

Efecto de la adición de electrólitos en agua y alimento sobre algunas variables productivas y sanguíneas en pollos de engorde bajo condiciones de estrés calórico

Effect of the addition of electrolytes in water or feed on productive and some blood variables in broilers under conditions of heat stress

Charly Farfán López¹, Mario Rossini², Vasco De Basilio¹

¹Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto y Departamento de Producción Animal. Correo electrónico: charly.farfan@gmail.com.

²Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias Veterinarias. Apdo. Postal 4579. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la adición de electrolitos en el agua y alimento sobre las variables productivas y sanguíneas durante la etapa de finalización, bajo condiciones de estrés térmico crónico (28 a 35 d de edad) y estrés térmico agudo simulado (ETAS) a los 36 d de edad, en pollos de engorde. Se utilizaron 192 pollos distribuidos al azar, con ocho repeticiones/tratamiento (ocho pollos/repeticion). Las tres tratamientos (T), a saber: T1: sin adición electrólitos; T2: adición de electrólitos en alimento; T3: adición electrólitos en agua. La fuente de electrólitos fue: NaHCO₃ (0,83%); NH₄Cl (0,07%); NaCl (0,30%), obteniéndose un balance electrolítico de 240 mEq. Se evaluaron: variables productivas y sanguíneas; pH, presiones parciales de O₂, de CO₂ y HCO₃, hematocrito, hemoglobina, proteína plasmática, glóbulos blancos, glóbulos rojos y electrólitos sanguíneos, y mortalidad. Los datos fueron analizados por ANAVAR. Los resultados muestran que la adición de electrólitos en agua o alimento durante el estrés crónico, aumentó el consumo de agua en pollos suplementados, sin existir efectos significativos en parámetros productivos. La mortalidad durante el ETAS disminuyó (22%) (P<0,001) en el T3, los niveles de Na⁺ (129,73 ± 1,87 mEq/l) y Cl⁻ (111,73 ± 1,54 mEq/l) variaron (P< 0,05) siendo los del T1 mayores a los del T3. Se determina que la adición de electrólitos mantiene las variables productivas y sanguíneas, logrando disminuir la mortalidad en el ETAS.

Palabras clave: electrólitos, estrés calórico, gases sanguíneos, pollos de engorde.

ABSTRACT

The effect of the addition of electrolytes in water and feed on productive and blood variables during the final stage, under conditions of chronic heat stress (28 to 35 d of age) and acute heat stress simulated (AHSS) at 36 d of age in broilers were studied. 192 broilers were randomly distributed, with eight replicates/treatment (eight broilers/ repeat). The three treatments (T) as follows: T1: without electrolytes addition; T2: addition of electrolytes in feed; T3: adding electrolytes in water. The source of electrolytes was: NaHCO₃ (0.83%), NH₄Cl (0.07%), NaCl (0.30%), obtaining an electrolyte balance of 240 mEq. Variables evaluated were: production and blood pH, partial pressures of O₂, CO₂ and HCO₃, hematocrit, hemoglobin, plasma protein, white blood cells, red blood cells, blood electrolytes, and mortality. Data were analyzed by ANOVA. The results showed that the addition of electrolytes in water or feed during chronic stress, increased water consumption in Broilers supplemented, with no significant effects on production parameters. Mortality during the AHSS decreased (22%) (P<0.001) in the T3, levels of Na⁺ (129.73 ± 1.87 mEq/l) and Cl⁻ (111.73 ± 1.54 mEq/l) varied (P<0.05) being greater than T1 T3. Determined that the addition of electrolyte helps maintain blood production variables stable, decreasing mortality in the AHSS.

Key words: electrolyte, heat stress, blood gases, broilers.

Recibido: 06/06/13 Aprobado: 30/06/14

INTRODUCCIÓN

En Venezuela desde el momento en que se inicia la producción avícola industrial, tiene mayor presencia en la región central y región occidental, debido a la cercanía a los puertos, pero estas regiones del país se caracterizan por un régimen climático de altas temperaturas (media anual de 30°C) y humedades medias (60 – 85%), estas características ambientales generan la condición de “Estrés Calórico”, que afectan negativamente la eficiencia productiva de los pollos de engorde. Ya que las condiciones óptimas para la cría del pollo de engorde en etapa de finalización son de 20 - 24°C y 50 - 60% de temperatura y humedad, respectivamente (Oliveros, 2000).

