

ESTRATEGIAS PARA COMBATIR EL ESTRÉS CALÓRICO EN POLLOS Y PONEDORAS COMERCIALES: MANEJO ALIMENTICIO. PARTE II

Strategies to Confront Heat Stress in Commercial Chickens and Laying Hens: Food Management. Part II

Vasco A. De Basilio

**¹Instituto de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela*

Correo-E:Vascodebasilio@gmail.com

Recibido: 12/11/19 - Aprobado: 15/4/20

RESUMEN

En el mundo, la carne de pollo y los huevos son una de las fuentes proteicas más importantes, con un crecimiento sostenido en los últimos años. En Venezuela, a pesar de la crisis, es también un elemento importante en la suplencia de proteína a la población venezolana. Su desarrollo se ha visto afectado por la crisis económica sobre todo por la dependencia de materias primas importadas y del material genético. Además, uno de los factores limitantes del crecimiento avícola lo constituye el estrés calórico, en base a la ubicación de la mayoría de las granjas Venezolanas. Esto cobra suprema importancia, en vista de los pronósticos de aumentos de la temperatura del planeta derivados del calentamiento global. Este documento intentará compilar parte de la información generada y la existente en la literatura, para ahondar más en la comprensión del problema de estrés calórico en pollos y ponedoras. En la primera parte, ya publicada, se mencionaron algunos elementos básicos sobre el estrés en aves y los diferentes tipos de control térmico, con énfasis en pollos de engorde. Para poder responder a estas grandes interrogantes: ¿por qué no se mueren todos los pollos por calor, por qué no todas las gallinas se ven afectadas? ¿podremos, a través del manejo de las dietas, mejorar las capacidades de las aves a sobreponerse al estrés calórico agudo o crónico? En

ABSTRACT

Globally, chicken meat and eggs are extremely important protein sources, with sustained growth in recent years. In Venezuela, despite the crisis, it is also an important element of the protein contribution to the population. The economic crisis has affected its development, especially owing to the dependence on imported raw materials and genetic material. Furthermore, one limiting factor of poultry growth is heat stress, because of the geographical location of most Venezuelan poultry farms. This is of utmost importance, due to the forecasts of temperature increases on the planet, derived from global warming. This document will compile some of the information generated and that existing in the literature, to deepen the understanding of the problem of heat stress in broilers and commercial layers. In the first part already published, some basic elements about stress in chickens and the different types of thermal control were mentioned, with emphasis on broilers, to answer these big questions: Why are not all hens affected? Can we through dietary management improve the birds' abilities to overcome acute or chronic heat stress? In the previous publication, strategies related to environmental management (ventilation, nebulization, etc.) and others in the broiler, with inductions on the bird, such as early, late or embryonic acclimatiza-

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

la publicación anterior se mencionaron las estrategias relacionadas con el manejo del ambiente (ventilación, nebulización, etc.) y otras con el manejo del pollo, con inducciones sobre el ave, como la aclimatación precoz, tardía o embrionaria, así como otras relacionadas con el manejo de las densidades o la iluminación. En esta segunda parte, se hará énfasis sobre estrategias nutricionales como la restricción alimenticia, el uso de maíz grano en horas calurosas, o el uso de electrólitos en agua o alimento en pollos. De estas estrategias, las que fueron evaluadas y generaron mejores resultados, en pollos fue el uso de la restricción alimenticia en horas calurosas, permitiendo reducciones de hasta 50% y 60%, respectivamente, en la mortalidad por calor en pollos y reduciendo los problemas de calidad de cáscara en ponedoras. En ambos grupos, pollos y ponedoras, las estrategias no causaron disminución en los parámetros productivos. Finalmente, como ninguna estrategia logró reducciones superiores al 60% en la mortalidad en los pollos, entonces se combinaron varias estrategias, pero no se evidenció efectos aditivos entre las mismas. En ponedoras, son pocos los trabajos realizados sobre estrés calórico, ya que su efecto es menor sobre la mortalidad, siendo la calidad de los huevos la más afectada. Se muestran trabajos en los cuales se utilizan el cambio de hora de alimentación de la mañana a la tarde y la adición de enzimas exógenas al alimento, como estrategias posibles en el combate del estrés por calor en ponedoras. En general, aún no hay respuestas concretas a las preguntas formuladas anteriormente, pero hemos avanzado en conocer los procesos que ocurren en el ave. En conclusión, existen estrategias de manejo nutricional que han generado buenos resultados; sin embargo, todavía hay mucho que investigar, sobre todo, porque el pollo de engorde y la ponedora de hoy en día, cambian sus capacidades genéticas muy rápidamente, por lo que el estudio de nuevas líneas comerciales ha de ser constante y se deberán seguir evaluando nuevas estrategias o mejorar las existentes, para lograr mejores resultados en la protección de los pollos de engorde y ponedoras contra la muerte por calor.

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

tion, as well as those related to density management or lighting, were mentioned. In this second part, emphasis will be placed on nutritional strategies such as feed restriction, the use of grain corn in hot hours, or the use of electrolytes in water or feed. Of these, those that were evaluated and generated better results in broilers were feeding restriction during hot hours, allowing reductions of up to 50% and 60%, respectively, in heat mortality, and reducing problems of shell quality in commercial layers. In both groups, broilers and commercial layers, the strategies did not cause decreases in performance parameters. Finally, since no strategy achieved reductions in mortality of more than 60%, several strategies were combined, without evidencing additive effects among them. In commercial layers there are few works carried out in heat stress, because its effect is lower on mortality, being the quality of the eggs the most affected. Works are shown in which the change of feeding schedule, from morning to afternoon, and the addition of exogenous enzymes to the food are used as possible strategies to confront heat stress. In general, there are still no concrete answers to the questions posed above, but we have made progress in understanding the processes that occur in the bird. In conclusion, there are already nutritional management strategies that have generated good results, but there is still a lot of research to be done, especially because today's the commercial layer change their genetic capabilities very quickly, so research on new commercial lines has to be constant and new strategies have to be further evaluated or improved the existing ones, to achieve better results in protecting commercial layers against heat death.

(Key words: Chickens; eggs; heat stress; combat strategies)

INTRODUCCIÓN

Habiendo disertado sobre algunas estrategias para mitigar el estrés calórico en la parte I, esta revisión se enfocará en algunas herramientas relacionadas con el manejo de la alimentación y nutrición, que son eficientes para ayudar a reducir el estrés por calor. Es bien sabido que el proceso digestivo produce calor en todos los animales; igualmente, que los diferentes tipos de alimentos poseen emisiones de calor diferentes, siendo los alimentos grasos los que producen menos calor metabólico y los proteicos los que producen el calor metabólico [1]. Adicionalmente, es sabido que el máximo calor metabólico luego de la ingestión de alimentos, se produce entre las 2 y 4 h del consumo [1]. La realización de los procesos de digestión genera calor, el cual puede aumentar hasta un 20% del calor basal en los animales [2]. Por lo tanto, si manipulamos tanto el contenido de la dieta como la hora de alimentación, podremos lograr que el máximo de calor metabólico no coincida con el máximo de calor ambiental [3]. Por otra parte, en países tropicales y subtropicales, el estrés calórico constituye una de las principales fuentes de disminución de la productividad en los sistemas de producción de aves [4]. Aunado a ello, en el caso de la avicultura, las casas comerciales transnacionales abastecedoras de aves, están generando material genético, cuya capacidad productiva aumenta año tras año, pero las temperaturas óptimas de cría se reducen. En el manual de AVIAGEN (casa comercial de producción de genética avícola), por ejemplo, los pollos alcanzaban 2,021 kg en 35 d, con 1,607 g de conversión de alimento en 2007, diez años después (2017) alcanzaron 2,225 kg en 35 d, con conversiones de 1,495 g [5, 6]. La temperatura óptima a partir de los 27 d era de 21 °C en 2007 y de 20 °C en 2017 (AVIAGEN, 2007 y 2017, respectivamente). Normalmente, se crían las aves a temperaturas superiores al óptimo (estrés crónico), generando un aumento en el consumo de agua, disminuyendo el de alimento y desmejorando su peso vivo y la producción de huevos. En estas circunstancias, debemos generar estrategias para reducir los efectos del estrés crónico por calor, más aun, los efectos del calor agudo, o golpes de calor (aumento importante de la temperatura ambiente por periodos prolongados), que acarrear la muerte de las aves en su fase final de cría, con pérdidas importantes para el productor [3]. El estrés

