

**ACLIMATACIÓN PRECOZ Y SUPLEMENTACIÓN DIETÉTICA CON
VITAMINA E Y ZINC COMO ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DEL
ESTRÉS CALÓRICO EN POLLOS DE ENGORDE**

Por:

Javier A. Martínez Benavides

Tesis sometida en cumplimiento parcial
de los requisitos para el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

en

Industria Pecuaria

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGUEZ
2008

Aprobado por:

Héctor L. Santiago Anadón Ph.D.
Presidente, Comité Graduado

Fecha

José R. Latorre Acevedo Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Ernesto O. Riquelme Villagrán Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Elvin Román Paoli Ph.D.
Representante Oficina de Estudios Graduados

Fecha

José R. Latorre Acevedo Ph.D.
Director del Departamento

Fecha

EARLY THERMAL CONDITIONING, VITAMIN E AND ZINC DIETARY SUPPLEMENTATION AS ALTERNATIVES FOR HEAT STRESS MANAGEMENT IN BROILER CHICKENS

ABSTRACT

The production of broiler chickens in open houses with minimal control of the environment typically takes place in areas of high temperatures causing bird stress and negative effects on the industry. There are diverse procedures to mitigate these effects, such as diet alteration and changes in husbandry practices. Among these alternatives are the early thermal conditioning, the dietary addition of vitamin E and zinc, with the main objective of strengthening the birds immune system in a direct or indirect manner.

Experiment 1: The purpose of this investigation was to evaluate the effect of the application of early thermal conditioning (ETC) and the dietary addition of vitamin E and zinc on broiler chicken performance. A total of 600 day-old broilers were raised in a poultry house equipped with 40 floor pens until 42 d of age. A completely randomized design with a factorial arrangement of 2 x 2 x 2 was used where the main effects were: the application of ETC (ETC and without ETC), and the dietary addition of vitamin E (0 and 250 mg/kg) and zinc (0 and 40 mg/kg) for a total of 8 treatments with 5 replicas. The ETC consisted in submitting the birds to a temperature of 41 ° C for 6 h at the third d of age. Birds and feed were weighed weekly to determine body weight (BW), feed intake (FI), feed conversion (FC), and mortality. In addition, body temperature (BT) was monitored weekly on 15 birds per treatment measuring the rectal temperature with a digital thermometer. At the end of the rearing period, 25 birds per treatment were randomly selected, slaughtered, and processed to evaluate carcass composition. The

yield of hot carcass (HCY), chilled carcass (CCY), breast muscle (BMY), tender muscle (TMY), and fat pad (FPY) expressed as a percentage of live weight. No significant differences among the main effects were found for BW, FI, FC, BT, HCY, CCY, FPY, BMY and TMY. The addition of vitamin E at 250 mg/kg of feed increased bird mortality and reduced carcass FPY. The addition of 250 mg/kg of vitamin E and 40 mg/kg of zinc improved FC of birds when compared to the other treatments, but the differences did not reach statistical significance. In conclusion, the application of ETC, the addition of vitamin E and zinc in the feed at the levels evaluated did not provide any advantages in most of the variables studied. However, the addition of 250 mg/kg of vitamin E and 40 mg/kg of zinc had a positive effect on FC that could justify its commercial utilization.

Experiment 2: The purpose of this investigation was to evaluate the most appropriate time for the application of early thermal conditioning (ETC) and its effect on productive performance of broiler chickens raised in a tropical environment. A total of 540 day-old birds were randomly assigned to three treatments and raised until market age (42 d) in an open house with 18 floor pens equipped with tube feeders and nipple drinkers. A completely randomized design with three (3) treatments and six (6) replicas was used in the study. Birds and feed were weighed weekly to determine body weight (BW), feed intake (FI), feed conversion (FC), and mortality. Body temperature (BT) was obtained by measuring the rectal temperature of 18 birds per treatment at the end of each week. At 42 d, a random sample of 36 birds per treatment was chosen for processing and determination of yields and carcass composition. The yield of hot carcass (HCY), chilled carcass (CCY), breast muscle (BMY), tender muscle (TMY), and fat pad (FPY) expressed as a percentage of the birds live weight. No significant differences among

treatments were found for BW, FI, FC, BT, HCY, CCY, FPY, BMY, and TMY. The application of ETC at the first d of live resulted in a higher percentage of mortality at the end of the rearing period, while the application of ETC at the third d of life resulted in a lower mortality. In conclusion, the effects on all broiler productive performance parameters except mortality rates were not significantly affected by the application of ETC at any of the days evaluated in this study.