El estrés calórico genera una variación de temperatura corporal y de la tasa respiratoria. Cuando la tasa de respiración incrementa, como respuesta fisiológica ante el calor, se produce una pérdida excesiva de CO₂, por lo tanto la presión parcial de CO₂ (pCO₂) decrece y el riñón aumenta la excreción del bicarbonato (HCO₃) y reduce la excreción de H⁺, manteniendo el balance ácido-base de la sangre, evitando de esta manera el desarrollo de la alcalosis respiratoria (Borges *et al.*, 2007). El sistema sanguíneo, particularmente, es sensible a los cambios de temperatura, siendo un indicador muy importante de respuestas fisiológicas de las aves estresadas. Cuantitativamente y morfológicamente los cambios en la sangre por el estrés calórico, están asociados con los valores de hematocritos, números de circulación de leucocitos, eritrocitos y contenido de hemoglobina (Borges *et al.*, 2007).

La manipulación del balance de electrolitos en la dieta tiene una influencia significativa en el comportamiento productivo de los pollos, debido a su efecto sobre el balance ácido – base (Borgatti *et al.*, 2004; Borges *et al.*, 2003; Mushtaq *et al.*, 2005; Tanveer *et al.*, 2005). Igualmente se ha evaluado la adición de electrolitos en el agua (Teeter y Smith, 1986) que es capaz de reducir la fase de hiperventilación e incrementa la ganancia de peso vivo en un 23% y en un 7,7% la conversión de alimento.

En tal sentido, con la finalidad de abrir las puertas de la investigación en Venezuela en relación a la utilización de los electrolitos, se calculó el efecto de la adición de electrolitos

en agua y alimento sobre algunas variables productivas y sanguíneas en pollos de engorde bajo condiciones de estrés calórico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la Unidad de Ambiente Semi-Controlado (UASC) de la Sección Laboratorio de Aves de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, estado Aragua, ubicada a 10° 17' 5" N, 64° 13' 28" O, a 480 m.s.n.m, con una temperatura media de 25°C y una humedad relativa de 75% (INIA, 2010).

Para el inicio del experimento se contó con una población de 300 pollitos BB sexados, del híbrido Ross. Al día 15 se seleccionaron un total de 192 pollos, según su peso. Ubicando ocho pollos; cuatro hembras (♀) y cuatro machos, para cada corral de las salas respectivas (sala A, sala B, sala C y sala D) que conformaban la UASC. Durante los 28 a 35 días de edad de los pollos se mantuvo una temperatura ambiente (TA) entre los 28 a 32°C. En el día 36 se realizó una simulación de estrés térmico agudo, mediante el incremento de la TA de las salas de 37-39°C.

El experimento se realizó durante ocho días (28 – 36 días de edad de los pollos), evaluándose tres tratamientos; T1: sin adición electrolitos; T2: adición de electrolitos en alimento; T3: adición electrolitos en agua, con ocho repeticiones de ocho pollos cada una, para un total de 192 pollos, (96 ♀ y 96 ♂), bajo un diseño completamente aleatorizado. La adición mineral en el alimento consistía en 240 mEq/kg alimento (T2) y mientras que en el agua (T3) se mantuvo el mismo nivel de mEq, pero considerando una relación de consumo agua: alimento de 4: 1, con la finalidad de igualar el consumo de electrolitos, tanto en el agua como en el alimento. Para lograr los 240 mEq/kg de alimento, se adicionó al alimento formulado previo al inicio de experimento las siguientes proporciones electrolitos; 0,82% de bicarbonato de sodio (NaHCO₃), 0,07% de cloruro de amonio (NH₄Cl) y 0,30% de cloruro de sodio (NaCl). En el Cuadro 1 se observa la composición nutricional y bromatológica del alimento base, utilizado durante la fase de finalización en los pollos de engorde.

Cuadro 1. Composición nutricional y bromatológica del alimento usado como base durante la de la finalización de los pollos de engorde.

| Nutriente | Proporción (%) |
|--------------------------------|----------------|
| Maíz | 53,65 |
| Soya 47 | 35,61 |
| Aceite de soya | 6,97 |
| Premezcla Minerales-vitaminas* | 0,33 |
| Sal | 0,38 |
| Carbonato calcio | 1,08 |
| Fosfato mono cálcico | 1,79 |
| Lisina % | 0,03 |
| Metionina % | 0,16 |
| Bromatología | Proporción (%) |
| Proteína | 21,3 |
| Fibra | 2,98 |
| Grasa | 9,55 |
| Ceniza | 6,12 |
| Fósforo Total | 0,705 |
| Calcio | 0,75 |

* Premezcla Minerales-vitaminas: Manganeso, 100 g; Zinc, 40 g; Cobre, 4 g; Hierro, 27 g; Selenio, 0,075 g; Yodo, 2 g; Vitamina A, 7500000 UI, Vitamina D, 3000000 UI, Vitamina E, 20 g; Vitamina K, 2 g; Vitamina B2, 5,6 g; Nicot, 26 g; Pantotenato, 8 g; Vitamina B12, 0,01 g; Vitamina B6, 1 g; Folico, 0,3 g; Colina 350 g.