por calor influye sobre el comportamiento productivo y reproductivo de las gallinas ponedoras, disminuyendo el consumo de alimentos, la producción y la calidad del huevo, ocasionando la alteración de las hormonas responsables de la ovulación, reduciendo la capacidad de respuesta de las células de la granulosa a la hormona luteinizante [7]. En el caso de las ponedoras, el problema de mortalidad es menos importante, y son los problemas de reducción de producción y deterioro de la calidad de los huevos, sobre todo reducción de calidad de cáscaras y aumento de rotura de huevos, los que ocasionan pérdidas importantes [8]. En este trabajo, en su segunda parte, describiremos algunas estrategias de manejo para reducir el efecto negativo del estrés calórico en pollos de engorde y ponedoras, que guardan relación con la nutrición y alimentación de las aves.

A. Estrategias de Manejo Alimenticio y Nutricional

a.1. Sustitución de calorías

Consiste en sustituir parte de la energía metabolizable aportada por carbohidratos, por calorías aportadas por lípidos que producen menos calor metabólico, ya que una parte de los ácidos grasos puede ser almacenada directamente en las grasas del ave. Se ha logrado mejorar el comportamiento productivo al incrementar la densidad energética de la dieta, con la incorporación de grasa en sustitución de cereales, en los lugares donde las temperaturas limitan o reducen el consumo, permitiendo mantener la misma ingesta de energía, a pesar de la reducción del consumo de alimento. El clima cálido del trópico magnifica los problemas para cubrir los requerimientos nutricionales en las diferentes etapas de producción de las aves, limitando el potencial genético, al disminuir el consumo de alimento y la tasa de crecimiento. Si se mejora el nivel de energía, la solución no es incrementar el de proteína.

a. 2. Reducción del contenido proteico total del alimento por adición de aminoácidos esenciales libres (lisina, metionina, treonina y triptófano)

La experiencia de varios autores recomienda reducir al mínimo los niveles totales de proteína cruda e incrementar los niveles de aminoácidos (AA), preferiblemente lisina y metionina, mediante la suplementación de éstos en forma sintética y con incrementos de 5 a 10% [9], para reducir la

producción de calor debida a la eliminación de los AA en exceso por encima de una composición de proteína ideal. Sin embargo, cualquier déficit en un AA esencial resulta en una degradación amplificada del crecimiento en climas cálidos, especialmente si el nivel proteico del alimento es alto. Eso necesita un control preciso de la composición de las materias primas utilizadas en países con clima cálido (sobre todo los subproductos). En la literatura científica, no hay demostración confiable que el requerimiento de los pollos de engorde, en AA (g/1000 kcal de dieta), sea mayor en clima cálido. El desbalance de AA en la dieta incrementa la excreción de sustancias nitrogenadas en las heces, aumentando las concentraciones de amonio, lo que causa un efecto negativo sobre el comportamiento del ave [10].

a.3. El balance electrolítico de los alimentos

En condiciones de estrés por calor se produce un desequilibrio electrolítico en las aves, ya que el ave incrementa la frecuencia respiratoria (jadeo) para disipar el calor, eliminando H_2O y CO_2 por medio de la utilización del bicarbonato (HCO_3^-), CO_2 y H_2O de los tejidos, lo cual provoca una disminución del HCO_3^- e incrementa el pH sanguíneo (cambio de 7,2 a 7,5 ó 7,7), provocando un rápido desbalance ácido-base. En estas condiciones, se produce alcalosis metabólica, generando un requerimiento mayor del HCO_3^- para restablecer el equilibrio [11]. Este cambio de pH, junto con la pérdida de HCO_3^- y minerales, que se agrava más cuando más se incrementa el calor o humedad, influyen sobre el metabolismo y salud general del ave. Por ello, al restablecer el balance electrolítico con el uso del bicarbonato de sodio, se tiene un efecto favorable sobre las aves en condiciones de estrés por calor [11]. Incluir bicarbonato de sodio resulta útil para restablecer el equilibrio ácido-base y poder obtener mejores resultados productivos. En estrés por calor, la pérdida de HCO_3^- e hidrógeno (H^+) se incrementa cuando más severo es el calor y/o humedad ambiental [12].

Muchos ensayos han intentado corregir el balance electrolítico de las aves en temperaturas ambientales (TA) altas. Sin embargo, sin un conocimiento preciso del contenido de los alimentos (nivel de potasio en la soya, por ejemplo) y de la situación de las aves, las correcciones pueden a veces empeorar una situación ya crítica.

Una de las prioridades para que la vida pueda conservarse es la retención del aporte corporal del agua y de electrolitos, tales como: potasio (K^+), sodio (Na^+) y cloro (Cl^-) y HCO_3^- . De acuerdo a Cunningham [13], el intestino juega una función vital para esta conservación, no solo porque es el punto de entrada para reponer los nutrientes, sino también porque el agua y los electrolitos en las secreciones deben guardarse con eficiencia para mantener la composición corporal. La ingestión de una mayor cantidad de la que se necesita de cada mineral trae como resultado una excreción rápida por los riñones. Por consiguiente, es poco probable que se presente una intoxicación, excepto si se restringe el consumo de agua, que altera y limita la excreción urinaria [14].

Los suplementos minerales, las vitaminas, hormonas y otros reguladores metabólicos actúan sobre la regulación del equilibrio ácido-base, por el balance de los fluidos, sistemas enzimáticos, entre otros, convirtiéndose en fuente importante e indispensable de la dieta aviar [13]. Los electrolitos de mayor importancia fisiológica y metabólica de las aves son: K^+ , Na^+ y Cl^- , los cuales se manejan en la dieta en términos porcentuales, siendo necesario convertirlos en mEq, con el fin de realizar el balance dietario de electrolitos (BDE). Las proporciones dietarias de K^+ , Na^+ y Cl^- son importantes determinantes del balance ácido-básico [15-17]. Otros cationes y aniones como el calcio, sulfato, y fosfato podrían estar también involucrados, aunque el balance dietario apropiado de estos electrolitos está limitado a los niveles de K^+ , Na^+ vs. Cl^- , expresados en mEq/kg de dieta [14].