ACLIMATACIÓN PRECOZ Y SUPLEMENTACIÓN DIETÉTICA CON VITAMINA E Y ZINC COMO ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DEL ESTRÉS CALÓRICO EN POLLOS DE ENGORDE

RESUMEN

La producción de pollos de engorde en zonas de temperaturas elevadas generalmente se realiza en ranchos abiertos con control mínimo del medioambiente causando estrés en las aves y efectos negativos en la industria. Se utilizan diversos procedimientos para mitigar estos efectos como la alteración de la dieta y cambios en las prácticas de manejo. Entre estas alternativas están la aclimatación precoz, la adición dietética de vitamina E y la adición de zinc, con el objetivo principal de fortalecer el sistema inmune del ave de manera directa o indirecta. **Experimento 1:** El propósito de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de aclimatación precoz (ACP) y la adición en la dieta de vitamina E y zinc sobre el desempeño de pollos de engorde. Un total de 600 aves de un (1) d de edad fueron criadas en un rancho equipado con 40 jaulas de piso hasta los 42 d de edad. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con un arreglo factorial 2x2x2 donde los factores fueron: la aplicación de ACP (ACP y sin ACP) y la adición dietética de vitamina E (0 y 250 mg/Kg) y zinc (0 y 40 mg/Kg) para un total de 8 tratamientos con 5 repeticiones. La ACP consistió en someter a las aves a una temperatura de 41° C por 6 h al tercer día de edad. Las aves y el alimento fueron pesados semanalmente para determinar el peso corporal (PC), el consumo de alimento (CA), la conversión alimenticia (CAL) y la mortalidad. Además, se monitoreó semanalmente la temperatura corporal (TC) de 15 aves por tratamiento midiendo la temperatura rectal con un termómetro digital. Al finalizar el periodo de crianza, 25 aves por tratamiento fueron seleccionadas al azar, sacrificadas y procesadas para evaluar la composición de la canal.

Se calcularon los rendimientos en canal caliente (RCC), canal luego del enfriamiento (RCF), músculos de la pechuga (RP), filetes (RF) y grasa abdominal (RGA) expresados como porcentaje del peso vivo de las aves. No se encontraron diferencias significativas entre los efectos principales para PC, CA, CAL, TC, RCC, RCF, RGA, RP y RF. La adición de vitamina E a razón de 250 mg/Kg de alimento aumentó la mortalidad de las aves y disminuyó el RGA de la canal. La adición de 250 mg/Kg de vitamina E y 40 mg/Kg de zinc mejoró la conversión alimenticia de las aves al compararse con el resto de los tratamientos aunque estas mejoras no alcanzaron diferencias significativas. Se concluye que la aplicación de ACP, la adición de vitamina E y zinc en el alimento en los niveles evaluados, no proveyeron ventajas en la mayoría de las variables estudiadas. Sin embargo, la adición de 250 mg/Kg de vitamina E y 40 mg/Kg de zinc mostraron un efecto positivo en CAL que puede justificar su utilización comercial. **Experimento 2:** El propósito de esta investigación fue evaluar el momento más apropiado para la aplicación de aclimatación precoz (ACP) y su efecto sobre el desempeño productivo de pollos de engorde criados en el trópico. Un total de 540 pollos de engorde de un (1) d de edad fueron asignados al azar a tres (3) tratamientos y criados hasta la edad de mercado (42 d) en un rancho abierto con 18 jaulas de piso equipadas con comederos tipo tolva y bebederos de niple. Los tratamientos consistieron en exponer a aves de uno (1), tres (3) y seis (6) días de edad a una temperatura de 41° C por un periodo de 6 (seis) h. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 3 tratamientos y 6 repeticiones. Semanalmente se pesó el alimento y las aves para determinar el peso corporal (PC), el consumo de alimento (CA), la conversión alimenticia (CAL) y la mortalidad. La temperatura corporal (TC) se obtuvo midiendo la temperatura rectal de 18 aves por tratamiento al final de cada