Frecuencia y modo de evaluación de las variables

Variables productivas para el consumo de alimento y agua: para el consumo de alimento (ConsAL) se determinó mediante el peso del comedero, por la diferencia del alimento ofrecido y rechazado, así como para el consumo de agua (ConsAG) se utilizaron bolsas de agua, obteniendo el consumo mediante el peso de la misma. Peso vivo: se realizó en horas de la mañana a los 28 – 35 días de edad de los pollos. Utilizando una balanza electrónica Ohaus®, con rango de 0 a 5000g con precisión de 0,1g, para luego calcular la ganancia de peso (GP) entre la diferencia del peso inicial y final. Y la conversión de alimento (CA) se determinó mediante la relación del alimento consumido y el peso ganado. La mortalidad: se registró durante la simulación del estrés térmico agudo.

Variables Sanguíneas: los análisis 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 35 y 36 días 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 2000g, y se obtuvo suero para medir los niveles de electrólitos sanguíneos (Na⁺, K⁺ y Cl⁻), utilizando un equipo de medición de electrólitos marca *Roche Mannheim* modelo 9180. Este proceso se realizó dentro de las dos horas de la toma de muestras. También se usaron tubos con anticoagulante (heparina con litio) para las siguientes determinaciones: pH, presión parcial de CO₂ (pCO₂), presión

parcial de O₂ (pO₂) 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 minutos.

La concentración de hemoglobina (Hb) se determinó espectrofotométricamente por el método cianometahemoglobina, utilizando 5 ml de reactivo de Drabkin (*Sigma Diagnostic, St. Louis, MO, EE.UU.*) y 20 ml de sangre se incubaron durante 10 minutos y luego se centrifuga a 1.500 g durante 5 minutos para eliminar los núcleos de eritrocitos antes de medir la densidad óptica usando un espectrofotómetro con un filtro verde a una longitud de onda de 580 nm [*Leitz Fotómetro, modelo M, Leitz Inc., Nueva York, NY, EE.UU.*], (Coles, 1974; Briones *et al.*, 2009).

Para la determinación del porcentaje de hematocrito (Hto) en los pollos se utilizó el método de microhematocrito por centrifugación (Coles, 1974; Schalm, 1981; Hansen y Perry, 1994; Meyer y Harvey, 2000). La proteína plasmática fue determinada por el método basado en refractometría (Schalm, 1981) y se utilizó un refractómetro de mesa marca Atago, se centrifugó la muestra en la centrífuga micro capilar marca International Equipment Company a 1.500 g por 5 minutos y se fragmentó el capilar inmediatamente por encima de la columna de glóbulos rojos, para facilitar la salida del plasma, posteriormente se colocó una gota del plasma exento de hemólisis y de lipemia en la pantalla del equipo y se observó por el visor del equipo apoyado con luz artificial tomando como referencia la escala de la derecha del equipo y expresa el resultado en g/dl.

El conteo de glóbulos rojos (GR) se determinó utilizando un hemocitómetro Neubauer (Marienfeld, Baden-Wu^{rttemberg}, Alemania). La pipeta de RBC (Becton, Dickinson and Company) se llenó hasta la marca de 0,5 con la sangre y la solución Natt-Herrick (Natt, 1952) se pipeteó a la marca 101 con una dilución final de una parte de sangre: 200 partes de solución. Después de mezclar, las primeras tres gotas fueron descartadas y el resto se utilizó para llenar ambos lados de la cámara de recuento de Neubauer. Las células se contaron en la gran plaza central en cinco subdivisiones (la

pequeña plaza central y las cuatro casillas de las esquinas) y el recuento se multiplica por 10.000 para obtener el conteo total de RBC (Raskin, 2000).