a.4. Balance electrolítico en condiciones de estrés por calor

Cuando se utilizó un balance de electrolitos (BDE) a niveles de 240-330 mEq/kg, se observaron mejoras en el rendimiento productivo, aunque no hubo diferencias significativas al evaluar la conversión de alimento y la temperatura corporal (TC) con la adición mineral [16, 18-20]. Igualmente, Ada-Ortiz y Ortuño [21], evaluaron la adición de NaCl o sal común al alimento, en las siguientes concentraciones; 0,4%, 0,5%, 0,6%, 0,8% y 1,0%, durante 49 d, encontrando que el nivel favorable de adición de NaCl es de 0,60%, lo que es igual a 260 mEq/kg. Igualmente, se ha evaluado la adición de minerales en el agua. Teeter y Smith [22] evaluaron

la suplementación con 0,02% de NH_4Cl en el agua de bebida, reduciendo la fase de jadeo. De igual manera se redujo la fase de hiperventilación, incrementando la ganancia de peso vivo en 23% y en 7,7% la conversión de alimento. Al evaluar el efecto del NaHCO_3 y KCl en distintas proporciones, se obtuvo como resultado que suplementar, con 5% de NaHCO_3 y KCl generó una alta y significativa ($P < 0,05$) tasa de consumo de alimento para las hembras, incrementando el consumo de agua [23]. Los mismos autores habían aplicado KCl en agua de bebida, en una proporción de 0,2%, logrando un mayor consumo de alimento. Smith y Teeter [24] evaluaron el efecto de la suplementación de KCl en el agua, en pollos expuestos a calor crónico y temperaturas cíclicas. El KCl fue usado en el agua en rangos de 0,06 a 0,36%, resultando en una reducción del consumo de alimento, con el nivel de suplementación de 0,24%, y de la misma manera afectó la ganancia de peso ($P < 0,05$). El consumo de agua incrementó con el calor y no decreció con la adición del KCl . De acuerdo con Cerrate [25], en la mayoría de las dietas el balance electrolítico (BE) no llega a alcanzar los valores deseados para optimizar la producción; más aún, cuando se formula con proteínas de origen animal, tal como la harina de pescado.

Al añadir bicarbonato de sodio (NaHCO_3) se ha observado un mejor crecimiento, mayor consumo de alimento, mejor conversión de alimento y mejoras sobre la calcificación del fémur. Resultados experimentales bajo estas condiciones demuestran que el aporte de HCO_3^- mejora los rendimientos, ya que las dietas con NaHCO_3 fueron mejores que las dietas con carbonato de sodio (Na_2CO_3), teniendo ambas fuentes igual nivel de BE [26].

La adición mineral se ha investigado por mucho tiempo en diferentes países (Brasil, Estados Unidos de América, Bolivia, Japón, Pakistán e Israel); sin embargo, en Venezuela hasta el año 2006 no se había publicado ninguna investigación. Resultados experimentales obtenidos en Brasil por Borges *et al.* [16, 27, 28], quienes utilizaron diferentes niveles de incorporación adicional al alimento de cuatro sales, (NaHCO_3 , NH_4Cl , NaCl , KHCO_3), evaluando luego a partir del día 21 de edad con base a una dieta de maíz (59,31%) y soya (30,08%), la respuesta de los pollos en ambientes con TA promedio de 33°C y 28°C. Las aves alimentadas con dietas BDE de 240

mEq/kg, mostraron mayores ganancias de peso que las alimentadas con dietas BDE de 0 y 130 mEq/kg. La mortalidad y los valores de conversión fueron más bajos para 240 mEq/kg de BDE que para los tratamientos controles 120 o 130 mEq/kg BDE [27]. El consumo de agua por las aves alimentadas con 0 y 120 mEq/kg fue esencialmente igual al consumo del grupo control, pero el consumo de agua para las aves alimentadas con 360 mEq/kg fue más alto que los otros grupos [27]. Basados en estos resultados de Borges *et al.* [16, 27, 28] y partiendo de fórmulas equivalentes, se inició un grupo de trabajos [29-33] para esclarecer algunas incógnitas planteadas por diversos autores sobre el uso de electrolitos en las dietas en aves, como alternativa nutricional en el control de los efectos deletéreos causados por el estrés calórico.

Entre esas incógnitas, una de las más conocida es que la adición de electrolitos en exceso en la dieta o en el agua, para compensar el efecto del estrés, si este no se presenta en un tiempo importante, el mismo desbalance mineral provocado por dicho exceso va a ocasionar desbalances en el pollo y posibles diarreas, lo que ocasiona camas húmedas, pudiendo entonces aumentar el estrés de los pollos por aumento de emanación de gases como amonio y mayores riesgos de enfermedades. Por ello, Valera [31] evaluó la adición de electrolitos en la dieta en dos experiencias. En la primera evaluó cuatro niveles diferentes ($T1 = 0$, $T2 = 120$, $T3 = 240$ y $T4 = 320$ mEq/kg, Na , K^+ , Cl^-), mientras que en la segunda evaluó solo los dos primeros tratamientos, pero en dos condiciones ambientales diferentes (fresco: $\text{TA} < 26^\circ\text{C}$; cálido: $\text{TA} > 29^\circ\text{C}$). En cuanto a los efectos sobre la cama del pollo, la humedad de la misma no fue alterada, siendo la adición de minerales en la dieta más bien un reductor de los niveles de humedad de la cama, sin que ese efecto fuera observado en el Experimento 2, donde se nota un aumento del nivel de humedad de la cama en clima cálido, pero sin efectos de la adición de electrolitos [31].

La cantidad de materia orgánica en la cama no es alterada al igual que la temperatura de la misma por la adición de electrolitos, según lo reportado por Varela [31], por lo que podemos inducir que no hay desbalances digestivos en los pollos ni presencia aparente de diarrea con la adición de hasta 320 mEq/kg de electrolitos a la dieta. La adición de electrolitos en el alimento, además, parece no afectar a partir

de 240 mEq/kg, la ganancia de peso ni el peso o la conversión de alimento, aunque reduce la TC y la mortalidad de los pollos, cuando son sometidos a un estrés agudo [31].

Partiendo de las evidencias colectadas por Valera [31] quien reportó que no se presentaron efectos de la adición de minerales sobre la cama, ahora hay otra incógnita: ¿sería más adecuada en el alimento o en el agua, sobre todo en presencia de estrés agudo? Este planteamiento surge de los efectos, ya mencionados, de reducción del consumo de alimento y aumento del consumo de agua, los cuales suceden cuando los pollos están sometidos a estrés; por lo que la suplementación de minerales, de una manera adecuada en el agua, aseguraría más la ingesta por parte del ave.

Otro elemento que favorece el uso de minerales en el agua es que podrían usarse o no según la condición ambiental presente, pero la dosificación es más segura cuando se realiza en el alimento en la planta comercial siendo los cambios en consumo de alimento menores que en el agua así, como la estimación del consumo en el alimento es más simple para establecer la dosis de electrolitos a incorporar. Los aditivos más estudiados son el cloruro de amonio (NH_4Cl) y el NaHCO_3 [34], pero este mecanismo sólo es efectivo si la temperatura del agua permanece baja y fresca [34]. Farfán [29], evaluó el efecto de la adición de minerales en el agua o en el alimento sobre los parámetros productivos y fisiológicos durante la etapa de finalización, bajo condiciones de estrés calórico agudo en pollos de engorde. La composición del suplemento mineral utilizado por Farfán [29], fue NaHCO_3 (0,83%); NH_4Cl (0,07%); y NaCl (0,30%), obteniéndose un balance de electrolitos de 240 mEq/kg, desde los días 37-41 (Exp. 1) y desde 28-35 d de edad de los pollos (Exp. 2). Se encontró que al adicionar minerales tanto en el agua como en el alimento, no se produjeron cambios estadísticamente significativos en los parámetros productivos. Asimismo, se observó que aquellos pollos que recibieron minerales incrementaron el consumo promedio de agua en 34%. La adición de minerales en el agua permitió una disminución ($P=0,007$) de la TC ($42,80 \pm 0,16$ °C), del nivel de hiperventilación (NH; $159,95 \pm 4,93$ insp/min) y de la mortalidad (de hasta un 22%), en comparación con el T1, durante la simulación del estrés calórico agudo [29].