semana. A los 42 d, se escogió una muestra al azar de 36 aves por tratamiento para procesamiento y determinar los rendimientos de procesado y composición de la canal. Se calcularon los rendimientos en canal caliente (RCC), canal fría (RCF), músculos de la pechuga (RP), filetes (RF) y grasa abdominal (RGA) expresados como porcentaje del peso vivo (PV) de las aves. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos sobre las variables PC, CA, CAL, TC, RCC, RCF, RGA, RP y RF. La aplicación de ACP al primer día de edad provocó un mayor porcentaje de mortalidad al finalizar la crianza, mientras que realizar la ACP al tercer d de edad produjo una mortalidad más baja. En conclusión, los efectos sobre todas las variables de desempeño productivo de los pollos de engorde, excepto la mortalidad, no fueron afectados significativamente por la aplicación de ACP en ninguno de los días evaluados en este estudio.

Dedicada

a

Mi familia, especialmente a mis padres.

Paula, mi compañía constante.

El inventor de Internet, por hacer que sienta la cercanía de mis afectos.

A la memoria de mi querido abuelo Carlos Martínez Gómez.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Nariño en Colombia, porque a través del apoyo institucional me ha permitido cumplir el sueño de estudiar en el exterior para volver a ejercer de mejor forma mi labor como docente.

A Dios, mi fe y mis convicciones, que provocan sentir bienestar en cada día de mi vida. A mis padres Carlos y Gladys por su entrega constante, mis hermanos, sobrinos, tíos y abuelas, porque me han acompañado con toda la disposición y afecto. A Paula Martínez por su paciencia y soporte permanente en este transcurrir que nos unió mucho más.

A mi Director de Comité, el Dr. Héctor Santiago Anadón, quien desde la primera comunicación telefónica, sin conocerme, me brindó su apoyo y logró motivarme para culminar de la mejor forma mis estudios. A los Doctores José Latorre y Ernesto Riquelme, que aportaron sus conocimientos y experiencias a mi labor como estudiante.

A Verónica Díaz, quien me guió en la labor investigativa y personal. A José Orama por participar en la fase investigativa. A Bayrex Rosa, por ofrecerme su amistad para sortear cada situación durante mi estancia en esta hermosa isla. A los empleados de la granja de la Sub-Estación Experimental en Lajas, especialmente a Claudia Olaya por su apoyo sincero.

LISTA DE ABREVIATURAS

Término	Abreviatura
Centímetro	cm
Metro	m
Minutos	min
Día	d
Error estándar de la media	EE
Gramo promedio por ave	g
Porcentaje de grasa abdominal	RGA
Hora	h
Aclimatación precoz	ACP
Kilogramo	Kg
Sin Aclimatación precoz	SACP
Mortalidad	M
Segundos	s
Peso vivo	PV
Rendimiento canal caliente	RCC
Rendimiento canal fría	RFC
Rendimiento de filetes	RF
Rendimiento de pechuga deshuesada	RP
Temperatura corporal	TC
Índice de calor	IC

TABLA DE CONTENIDO

Contenido	Página
Lista de Cuadros	xiii
Lista de Figuras	xv
Introducción	1
Revisión de Literatura	3
Estrés calórico	3
Respuestas corporales a estrés calórico	8
Estrategias de manejo para estrés calórico	9
Temperatura Corporal	13
Bibliografía	15
Capítulo I	19
UTILIZACIÓN DE ACLIMATACIÓN PRECOZ Y ADICIÓN DIETÉTICA DE VITAMINA E Y ZINC PARA EL MANEJO DE ESTRÉS CALÓRICO EN POLLOS DE ENGORDE	
Abstract	20
Resumen	22
Introducción	24
Revisión de literatura	26
Estrategias para el manejo de estrés calórico en pollos de engorde	26
Objetivos	29
Materiales y Métodos	30
I. Crianza	30
II. Aclimatación precoz (ACP) y registro de temperatura corporal	30

III. Dietas y registro ambiental	31
IV. Procesamiento	33
V. Diseño experimental y análisis Estadístico	33
Resultados y Discusión	35
1. Temperatura ambiental y humedad relativa	35
2. Peso corporal	38
3. Consumo de alimento	41
4. Conversión alimenticia	44
5. Mortalidad	46
6. Temperatura corporal	49
7. Rendimiento en canal caliente, canal fría, grasa, pechuga y filetes	52
Conclusiones	54
Bibliografía	55
Capítulo II	58
APLICACIÓN DE ACLIMATACIÓN PRECOZ DURANTE LA PRIMERA SEMANA DE VIDA PARA EL MANEJO DE ESTRÉS CALÓRICO EN POLLOS DE ENGORDE	
Abstract	59
Resumen	60
Introducción	62
Revisión de literatura	63
Aclimatación precoz (ACP)	63
Objetivos	65
Materiales y Métodos	66