Se realizó el recuento de glóbulos blancos (GB) como se describe para los GR utilizando la misma dilución, excepto que las células se contaron en los nueve cuadrados grandes de la cámara de Neubauer y el recuento se multiplica por 200 para obtener el número de WBCs/mL (Raskin, 2000).

Los datos se sometieron a análisis de varianza obteniendo los resultados con valores de media, error estándar de la media y probabilidades con significancia (P<0,05) para cada variable. Utilizando para las variables productivas y sanguíneas, el siguiente modelo matemático:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \alpha_j$$

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

μ = media general.

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento, en otras palabras la adición de electrolitos en alimento o agua.

ε_{ij} = error experimental de la j-ésima observación en el i-ésimo tratamiento, a saber del total de observaciones.

La variable mortalidad fue evaluada de manera individual, utilizando una prueba de Chi cuadrado (χ²).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para las variables productivas, en el Cuadro 2 se puede observar de manera general que no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. Con la excepción del consumo de agua, en el cual hubo una tendencia significativa (P=0,016), donde las aves que recibieron electrolitos en el agua (289,80 ± 19,31ml) y en el alimento (299,68 ± 23,11 ml) presentaron un mayor consumo de agua con respecto a los que no se les adicionó electrolitos (219,65 ± 12,44 ml), lo que genera resultados similares a los reportados por Teeter y Smith (1986) y Tanveer *et al.* (2005), quienes aseguran

Cuadro 2. Efecto de la adición de minerales en alimento (T2) y agua (T3) respecto a una dieta sin adición de minerales (T1), sobre el consumo de alimento, consumo de agua, la ganancia de peso y conversión de alimento.

| Variabes* | T1 | T2 | T3 | Probabilidad |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------|
| ConsAL (gr/pollo/evaluación) | 1109,63±23,48 | 1212,88±58,64 | 1128,75±34,13 | ns |
| ConsAG (ml/pollo/periodo) | 219,65 ± 12,44 ^a | 299,68 ± 23,11 ^b | 289,80 ± 19,31 ^b | 0,016 |
| GP (gr/pollo/evaluación) | 354,05±16,00 | 571,86±42,68 | 528,56±29,15 | ns |
| CA | 2,090 ± 0,072 | 2,185 ± 0,141 | 2,175 ± 0,124 | ns |

*Valores expresados como la media ± error estándar de la media. Letras diferentes expresan diferencia significativa.

que al aplicar electrólitos tanto en el agua como en el alimento, incrementa significativamente el consumo de agua y reportan valores no significativos en parámetros productivos.

En relación a las variables sanguíneas, al evaluar los niveles de electrólitos en sangre en el Cuadro 3, se muestran los valores durante los días 35 y 36 de edad. Donde al día 35 no se encontraron diferencias estadísticas, evidenciándose un valor constante de Na⁺ y Cl⁻ siendo estos valores similares a los reportados por Tanveer *et al.* (2005), quienes obtuvieron: Na=142,1 mEq/l y Cl=112 mEq/l, y un aumento numérico en el valor del K⁺ con respecto al autor antes mencionado (K=5,70 mEq/l). Para el día 36, momento de la simulación del estrés térmico agudo, se encontraron diferencias estadísticas (Cuadro 3), para el Na⁺ (P=0,048) existiendo una disminución del mismo nivel plasmático para todos los tratamientos si lo comparamos con el día 35, lo cual concuerda con lo reportado por Borges (1997), sin embargo los valores del ión Cl⁻ (P=0,01), para los mismos tratamientos resultaron a la inversa de lo que expresa Borges (1997), en donde existe un disminución del valor y no un aumento.

Los resultados anteriores, demuestran en esta investigación que la adición de electrólitos al agua y a la dieta fueron efectivos ya que disminuyeron los fenómenos de acidosis metabólica al compararlo con las aves del tratamiento control, es por eso que el fenómeno de acidosis no fueron observados, debido a la eficiencia de los electrólitos, que produjo que la

deficiencia a nivel celular no fuera tan marcada como para que ocurriera este proceso.