Al evaluar los electrolitos en sangre, hay un mayor el nivel de Na^+ ($129,73 \pm 1,87$ mEq/L) y Cl^- ($111,73 \pm 1,54$ mEq/L), para los que no recibieron minerales. Se observa claramente que los pollos (hembras y machos) tratados con minerales en el agua obtuvieron menor NH, siendo significativa la diferencia ($P=0,035$). El suministro de electrolitos en el agua (T3), o en el alimento (T2), no generó cambios en el pH de los pollos, tanto en la experiencia en granja como en la experiencia en laboratorio [29]. Algunos gases sanguíneos fueron evaluados por Farfán [29], tal es el caso de la presión parcial de dióxido de carbono ($p\text{CO}_2$) y de oxígeno ($p\text{O}_2$). Solo en el caso de la $p\text{CO}_2$ en condiciones de granja, se produjo una reducción en sangre con la adición de electrolitos, sin diferencias en la forma de suministro (agua o alimento). Según Ahmad y Sarwar [35], el estrés calórico resulta en pérdidas de CO_2 y reducción en la $p\text{CO}_2$. Por otro lado, Borges *et al.* [27], no observaron efecto de la suplementación de electrolitos sobre la $p\text{CO}_2$. Por su parte, Pérez [33] reportó que ante el estrés agudo la $p\text{O}_2$ no se modifica significativamente con los tratamientos suplementados con niveles de electrolitos de 340 mEq/kg.

a.5. Aumento de vitaminas y minerales

En cualquier situación de estrés el organismo aumenta los requerimientos nutritivos, especialmente de algunos minerales y vitaminas, los cuales son excretados en mayor cantidad. Los niveles de las vitaminas C, E, riboflavina y piridoxina, principalmente, se pueden ajustar en la dieta y obtener respuestas específicas sobre la actividad inmunológica, pero pocas respuestas al estrés nutricional [36].

a.6. Restricción de alimentos

La restricción del alimento (ayuno de alimento) en las horas más calurosas del día, obliga al ave a consumirlo en las horas más frescas del día y a minimizar la producción de calor en las horas de mayor TA, mejorando su resistencia al calor. Sin embargo, este ayuno no puede ser muy prolongado ya que su efecto es limitado, debido a que en pollos de engorde, a mayor período de tiempo sin consumir alimento se produce una menor tasa de crecimiento [37]. La restricción de alimento, durante las horas más calurosas del día (09:00 a 16:00 h), en época lluviosa, reduce significativamente la TC (0,3 y 0,4

°C) entre 35 y 42 d de vida, respectivamente, pero, genera reducción del rendimiento (ganancia diaria de peso, GDP) [38]. En una granja comercial se comparó dos tratamientos: T1 = alimentación *ad libitum*; T2 = alimentación restringida (ayuno desde 9:00 a 16:00 h). Los resultados muestran que la aplicación de la restricción de alimento no afectó la GDP ni el PV (Cuadro 1). En relación al consumo, las aves bajo el tratamiento de alimentación restringida tuvieron en promedio 26 g/pollo menos ($p=0,05$) de consumo de alimento. A pesar de presentar un mayor consumo de alimento, en la fase nocturna (30 g/pollo), no compensaron los 54 g menos de consumo en la fase del día [38]. Sin embargo, este ayuno o restricción no puede ser muy prolongado, ya que su efecto es limitado, por las razones expuestas anteriormente [38].

a.7. Uso de maíz grano en horas calurosas

El grano entero de cereales (maíz, trigo y arroz) cumple con este requisito, siendo además una forma de reducción del costo del alimento [39], Noiro *et al.* [40] y Castaing *et al.* [41] también han propuesto con éxito, suministrar granos, como alimento, para las horas más calurosas. Adicionalmente, esa opción se ha sugerido como mejoradora del riesgo de ascitis [42]. Esta técnica no solo permite la reducción de calor metabólico en las horas más críticas sino pudiera reducir los costos de producción, además de la mortalidad por aplastamiento en la realimentación, sin comprometer o manteniendo el peso del animal. Ensayos preliminares indicaron que los pollos no consumen el maíz grano entero, pero sí consumen el maíz grano molido grueso durante la quinta y sexta semanas de vida [43]. Experiencias realizadas, con trigo grano entero por Noiro *et al.* [40], en

dos galpones comerciales de 1400 m², con 32.000 pollos cada uno, demostraron la factibilidad del uso del grano entero en granjas francesas. En uno de los galpones se le suministró alimento balanceado 100% del tiempo y al otro se le colocó trigo grano entero el 30% del tiempo (desde las 10:00 a 16:00 h). La inclusión del trigo se hizo a partir de los 15 d de edad. Al final de la experiencia (39 d), los pollos de ambos galpones no mostraron diferencias significativas en cuanto a los parámetros productivos principales (1879 *vs.* 1893g y 1814 *vs.* 1888 g, para ganancia de peso de los galpones con trigo y con concentrado, respectivamente). De forma casual, estas experiencias se realizaron durante la época de verano y entre los días 38 y 39 de vida se produjeron TA superiores a 36 °C, con lo cual se produjo un golpe de calor que ocasionó la muerte a 278 pollos en el galpón con sólo concentrado y 52 pollos en el galpón donde se incluía trigo durante los periodos más calurosos del día. Un estudio de Magro y Penz [44], con dietas que incluían maíz con granulometrías crecientes, demostró que las mejores respuestas productivas fueron alcanzadas con la ración que tenía el mayor diámetro geométrico medio. De manera que el empleo de dietas granuladas puede ser una alternativa para aumentar el consumo de alimento y, con ello, el desarrollo de pollos de engorde, cuando son sometidos a alta TA. Howlinder y Rose [45], demostraron que la granulación de una dieta con baja energía metabolizable produjo la misma ganancia de peso en machos y hembras que el aumento de energía metabolizable de la dieta de harina, cuando la temperatura estuvo próxima a la zona de confort térmico del animal. A los fines de comparar las dos estrategias presentadas anteriormente, Lozano *et*

Cuadro 1. Promedios de peso vivo (PV), ganancia de peso (GP), consumo de alimento (Cons) y conversión de alimento (CA) durante los días 29 y 41 de edad de los pollos sometidos a restricción de alimento (7h más calurosas) o alimentados *ad libitum* en una granja comercial.