I. Crianza	66
II. Aclimatación precoz (ACP) y registro de temperatura corporal	66
III. Dietas y registro ambiental	67
IV. Procesamiento	69
V. Diseño experimental y análisis Estadístico	69
Resultados y Discusión	71
1. Temperatura ambiental y humedad relativa	71
2. Peso corporal	74
3. Consumo de alimento	76
4. Conversión alimenticia	78
5. Mortalidad	81
6. Temperatura corporal	84
7. Rendimiento en canal caliente, canal fría, grasa, pechuga y filetes	86
Conclusiones	88
Bibliografía	89

LISTA DE CUADROS

Capítulo 1	Página
Cuadro 1.1. Composición de dietas experimentales para las tres fases de crecimiento.	32
Cuadro 1.2. Efecto de la aclimatación precoz y la adición dietética de vitamina E y zinc sobre el peso corporal de pollos de engorde.	39
Cuadro 1.3. Efecto de la aclimatación precoz y la adición dietética de vitamina E y zinc sobre el consumo de alimento de pollos de engorde.	42
Cuadro 1.4. Efecto de la aclimatación precoz y la adición dietética de vitamina E y zinc sobre la conversión alimenticia en pollos de engorde.	45
Cuadro 1.5. Efecto de la aclimatación precoz y la adición dietética de vitamina E y zinc sobre la mortalidad en pollos de engorde.	48
Cuadro 1.6. Efecto de la aclimatación precoz y la adición dietética de vitamina E y zinc sobre la temperatura corporal de pollos de engorde.	51
Cuadro 1.7. Efecto de la aclimatación precoz y la adición dietética de vitamina E y zinc sobre el rendimiento en canal caliente, canal fría, grasa abdominal, pechuga deshuesada y filetes.	53
Capítulo 2	
Cuadro 2.1. Dietas para las tres fases de crecimiento.	68
Cuadro 2.2. Efecto de la aplicación de ACP a 1, 3 y 6 días de edad sobre el peso corporal de pollos de engorde criados durante 42 días.	75
Cuadro 2.3. Efecto de la aplicación de ACP a 1, 3 y 6 días de edad sobre el consumo de alimento en pollos de engorde criados durante 42 días.	77
Cuadro 2.4. Efecto de la aplicación de ACP a 1, 3 y 6 días de edad sobre la conversión alimenticia en pollos de engorde criados durante 42 días.	80
Cuadro 2.5. Efecto de la aplicación de ACP a 1, 3 y 6 días de edad sobre la mortalidad de pollos de engorde criados durante 42 días.	83
Cuadro 2.6. Efecto de la aplicación de ACP a 1, 3 y 6 días de edad sobre la temperatura corporal de pollos de engorde criados durante 42 días.	85

Cuadro 2.7. Efecto de la aplicación de ACP a 1, 3 y 6 días de edad sobre el RCC, el RCC, el RGA, el RP y el RF de pollos de engorde criados durante 42 días.

87

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1	Página
Figura 1.1. Jaula de aclimatación precoz, con cercos, calentadora y termómetro.	31
Figura 1.2. Variación de la temperatura ambiental entre el primero (1) de octubre y el 12 de noviembre de 2007.	36
Figura 1.3. Variación de la humedad relativa entre el primero (1) de octubre y el 12 de noviembre de 2007.	37
Figura 1.4. Ganancia en Peso semanal comparada con IC en pollos de engorde.	40
Figura 1.5. Consumo de alimento semanal comparado con IC, en pollos de engorde.	43
Figura 1.6. Conversión alimenticia semanal comparada con IC en pollos de engorde.	46
Figura 1.7. Mortalidad semanal comparada con IC en pollos de engorde.	49
Figura 1.8. Temperatura corporal comparada con IC semanal en pollos de engorde.	52
Capítulo 2	
Figura 2.1. Jaula de aclimatación precoz, con cercos, calentadora y termómetro.	67
Figura 2.2. Variación de la temperatura ambiental entre el 15 de octubre y el 26 de noviembre de 2007.	72
Figura 2.3. Variación de la humedad relativa entre el 15 de octubre y el 26 de noviembre de 2007.	73
Figura 2.4. Ganancia en peso semanal comparada con IC en pollos de engorde.	76
Figura 2.5. Consumo de alimento semanal comparado con IC en pollos de engorde.	78