En el Cuadro 4, se reporta para el día 35 los valores de pH, pCO₂, pCO₂ y HCO₃⁻, donde el HCO₃⁻ resultó con diferencias estadísticas (P = 0,0475) aumentando en 1,22 mmhg, coincidiendo los valores obtenidos en el presente estudio con los reportados por Borges *et al.* (2003) y De Souza *et al.* (2002) con un balance electrolítico de la dieta similar (240 mEq/l). Para el día 36 no hubo diferencias en el pH, pCO₂, pCO₂ y HCO₃⁻, en este sentido existe una estabilidad en cada variable entre los tratamientos, respuesta importante ya que autores como Toyomitsu *et al.* (2005), reportan que al estar los pollos en altas temperatura ambiental, existe una disminución de la pCO₂, similar a Mather *et al.* (1980) quienes encontraron un aumento en el pCO₂ de gallinas expuestas a temperaturas de 45°C, mostrando un aumento en la tasa respiratoria con temperatura corporal superior a los 43°C, lo que demostró que el pCO₂ también descendía lentamente después de los 43°C. Por otra parte, en cuanto al HCO₃⁻, los niveles obtenidos en el presente estudio son inferiores a lo reportado por Borges *et al.* (2003), que es (25,25 mmol/l); debido al aumento progresivo del pCO₂, que mantiene el bicarbonato un poco por debajo de lo referido por el autor antes mencionado.

Desde el punto de vista de la termorregulación, la hiperventilación trae como consecuencia que el pollo elimine por vía respiratoria, una elevada proporción de CO₂. Ese CO₂ proviene de la deshidratación del ácido carbónico

Cuadro 3. Efecto de la adición de electrólitos en alimento (T2) y agua (T3) respecto a una dieta sin adición de electrólitos (T1), sobre los promedios de las medidas tomadas de electrolitos (Na⁺, Cl⁻ y K⁺) en sangre duran el estrés crónico y agudo.

| Edad | Electrolito* | T1 | T2 | T3 | Probabilidad |
|------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------|
| 35 | Na ⁺ (mEq/l) | 148,50 ± 5,33 | 145,56 ± 5,21 | 146,22 ± 3,37 | ns |
| | K ⁺ (mEq/l) | 7,350 ± 0,46 | 7,69 ± 0,24 | 9,77 ± 2,81 | ns |
| | Cl ⁻ (mEq/l) | 115,00 ± 3,08 | 115,22 ± 2,22 | 113,00 ± 2,46 | ns |
| 36 | Na ⁺ (mEq/l) | 133,50 ± 2,84 ^a | 127,66 ± 2,56 ^{ab} | 119,11 ± 4,91 ^b | 0,048 |
| | K ⁺ (mEq/l) | 12,05 ± 7,59 | 7,96 ± 1,89 | 9,27 ± 2,13 | ns |
| | Cl ⁻ (mEq/l) | 116,00 ± 1,92 ^a | 111,22 ± 2,85 ^a | 104,11 ± 2,99 ^b | 0,01 |

*Valores expresados como la media ± error estándar de la media. Letras diferentes expresan diferencia significativa.

Cuadro 4. Efecto de la adición de electrólitos en alimento (T2) y agua (T3) respecto a una dieta sin adición de electrólitos (T1), sobre los promedios de las medidas tomadas de pH sanguíneo, presión parcial de O₂, presión parcial de CO₂ y bicarbonato.

| Edad | Variable* | T1 | T2 | T3 | Probabilidad |
|------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|
| 35 | pH (mmhg) | 7,31 ± 0,03 | 7,29 ± 0,02 | 7,36 ± 0,02 | ns |
| | pO ₂ (mmhg) | 59,53 ± 4,27 | 70,39 ± 7,59 | 54,55 ± 3,53 | ns |
| | PCO ₂ (mmhg) | 43,32 ± 2,57 | 44,46 ± 1,57 | 40,97 ± 2,72 | ns |
| | HCO ₃ (mmhg) | 20,97 ± 0,72 ^{ab} | 20,39 ± 0,62 ^b | 22,19 ± 0,39 ^a | 0,0475 |
| 36 | pH (mmhg) | 7,33 ± 0,02 | 7,32 ± 0,03 | 7,31 ± 0,02 | ns |
| | pO ₂ (mmhg) | 68,70 ± 4,15 | 73,34 ± 3,76 | 65,99 ± 3,13 | ns |
| | PCO ₂ (mmhg) | 36,95 ± 1,91 | 39,30 ± 3,13 | 41,05 ± 2,97 | ns |
| | HCO ₃ (mmhg) | 20,01 ± 0,74 | 19,87 ± 0,72 | 20,00 ± 0,63 | ns |

*Valores expresados como la media ± error estándar de la media. Letras diferentes expresan diferencia significativa.