Variables/edad	<i>Ad libitum</i>	Restringido	Anova
PV 28 d (g)	1273 ± 22	1309 ± 16	ns
PV 41 d (g)	2110 ± 49	2067 ± 46	ns
GP (28 a 41d) (g)	37 ± 33	758 ± 40	ns (p =0,14)
Cons (28 a 41 d)	1912 ± 56	1606 ± 20	p<0,0001
Cons 28-41 (pollo/día) (g)	56 ± 4 a	00 b	p<0,0001
Cons 28-41 (pollo/noche) (g)	124 ± 3 b	154 ± 3 a	p<0,0001
Cons total (pollo/día) (g)	180 ± 7a	154 ± 3b	p<0,0001

al. [46], evaluaron los efectos de la restricción total y de la suplementación de maíz grano (molido) durante el periodo más caluroso del día sobre los parámetros productivos y la temperatura corporal. Concluyendo que durante el periodo 28-42 d de vida, al sustituir alimento balanceado por maíz grano molido durante las horas de restricción, genera un efecto positivo para el sistema de producción de pollos de engorde, porque reduce significativamente la TC hasta (0,3°C) y, por ende, disminuye el estrés calórico y sus consecuencias, sin afectar la ganancia de peso con respecto a las aves restringidas, lo cual pudiera generar un ahorro en la alimentación de los pollos de engorde [46].

Las bondades de la adición de maíz son similares al ayuno de alimento, siendo solo la reducción de los riesgos por amontonamiento lo que pudiera justificar el no usar el ayuno, además de los costos adicionales que pudieran generarse sobre todo en los sistemas automatizados de alimentación, ya que en los manuales, la sola adición de un comedero pudiera resolver los aspectos logísticos del uso de maíz grano molido.

El uso de la misma dieta balanceada para alimentación *ad libitum* en horas frescas cuando se utiliza maíz grano, pudiera ser la razón por la cual no se encuentran mejoras en los parámetros zootécnicos; por ello Padrón [47], Pacheco [48], Esteves [49], Delgado [50], realizaron ensayos adicionales en los cuales se generó en base al consumo de maíz promedio en horas calurosas (entre 28 y 32 % del consumo diario), una dieta complementaria que permitiría igualar el aporte de nutrientes de las dietas maíz + un complemento a la dieta *ad libitum*. Los consumos de alimento total durante el periodo de 28 a 35 d de edad fueron similares entre pollos con alimentación *ad libitum* y pollos con maíz en horas calurosas y dietas complementarias en horas frescas [47]. En cuanto a la ganancia de peso, no se reportaron entre los 28 y 35 d, efectos significativos entre pollos del grupo *ad libitum* y pollos del grupo alimentado con maíz y dieta complementaria, a pesar que al final la CA de los pollos *ad libitum* fue $2,21 + 0,11$ y la de los pollos con maíz y dieta complementaria fue $2,07 \pm 0,08$, sin embargo, estas diferencias numéricas no fueron significativas [47, 49, 50].

En general, la adición de la dieta complementaria al maíz grano no generó efectos adicionales y se logró una reducción similar de la mortalidad del

40% [47, 49, 50]. Evaluaciones cardiovasculares realizadas por Esteves [49], a los mismos pollos mencionados anteriormente, permitieron concluir que ni la frecuencia cardiaca ni el gasto cardiaco fue diferente, ya que se estima que otros mecanismos no cardiovasculares son los que generan reducción de la mortalidad de los pollos. Evaluaciones biométricas (altura, ancho, tamaño de la cabeza, patas y otras) y tamaño de algunos órganos como corazón y pulmón, fueron realizadas por Delgado [50], no observando ningún cambio generado por el tratamiento en las medidas corporales biométricas evaluadas. La inclusión de maíz en horas calurosas y una dieta complementaria en horas frescas logra reducir la TC de los pollos en 0,87°C, durante la exposición a un estrés calórico agudo entre 32 y 42°C por 4 h, reduciendo en 40% la mortalidad respecto a pollos alimentados *ad libitum* [51].

Una vez evaluada la dieta con maíz en horas calurosas y dieta complementaria bajo condiciones de laboratorio, los trabajos de Pacheco [48], evaluaron el efecto de estas maniobras nutricionales en condiciones de granja comercial con estrés calórico crónico natural. En esta experiencia, ni la adición de maíz y dieta complementaria, ni minerales en agua arrojaron cambios significativos en los parámetros productivos, además la frecuencia cardíaca de los pollos no fue diferente, pero el costo de la dieta complementaria y maíz grano molido fue 0,11 Bs menor que el de la dieta *ad libitum*.

Como lo señaló May [52], el consumo de alimento es mayor durante la noche, debido a que durante el día la temperatura ambiente influye sobre el consumo. Los efectos marcados que se encontraron en relación al sexo, en varias experiencias ya mencionadas, llevaron a Ríos [53] a evaluar el efecto de la alimentación diurna con maíz (*Zea mays*) como alternativa para aliviar el estrés calórico en pollos de engorde separados por sexo en una granja comercial ubicada en el municipio Diego Ibarra del estado Carabobo. En general, los resultados se muestran en el Cuadro 2, donde se observa que aunque hay una reducción en la ganancia de peso en los pollos que recibieron maíz, también hay una reducción en el consumo, lo que permite que no se produzcan efectos sobre la conversión de alimento. Uno de los riesgos del uso del maíz grano molido es la posibilidad de que esté contaminado con aflatoxinas, algo que en Venezuela ha sido un problema grave en los últimos años [54].

Cuadro 2. Promedios de peso vivo (PV), ganancia de peso (GP), Consumo de alimento (Cons) y conversión de alimento (CA) durante los días 28 al 41 de vida de los pollos alimentados en granja comercial, *ad libitum* o con maíz grano molido en horas calurosas bajo

Variables/edad	<i>Ad libitum</i>	Maíz Molido	Anova
PV 28 d (g)	1273 ± 22	1284,3 ± 26,8	ns
PV 41 d (g)	2110,2 ± 4	1998,1 ± 54,5	ns
GP (28 a 41d) (g)	837 ± 33 a	713 ± 36 c	P<0,02
Cons (28 a 41 d)	1917 ± 56	1689 ± 70	P= 0,16
CA (28 a 41 días)	2,29	2,36	P<0,05
Cons 28-41 (pollo/día) (g)	56 ± 4 a	19 ± 2 b	p<0,0001
Cons 28-41 (pollo/noche) (g)	124 ± 4 b	143 ± 3 a	p<0,0001
Cons total (pollo/día) (g)	180 ± 8	162 ± 5	p<0,0001

Trabajos realizados por Yépez [55] utilizando maíz con concentraciones a (T2) y a niveles (T3) de aflatoxinas, señalan, que el mayor número de lesiones se reportan en hígado, intestino y pulmones en el T3, contrario a los esperado de lesiones en el T2 que tenían más altos niveles de aflatoxinas. Otro órgano con diferencias importantes es la Bursa de Fabricio, observándose que las lesiones de los pollos del T3 duplicaron a las de los otros tratamientos. Es por ello que el tipo de aflatoxina, lo cual no fue evaluado, pueda jugar un papel importante en estas diferencias [55].

