Voitle R. A. 1980. Selected topics concerning feeding and management of poultry in hot weather. Florida Cooperative Extension Service. Poultry Science Department. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida, Gainesville (Richard Miles, editor), pp. 5-7.
- Yahav, S.; Straschnow A.; Plavnik I.; Hurwitz S. 1997. Blood system response of chickens to changes in environmental temperature. *Poultry Sci.*, 76:627-633.
- Yahav, S. 2000. Relative humidity at moderate ambient temperatures: its effect on male broiler chickens and turkeys. *Br. Poultry Sci.*, 41:94-100.
- Zhou, W. T.; Chaiyabutr N.; Fujita M.; Yamamoto S. 1999. Effects of ambient temperature on blood viscosity and plasma protein concentration of broilers chickens (*Gallus domesticus*). *J. Thermal Biol.*, 24:105-112.