(H₂CO₃) formado a partir del hidrógeno (H⁺) y del bicarbonato (HCO₃⁻), mediante la intervención de la anhidrasa carbónica (AC). El CO₂ se elimina por vía pulmonar y no es más que un reflejo de la concentración del ácido. Por lo tanto, la pérdida de CO₂ por vía pulmonar, se traduce en una disminución de la PCO₂ en sangre (hipocapnia primaria) que conduce a una alcalosis de origen respiratorio. El pH sanguíneo fue más elevado (aunque no significativo) en los tratamientos con electrólitos 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

por la incorporación de NaHCO₃ y NH₄Cl en el alimento y en el agua, que constituyen fuentes de álcalis (Rojas *et al.*, 2008).

En el Cuadro 5 se observa el efecto del estrés térmico sobre los niveles de Hto, Hb, PP, GB y GR en los pollos de engorde, existiendo diferencias estadísticas al día 35 de edad sobre los Hto (P=0,0483) y Hb (P=0,0117), aumentando los índices en sangre con la adición de los electrólitos. Mientras que en el día 36, resulta una disminución estadísticamente significativa (P = 0,0119) de los Hto entre el T1 vs T3, en efecto la temperatura ambiente de cría condujo a que comenzaran los cambios en el Hto y Hb; este cambio en el Hto y GR demuestra claramente un

Cuadro 5. Efecto de la adición de electrólitos en alimento (T2) y agua (T3) respecto a una dieta sin adición de electrólitos (T1), sobre los promedios de las medidas tomadas de hematocritos (Hto), hemoglobina (Hb), proteína plasmática (PP), glóbulos blancos (GB) y glóbulos rojos (GR).

| Edad | Variable* | T1 | T2 | T3 | Probabilidad |
|------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------|
| 35 | Hto (%) | 29,20 ± 1,82 ^{ab} | 25,00 ± 0,00 ^b | 29,57 ± 0,37 ^a | 0,0483 |
| | Hb (g/dl) | 9,26 ± 0,73 ^b | 12,90 ± 0,40 ^a | 9,35 ± 0,39 ^b | 0,0117 |
| | PP (g/dl) | 2,60 ± 0,09 | 2,60 ± 0,20 | 2,68 ± 0,07 | ns |
| | GB (x10 ³ /cc) | 23.816,00 ± 4.841,61 | 24.200,00 ± 1.320,00 | 24.154,28 ± 3.272,17 | ns |
| | GR (x10 ⁶ /cc) | 2,38 ± 0,107 | 1,75 ± 0,15 | 2,200 ± 0,201 | ns |
| 36 | Hto (%) | 30,40 ± 0,92 ^a | 29,50 ± 0,50 ^{ab} | 26,85 ± 0,80 ^b | 0,0119 |
| | Hb (g/dl) | 11,56 ± 0,58 | 9,80 ± 1,20 | 10,22 ± 0,67 | ns |
| | PP (g/dl) | 3,00 ± 0,16 | 2,60 ± 0,00 | 2,77 ± 0,10 | ns |
| | GB (x10 ³ /cc) | 17.776,00 ± 2.856,95 | 19.800,00 ± 1.4520,00 | 18.120,000 ± 1.383,74 | ns |
| | GR (x10 ⁶ /cc) | 2,04 ± 0,17 | 2,00 ± 0,10 | 1,829 ± 0,14 | ns |

*Valores expresados como la media ± error estándar de la media. Letras diferentes expresan diferencia significativa.

proceso de estrés térmico, ya que se produce una elevación en el volumen plasmático intracelular, esto se encuentra acompañado de una variación del Hto, tal y como lo describe (Chaiyabutr *et al.*, 1987 y Koga *et al.*, 1996).

Además, el efecto sobre la Hb a los 35 días, genera que esta actúe como buffer por estar en altas concentraciones en la sangre y por poseer histidina dentro de su componente el cual toma protones, los saca o los dona a los fluidos corporales para mantener el pH cercano a 7,4 como lo reporta Zhou *et al.* (1999). El comportamiento de los Hto a los 36 días del estrés térmico, concuerda con lo reportado por Zhou *et al.* (1999), sugiriendo que el incremento de agua en el plasma proviene del espacio extravascular y del tracto alimenticio.

Adicionalmente, el aumento en el consumo de agua (Cuadro 2), también eleva la producción urinaria, indicando que el agua consumida ingresa a la circulación y esto produce la disminución de la osmolalidad del plasma. Igualmente los resultados logrados son similares a los obtenidos por Rossini *et al.* (2007), quienes obtuvieron que

las unidades de Hb y los Hto disminuyen en un 6,63% y un 5,22% respectivamente en pollos de engordes criados en ambiente caliente, produciendo una hemodilución, sin modificar los valores de glóbulos blancos y proteína total.