En general, en torno al uso de maíz grano en horas calurosas del día, como estrategia para combatir el estrés, con o sin dietas complementarias o adición de minerales, parece ser una estrategia que a la vez que aumenta la resistencia de los pollos a muerte por calor, reduce los riesgos de muerte por amontonamiento del ayuno, y no afecta mayormente los parámetros productivos, pudiendo incluso mejorar los costos de producción.

a. 7. Combinación de alternativas en pollos

En la búsqueda de efectos aditivos se realizaron algunas experiencias en las cuales se intentó juntar dos técnicas: la inclusión de maíz en horas calurosas y la inclusión de electrolitos en la dieta. En tal sentido, Montes de Oca [32] realizó dos experimentos, uno en laboratorio (Exp. 1) y otro en granja comercial (Exp 2). Se evaluaron 3 tratamientos: T1 = alimento balanceado (polvo) durante 24 h del día; T2 = alimento balanceado (polvo) (16:00 a 9:00 h), alternado con maíz molido grueso (9:00 a 16:00 h); T3 = maíz grano molido grueso (9:00 a 16:00

h) y alimento balanceado (polvo) suplementado con electrolitos (16:00 a 9:00 h) 240 mEq/kg, NaHCO₃ (0,82%), NH₄Cl (0,07%), NaCl (0,30%). No hubo diferencias significativas (P>0,05) para los parámetros productivos entre los tratamientos, para las dos experiencias. La restricción con maíz en las horas del día (T2) logró disminuir la temperatura corporal hasta 0,3 °C (P<0,05) y la mortalidad fue del 31,26%, solo en Exp 1. La adición de electrolitos en el alimento causó una disminución del NH (9,25 insp/min), al momento de la realimentación, pero no redujo la TC ni mejoró la mortalidad. Torrez [56] realizó experiencias similares a las de Montes de Oca [32], pero adicionando los electrolitos en el agua y maíz molido en horas calurosas. El uso de maíz molido durante las horas calurosas tanto en granja como en laboratorio resultó ser una estrategia adecuada para reducir el nivel de estrés en los pollos, sólo resultando beneficioso el uso de electrolitos a nivel de granja al reducir la temperatura corporal 0,14°C, sin efectos aditivos [56].

a.8. Uso de otros aditivos

Todos aquellos aditivos que pueden reducir los efectos negativos del estrés pudieran estar ayudando a combatir el estrés calórico. La aplicación de vitamina C (ácido ascórbico) también, tiene un efecto beneficioso sobre el estrés calórico, al reducir los niveles de corticosteroides séricos de 22 mg/mL a 7,3 mg/mL, reduciendo por lo tanto el estrés y mejorando las variables productivas, al reducir la mortalidad de 18,1 a 8,8 % [57]. Los corticosteroides son los responsables de las respuestas compensatorias del ave estresada por calor, tales como la hiperventilación,

el bombeo de sangre hacia zonas periféricas y la disminución de la actividad del sistema inmune (inmunosupresión). No hay que olvidar por ejemplo que la hiperventilación representa un gasto energético muy grande para el ave, consumiendo alrededor de 540 calorías para eliminar 1 g de agua. Incorporar la vitamina C en la dieta de los pollos de engorde genera respuestas positivas en la reducción del estrés calórico, cuando esta vitamina se incorpora en el alimento en altas cantidades (50 ppm). El uso de la vitamina C debe estar limitado para promover el funcionamiento metabólico del ave, es decir, como un agente anti-estrés y no como promotor de crecimiento [58]. Otros elementos como el ácido acetil salicílico (aspirina), utilizado sólo o asociado con la vitamina C ha mostrado resultados muy variables pero en algunos casos ha reducido los efectos del calor en pollos [34]. La incorporación de la fenotiazina al alimento (2-4 g/kg) ha demostrado disminuir las pérdidas en ganancia de peso, en situación de estrés calórico [34]. También se ha descrito que productos antioxidantes pueden tener utilidad en el estrés calórico, como la adición de zinc en la dieta o la administración de vitamina E y selenio [59]. La administración de ácido acetilsalicílico también puede ayudar por su efecto vasodilatador, que puede mejorar la ventilación del ave, y compensar algo la acidosis metabólica [59]. Para evitar el problema de la aparición de heces pastosas al aplicar electrolitos, se puede administrar al mismo tiempo betaína al agua de bebida. La betaína es un producto natural que se obtiene de algunas plantas como la remolacha, en las que actúa como osmorregulador. La betaína actúa como un osmolito intracelular que compensa el diferencial electrolítico que se genera con la pérdida de agua y potasio en las aves y ayuda a mantener el balance hídrico celular, evitando la deshidratación y reduciendo el daño tisular [59].

B. Estrategias para Combatir el Estrés en Ponedoras

El estrés por calor influye sobre el comportamiento productivo y reproductivo de las gallinas ponedoras, disminuyendo el consumo de alimentos, la producción y calidad del huevo, ocasionando la alteración de las hormonas responsables de la ovulación, reduciendo la capacidad de respuesta de las células de la granulosa a la hormona luteinizante [7]. Cuando incrementa la temperatura desde 30 a 38°C, la calidad de la cáscara

del huevo disminuye incrementando el porcentaje de huevos rotos. Cerca de 38°C, las aves sólo pueden deshacerse del calor corporal por el jadeo severo que produce alcalosis respiratoria [60]. En la producción de gallinas ponedoras, el suministro de alimento es ordinariamente en horas matutinas, generándose un aumento del calor corporal, debido a las reacciones propias del metabolismo digestivo en las horas del mediodía que son las más calurosas del día. Por tal motivo, al evitar la producción de calor por digestión en horas calurosas, cambiando el momento de alimentación para la tarde; se podría comprometer la formación del huevo, que generalmente es puesto en horas de la mañana, por lo que adicionar una enzima al alimento pudiera disminuir el tiempo de digestión y permitir la disponibilidad de los nutrientes más rápidamente para la formación del huevo, y evitar que este cambio de horario afecte su tiempo de formación, la producción y, a la vez, mejorar las condiciones del ave para resistir el calor [8]. El uso de enzimas digestivas exógenas en la ración, se justifica cuando la capacidad de digestión del animal es limitada, como es el caso de los animales jóvenes, enfermos o bajo estrés; asimismo, se justifica en altos niveles de producción, en los cuales se necesita mejorar el uso del alimento y el rendimiento animal, y cuando existe una deficiencia de una enzima específica para la digestión de un nutriente [61].

De Basilio *et al.* [8], publicaron una experiencia para evaluar el efecto sobre gallinas ponedoras en pico de postura, del cambio de horario de alimentación de 8:00 a 16:00 h, y la adición al alimento, de un complejo de enzimas exógenas. En conclusión, la alimentación en la tarde mejora el peso de las gallinas, el de los huevos y el espesor de la cáscara; asimismo, el uso de enzimas exógenas aumenta el peso de la cáscara y la concentración sanguínea de calcio.

En Egipto, utilizando gallinas ponedoras y gallos, bajo condiciones de calor (27 a 36°C y 60 a 80 % humedad relativa [HR]), se evaluaron diferentes contenidos de electrolitos. Evaluaron inclusiones de 175 a 250 mEq/kg de dieta, utilizando para ello de 0,16 a 0,18 % de Na⁺ y de 0,80 a 0,90 % de K⁺ además, de NaCl, NaHCO₃, KCl, y NH₄Cl, los cuales fueron adicionados para cubrir el balance de electrolitos. El porcentaje de huevos, peso de huevos y peso corporal, aumentaron a medida que aumentaba la concentración de electrolitos de 175 a 250 mEq/kg; además, la calidad de los huevos y

la conversión de alimento también mejoraron [62]. La calidad del semen (concentración, motilidad y viabilidad) de los gallos fue igualmente mejor, a medida que se incrementaba la concentración de electrolitos en la dieta. El contenido en sangre de Ca^{2+} , P^{3-} y Mg^{2+} , aumentó, mientras que el de Cl^- se redujo, y la concentración de hemoglobina, hematocrito y pH sanguíneo, fueron más altas, tanto en gallos como gallinas [62]. En conclusión, los trabajos de Abdallah *et al.* [62], reportan que con niveles de 0,16% de Na^+ y 0,80% de K^+ , que corresponden a 250 mEq/K, logran los mejores desempeños productivos tanto en gallos como en gallinas, en condiciones de calor en Egipto.