En relación a la mortalidad de los pollos (Cuadro 6), durante la simulación de estrés calórico agudo, disminuyó significativamente ($P < 0,001$) con la adición de minerales, principalmente en los pollos que recibieron minerales en el agua, en comparación con el grupo no tratado, disminuyendo la mortalidad en un 21,87%. Durante la simulación de estrés calórico agudo, los pollos que no recibieron minerales en el alimento probablemente tenían el mayor nivel de hiperventilación según lo indicado por Farfán *et al.* (2010) donde es posible la presencia de un desbalance ácido-base más un efecto atribuido al agotamiento de los mismos, provocando una alta mortalidad en comparación a los demás tratamientos. En tal sentido, otros estudios han obtenido respuestas similares, tal como Tanveer *et al.* (2005), que reportando una mortalidad de 12% en la etapa de crecimiento, adicionando minerales en el alimento, mientras que Borges

Cuadro 6. Cantidad y porcentaje de mortalidad de los pollos durante la simulación del estrés agudo.

| Tratamiento | Pollos muertos/ Total de Pollos | % Mortalidad* |
|--------------|---------------------------------|--------------------|
| 1 | 24/64 | 37, 5 ^a |
| 2 | 20/64 | 31,25 ^a |
| 3 | 10/64 | 15.63 ^b |
| Probabilidad | | 0,001 |

*Valores expresados como la media \pm error estándar de la media. Letras diferentes expresan diferencia significativa.

et al. (2003), indicando un 0,12% de mortalidad al adicionar 240 mEq/kg de alimento en pollos de engorde bajo condiciones de estrés, pero crónico.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente estudio, se determina que la adición de electrólitos tanto en el alimento como en el agua no afectan las variables productivas de los pollos de engorde. Sin embargo, con la adición de los electrólitos se aumenta el consumo de agua y como consecuencia una disminución de la osmolalidad plasmática, logrando disminuir los fenómenos de acidosis metabólica y en gran proporción la mortalidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento de los Proyecto; FONACIT G-2005000420 y CDCH N° 010057182004, al igual que a la empresa Soda Química C.A.

LITERATURA CITADA

Borgatti, L., R. Albuquerque, N. Meister, L. Souza, F. Lima and N. Trindade. 2004. Performance of broiler fed diets with different dietary electrolyte balance under summer conditions. *Brazilian Journal of Poultry Science*. Vol. 6. 153 – 157.

Borges, S., A. Fischer Da S. and A. Maiorka. 2007. Acid-base balance in broilers. *World's Poultry Science Association*. 63: 73 – 79.

Borges, S., A. Fischer Da S., A. Majorka, D. Hooge and K. Cummings. 2003. Dietary electrolyte balance for broiler Broilers under moderately high ambient temperatures and relative humidities. *Poultry Science* 82:301–308

Borges, S. 1997. Suplementação de cloreto de potássio e bicarbonato de sódio para frangos de corte durante o verão. *Disertação de mestrado*. UNESP, Jaboticabal, Brazil.

Briones, N., T. Jiménez y M. Fariás. 2009. Evaluación de espectrofotómetros para la elaboración de material de referencia empleado en la calibración y el control de la determinación de hemoglobina. *Revista de la Facultad de Medicina*. 32 (1). Disponible en línea: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04692009000100008. [Jul. 5, 2013]

Chaiyabutr, N., C. Buranakarl, V. Muangegaroen, P. Loypetjra and A. Pichaicharnarong. 1987. Effects of acute heat stress on changes in the rate of liquid flow from the rumen and turnover of body water of swamp buffalo. *J. Agri. Sci. (Camb.)* 108: 549 – 553.

Coles, E. 1974. Erythrocytes. Capítulo 4. **En:** *Veterinary Clinical Pathology*. Segunda Edición. W. B. Saunders Company. Philadelphia. Estados Unidos. pp. 99-141.

De Souza, B., A. Bertechini, A. Teixeira, J. De Freitas e R. Fonseca. 2002. Efeito da suplementação cloreto de potássio na dieta sobre o equilíbrio ácido-básico e

- o desempenho de frangos de corte no vero. *Cienc. Agrotec., Lavras*. 26: 1297 – 1304.
- Farfán, C., Y. Oliveros y V. De Basilio. 2010. Efecto de la adición de minerales en agua o en alimento sobre variables productivas y fisiológicas en pollos de engorde bajo estrés calórico. *Zootecnia Trop.* 28(3): 363-373.
- Hansen, J. and B. Perry. 1994. Packed cell volume determination (PCV, Haematocrit). Capítulo 5. Supplementary diagnosis procedure. En: *The epidemiology, diagnosis and control of helminth parasites of ruminants*. International Laboratory for Research on Animal Diseases, Nairobi, Kenya. 171 p.
- INIA. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 2010. Unidad Agroclimatológica. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Reporte de estación climatológica. Maracay - Venezuela.
- Koga, A., R. Furukawa, H. Hirose and Y. Hanai. 1996. Intra – bodily heat distribution, blood volume and blood flow rate to body surface in buffaloes and cattle under hot environments. In *Proceedings of Eighth AAAP Animal Science*, Tokyo, Japan. Vol. 2. pp. 578 – 579.
- Mather, F., G. Barnas and R. Burger. 1980. The influence of alkalosis on panting. *Comp. Biochem. Physiol.* 67(a) 265-268.
- Meyer, D. y J. Harvey. 2000. Evaluación de anomalías eritrocitarias. Capítulo 3. El laboratorio en medicina veterinaria interpretación y diagnóstico. **En:** *El laboratorio en Medicina Veterinaria. Interpretación y diagnóstico*. Segunda Edición. Editorial Inter-médica. Buenos Aires, Argentina. pp. 45-88.
- Mushtaq, T., M. Sarwar, H. Nawaz, M. Aslam and T. Ahmad. 2005. Effect and interactions of dietary sodium and chloride on broiler starter performance (hatching to twenty-eight day of age) under subtropical summer conditions. *Poultry Science*. 84: 1716 – 1722.
- Natt, M.P. and C.A. Herrick. 1952. The new diluent for counting erythrocyte and leukocytes of the chicken. *Poult. Sci.* 31:735–738.
- Oliveros, Y. 2000. Evaluación de los elementos climáticos sobre el comportamiento productivo y social de pollos de engorde etapa de finalización en una granja comercial bajo condiciones tropicales. Tesis de postgrado. Producción animal. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela.
- Raskin, R.S. 2000. Reptilian complete blood count. In: Fudge AM, ed. *Laboratory Medicine: Avian and Exotic Pets*. 3rd ed. Philadelphia, PA:W.B. Saunders Company. 193–204.
- Rojas, J., S. Comerma, T. Chacón, H. Zerpa, C. Farfán y V. De Basilio. 2008. 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.* 49 (2):99-111.
- Rossini, M., Y. Colina, S. Comerma-Steffensen y V. De Basilio. 2007. Parámetros hematológicos en pollos de engorde, sometidos a dos tipos de ambiente cálido en última semana de vida. XX Congreso Latinoamericano de Avicultura. Porto Alegre - Brasil. pp. 246 – 248.
- Samour, J. 2000. Clinical and diagnostic procedures. **En:** *Avian Medicine* (Edit. Mosby), pp. 28-42.
- Schalm, O., N. Jain y E. Carroll. 1981. Hematología Veterinaria. Editorial Hemisferio. Primera Edición. Buenos Aires. Argentina. Capítulo IX. El eritrocito en la enfermedad. pp. 437-441.
- Tanveer, A., M. Sawar, M. Un-Nisa, A. Ul-Haq and Z. Ul-Hasan, 2005. Influence of varying source of dietary electrolytes on the performance of broilers reared in a high temperature environment. *Animal Feed Science And Technology*. 120: 277 – 298.
- Teeter, R. and M. Smith. 1986. High chronic ambient temperature stress effects on broiler acid-base balance and their

- response to supplemental ammonium chloride, potassium chloride and potassium carbonate. Poultry Science. 65: 1777-1781.
- Thier, S. O. 1986. Potassium physiology. Am. J. Med., 80: 3 – 7.
- Toyomizu, M., M. Tokuda, A. Mujahid and Y. Akiba 2005. Progressive alteration to core temperatura, respiration blood acid-base balance in broiler chickens exposed to acute heat stress. The Journal Poultry Science, 42:110-118.
- Zhou, W., T. Chaiyabutr, N. Fujita, M. and S. Yamamoto. 1999. Distribution of body fluid and change of blood viscosity in broilers (*Gallus domesticus*) under high temperature exposure. Journal of Thermal Biology. 24: 193 – 197.