CONCLUSIONES

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

2. La restricción de alimento en horas calurosas, así como otras estrategias, como el uso del maíz grano molido en horas de calor, que aumenta la resistencia de los pollos a muertes por calor, reduce riesgos de muertes por amontonamiento durante el ayuno, no afecta mayormente los parámetros productivos, pudiendo incluso mejorar los costos de producción.

El uso de electrolitos u otros aditivos puede tener resultados positivos, pero en ningún caso han logrado efectos aditivos con las otras estrategias evaluadas; no pudiendo superarse el 60% de mejoras en la mortalidad por calor, con ninguna de las estrategias evaluadas.

4. Hay pocas investigaciones acerca de estrategias para reducir el estrés por calor en ponedoras. La restricción de alimento en momentos de más calor en el día, a través del cambio de hora de alimentación de mañana a la tarde, pudiera ser una estrategia adecuada para mejorar la calidad de los huevos. Igualmente, el uso de electrolitos y enzimas en el alimento ayuda a paliar el efecto del estrés calórico en ponedoras.

5. La investigación realizada en Venezuela en torno a este tema es limitada, pero existe un grupo de investigadores con interacciones con otros países como Francia e Israel que aplicando diferentes

metodologías en un trabajo multidisciplinario, permitirán a corto plazo, comprender mejor los mecanismos involucrados en la muerte por calor, del pollo y la ponedora y ajustar las técnicas de mitigación y estimulación a la adaptación de las aves que permitirán en el mediano plazo, resolver de forma definitiva este grave problema de la avicultura en los países tropicales.

REFERENCIAS

- [1] Quiles A, Hevia ML. Fisiologismo de la termorregulación en las gallinas. Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Murcia. [en línea], URL: www.portalveterinaria.com.
- [2] Belles MS. Instalaciones y manejo del broiler en situaciones de estrés calórico. SA. 2002; XLIV (7):447–468.
- [3] De Basilio, V. Acclimatation précoce des poulets de chair au climat tropical. Thèses Doctoral en sciences mention Biologie Agronomie. DEA Agronomique de Rennes. 2002; 120 p.
- [4] Donkoh A. Ambient temperature: a factor affecting performance and physiological response of broiler chickens. Intl J Biomet. 1989; 33:259.
- [5] Aviagen, 2007. Manual de Cría de Pollos Ross.
- [6] Aviagen, 2017. Manual de Cría de Pollos Ross.
- [7] Corona J. Efecto del estrés calórico sobre la fisiología y calidad del huevo en gallinas ponedoras. Revista electrónica de Veterinaria - ISSN 1695-7504. Disponible en línea: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070713/071308.pdf> (Consultado: 14 de mayo de 2013).
- [8] De Basilio V, Rivero A, Farfán Ch, Chacón, T, Rossini, M. Effets du changement d'heure d'alimentation et ajout d'enzymes a aliment sur poules pondeuses en climat chaud. 13èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras les 20 et 21 Mars 2019, à Tours.
- [9] Aviagen, 2009. Manual de cría de pollos Ross.
- [10] Miles M, Branton S, Lott B. Atmospheric ammonia is detrimental to the performance of modern commercial broilers. Poult Sci. 2004; 83:1650-1654.
- [11] Meschy F. En: Balance anión- animale, Ed INAPG, Paris. 1998; 19 p.
- [12] Benalve D, Oliva A. Responses of finishing broilers at high temperatures to dietary methionine source and supplementation levels. Aust J Agric Res. 1999; 41: 557-564.
- [13] Cunningham J. Fisiología veterinaria, tercera edición, Saunders, Madrid. 2003; 502 p.
- [14] National Research Council (NRC). Nutrient Requirements of Poultry. 9na Edition. National Academy Press. 1994; pp. 45-64.
- [15] Vieites F, Kling De Moraes, G, Teixeira L, Santiago H, Cláudia A, Álvares F, Atencio A. Balanço eletrolítico e níveis de proteína bruta sobre parâmetros sanguíneos e ósseos

- de frangos de corte aos 21 dias de idade. *Rev Bras Zoot.* 2004; 33:1520-1530.
- [16] Borges S, Fischer Da Silva A, Majorjka A, Hooge D, Cummings K. Dietary electrolyte balance for broiler chickens under moderately high ambient temperatures and relative humidities. *Poult Sci.* 2003; 82:301-308.
- [17] Betancourt L, Romero H. Una revisión del metabolismo ácido-base y su relación con la nutrición en aves. *Revista Colombiana de Ciencia Pecuaria. Medellín-Colombia.* 2002; 15(2):198-205.
- [18] Borgatti I, Albuquerque R, Meister N, Souza I, Lima F, Trindade, N. Performance of broiler fed diets with different dietary electrolyte balance under summer conditions. *Brazilian J Poult Sci.* 2004; 6:153-157.
- [19] Mushtaq T, Sarwar M, Nawaz H, Aslam M, Ahmad T. Effect and interactions of dietary sodium and chloride on broiler starter performance (hatching to twenty-eight day of age) under subtropical summer conditions. *Poult Sci.* 2005; 84:1716-1722.
- [20] Tanveer A, Sawar M, Un-Nisa, M, Ul-haq A, Ul-hasan Z. Influence of varying source of dietary electrolytes on the performance of broilers reared in a high temperature environment. *Anim Feed Sci Technol.* 2005;120: 277-298.
- [21] Ada-Ortiz J, Ortuño R. Evaluación del comportamiento productivo de pollos barrileros alimentados con diferentes niveles de cloruro de sodio. XVI Congreso Latinoamericano de Avicultura. Lima, Perú. 1999; pp. 323-326 .
- [22] Teeter R, Smith M. High chronic ambient temperature stress effects on broiler acid-base balance and their response to supplemental ammonium chloride, potassium chloride and potassium carbonate. *Poult Sci.* 1986; 65:1777-1781.
- [23] Smith M, Teeter R. Effects of potassium chloride supplementation on growth of heat distressed broilers. *J Appl Poult Sci.* 1992; 1: 321- 324.
- [24] Smith M, Teeter R. 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. *Poult Sci.* 1987, 66: 487- 92.
- [25] Cerrate S. Efectos del nivel de lisina, arginina y el balance electrolítico sobre el comportamiento productivo de pollos de carne en la etapa de inicio. Tesis MSc Nutrición, UNA. La Molina. Perú. 2002; 23 p.
- [26] Meschy F. Balance electrolítico y productividad en animales monogástricos. XIV Curso de Especialización FEDNA Avances en nutrición y alimentación animal. Fundación Española para el Desarrollo Animal. Rebolgar, P.; C. de Blas; G. Mateos (eds). España. 1998; p 95-108.
- [27] Borges S, Fischer da Silva, V, Ariki J, Hooge D, Cummings K. Dietary electrolyte balance for broiler chickens exposed to thermoneutral or heat-stress environments. *Poult Sci.* 2003; 82:428-435.
- [28] Borges SA, Fischer Da Silva A, Majorjka A, Hooge D, Cummings K. Physiological responses of broiler chickens to heat stress and dietary electrolyte balance (sodium plus potassium minus chloride, milliequivalents per kilogram). *Poult Sci.* 2004; 83:1551-1558.
- [29] Farfán Ch. 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. 2008; 23 p.
- [30] Rivero A. Efecto de dos condiciones ambientales (cálido y fresco) sobre las variables biométricas en pollos de engorde separados por sexo y condición corporal. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Tesis de pregrado. Aragua, Venezuela. 2010; 85 p.
- [31] Valera R. Efecto de la incorporación de sodio, cloro y potasio en dietas de pollos de engorde en fase de finalización sobre las características de la cama. Tesis de postgrado. Facultad de Agronomía. UCV-Venezuela. 2008; 75 p.
- [32] Montes De Oca E. Efecto de la suplementación con electrolitos en alimento y maíz grano molido en horas más calurosas en pollos de engorde. Tesis de pregrado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 2008, 25p.
- [33] Pérez M. Efecto de la adición de electrolitos sobre los parámetros productivos y fisiológicos en pollos de engorde sometidos a estrés por calor. Universidad Central de Venezuela, Postgrado en Producción Animal, Facultades de Agronomía y Cs Veterinarias, Tesis de postgrado. Aragua, Venezuela. 2010; 76p.
- [34] Angulo I. Manejo nutricional de aves bajo condiciones de estrés térmico. FONAIAP Divulga, julio - septiembre. Venezuela. 1991; p 2-4.
- [35] Ahmad T, Sarwar M. Dietary electrolyte balance: implications in heat stressed broilers. *World's Poult Sci J.* 62: 638-653. Lipidique chez le poulet en croissance. Thèse de Doctorat de l'Université de Tours. 2006; 147 p.
- [36] Miles PG, Shu-Ting Chang. Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. 2nd Edition. CRC Press, 2004.
- [37] Angulo I. Aspectos nutricionales y manejo de pollos de engorde bajo condiciones de clima cálido. 2^{da} Jornadas Nacionales de Actualización Avícola. SOVVEA. p. 25-27. Maracay, Venezuela. Sept. 1990; pp. 20-27.
- [38] Romero, W. Restricción de la oferta diaria de alimento para disminuir los efectos de calor en pollos de engorde bajo condiciones comerciales. Tesis de pregrado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 2008; 25 p.
- [39] Roseet S, Fielden M, Foote W, Gardin P. Sequential feeding of whole wheat to growing broiler chickens. *British Poult Sci.* 1995; 36:(1) 97-111.
- [40] Noirot V, Bouvarel I, Azam P, Roffidal I, Barrier-Guillot B, Casteing Y, *et al.* Du blé entiere dans l'alimentation du poulet

- de chair de WASH³VWDQGDU', Journées Recherche Avicole. 1999; 3:117-120.
- [41] Castaing J, Larroude P, Bouvarel I, Barrier-guillot B, Picard M, Zwick JL. Utilisation de maïs grain entier dans l'alimentation du poulet de chair. Journées de la Recherche Avicole, 1999; 1: 86-90.
- [42] Camacho-Fernández D, López C, Avila E, Arce J. Evaluation of different dietary treatments to reduce the ascites syndrome and their effect on corporal characteristics in broiler chickens. J Appl Poult Research. 2002; 11:164-174.
- [43] Lozano C. Efecto de la inclusión de maíz grano y restricción de alimento en los períodos calurosos del día sobre la capacidad productiva de los pollos de engorde en clima tropical. Tesis de pregrado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 2003; 61p.
- [44] Magro N, Penz A. Efeito da granulometria da ração no desempenho e nas características teciduais de frangos de corte alimentados dos 21 aos 42 dias de idade. 1998.
- [45] Howlinder M, Rose AS. The response of growing male and female broiler chicken kept at different temperature to dietary energy concentration and feed forl. Anim Feed Sci 1992; 391:71-78.
- [46] Lozano C, De Basilio V, Oliveros I, Álvarez R, Yrina C, Denis B, *et al.* Is sequential feeding a suitable technique to compensate for the negative effects of tropical climate in finishing broilers?. Anim Res. 2006; 55:71-76.
- [47] Padrón G. Efectos del suministro de maíz (*Zea mays*) en las horas más calurosas del día sobre variables productivas en pollos suplementados con electrolitos en agua. Tesis de Postgrado. Facultad de Agronomía. UCV Venezuela. 2010; 32 p.
- [48] Pacheco P. Efectos del suministro de maíz en las horas más calurosas del día sobre variables productivas en pollos bajo condiciones comerciales suplementados con electrolitos en agua. Tesis de Pregrado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 2010; 25 p.
- [49] Esteves O. Efecto del suministro de maíz (*Zea mays*) en las horas más calurosas del día, sobre el comportamiento productivo y algunas variables cardiacas en pollos suplementados con electrolitos en el agua. Tesis de Pregrado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 2010; 27p.
- [50] Delgado J. Efecto del suministro de maíz (*Zea mays*), grano molido grueso en las horas más calurosas del día suplementados con electrolitos en agua, sobre variables biométricas en pollos de engorde. Tesis de pregrado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 2010; 37 p.
- [51] Alcalá E. Efecto del suministro de maíz (*Zea mays*) en las horas más calurosas del día sobre variables productivas y hematológicas en pollos suplementados con electrolitos en agua. Tesis de pregrado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 2010; 26 p.
- [52] May JD. Ability of broilers to resist heat following neonatal exposure to high environmental temperature. Poult. Sci. 1995; 74:1905-1907.
- [53] Rios D. Alimentación diurna con maíz (*Zea mays*) como alternativa para aliviar el estrés calórico con pollos de engorde en una granja comercial. Tesis de Pregrado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 2008; 25 p.
- [54] Jaramillo M. Taninos condensados, microbiota y su potencial toxicogénico en sorgos graníferos (*Sorghum bicolor* (L) *Moench*) producidos en Venezuela y efectos individuales y combinados de aflatoxina y diacetoxyscirpenol (DAS) en pollos de engorde. 2005; 125 p.
- [55] Yépez S. Efectos de la presencia de aflatoxina en la dieta sobre parámetros productivos en pollos de engorde, bajo condiciones de estrés térmico. Tesis de postgrado. Facultad de Agronomía. UCV-Venezuela. 2007; 52 p.
- [56] Torrez F. Adición de maíz molido y electrolitos en agua como estrategias para disminuir la mortalidad en pollos de engorde. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Tesis de Pregrado. Aragua, Venezuela. 2009; 9 p.
- [57] Pardue S, Thaxton J, Brake J. Influence of supplemental ascorbic acid on broiler performance following exposure to high environmental temperature. Poult Sci. 1985; 64:1134-1138.
- [58] Miles R. Understanding heat stress in poultry and strategies to improve production through good management and maintaining nutrient and energy intake. Poult Sci. 1999; 1-20 p.
- [59] Marcuello E. Tratamiento del estrés calórico en el agua de bebida. Portal electrónico Ergomix. <http://www.engormix.com/MAavicultura/manejo/articulos/agua-aves-t3715/124-p0.htm>, [en línea], consulta del 15- 11-2011.
- [60] Holik V. Management of laying hens to minimize heat stress. Lohmann information. Tanzania. 2009. [en línea]: http://www.lohmann-information.com/content/1_i_44_artikel3.pdf. (Consultado: 10 de noviembre de 2011).
- [61] Quintero A. Uso de las enzimas en la nutrición de cerdos. Rev Científica LUZ- FCV. 1995, 5: 125-129.
- [62] Abdallah A, Khalil H, El-Sheikh A, El-Gabry H, Hanafy M, Mohamed M, *et al.* Impacts of dietary electrolyte balance on egg production, shell quality and some physiological parameters of laying hens reared in hot climate conditions. XIII European Poultry Conference, Tours, 23 a 27 Agosto, 2011; Abstracts Proceedings.