Figura 2.6. Conversión alimenticia comparada con IC en pollos de engorde.	81
Figura 2.7. Mortalidad comparada con IC en pollos de engorde.	84
Figura 2.8. Temperatura corporal comparada con IC en pollos de engorde.	86

INTRODUCCIÓN

Las aves producidas por la industria avícola local están sometidas a condiciones climatológicas adversas durante todo el año, especialmente a altas temperaturas y dependiendo de la zona, a alta humedad relativa. Estos factores tienen un impacto negativo sobre el desempeño productivo de las aves, debido a que los sistemas de producción son, en su mayoría, de tipo abierto donde no se controla totalmente el ambiente.

Las altas temperaturas pueden ser devastadoras para los pollos de engorde y en combinación con alta humedad relativa, producen graves problemas o daños. El estrés calórico altera el confort y reduce la eficiencia productiva, por lo que durante periodos de estrés los pollos deben hacer adaptaciones mayores para prevenir la muerte por sofocación (Butcher y Miles, 2003). Requena et al. (2006) sostienen que una exposición prolongada a altas temperaturas durante la última fase de producción, provoca una caída en el consumo de alimento, merma el crecimiento y aumenta la acumulación de grasa abdominal, intramuscular y subcutánea. Además, disminuye la síntesis y retención de proteína muscular.

El calor puede afectar a las aves de forma crónica o aguda. Una temperatura ambiental superior a 32° C duplica el consumo de agua, baja el consumo de alimento y por ende reduce la ganancia de peso de las aves. Temperaturas ambientales de 38° C a 40° C, con 50% y 55% de humedad relativa, provocan la muerte debido a que la temperatura corporal de los pollos alcanza temperaturas de 45° C a 48° C (De Basilio et al., 2003).

Una de las prácticas de manejo que busca adaptar a los pollos para soportar altas temperaturas en su fase de finalización, es la aclimatación precoz. Esta consiste en la inducción a un choque calórico temprano en la vida del ave (Rahimi, 2005).

La aclimatación temprana o precoz consiste en someter a los pollitos de tres (3) a cinco (5) d de edad a un ambiente de alta temperatura (38° C a 41° C) durante un tiempo determinado (6 a 48 h); a mayor temperatura, menor tiempo de exposición (Rahimi, 2005; Yahav et al., 2004). Collin et al. (2005) recomiendan realizar investigaciones que evalúen las respuestas de las aves durante todo su ciclo productivo, parra aclarar los mecanismos involucrados en el proceso de aclimatación precoz.

Por otra parte, se ha establecido que la adición de vitamina E, a razón de 250 mg/Kg de alimento, tiene un efecto positivo sobre el desempeño productivo de los pollos sometidos a altas temperaturas (32° C) (Sahin et al., 2003).

De igual forma, la adición de zinc mejora la inmunidad celular en los pollitos (Dibner, 2005) y contribuye a aumentar la capacidad de adaptación a condiciones adversas de producción. Además, el zinc tiene múltiples e importantes funciones como cofactor de más de 200 enzimas y participa especialmente en el sistema antioxidante de defensa, con la interacción de la vitamina E (Sahin y Kucuk, 2003).

Es por lo anteriormente expuesto y debido a que no hay soluciones absolutas para el estrés por calor, que esta investigación analiza el efecto de la aclimatación precoz o de la adición de vitamina E y zinc en la dieta sobre el desempeño productivo de pollos de engorde sometidos a altas temperaturas. Además, se investiga la edad (d) del ave al momento de la aplicación de aclimatación precoz como una alternativa práctica para la industria.

REVISIÓN DE LITERATURA

Estrés calórico

Olanrewaju et al. (2006) explican que el estrés calórico es un mecanismo de defensa del organismo ante un estímulo (estresor) que provee una respuesta adaptativa. Existen diferentes tipos de estresores: climáticos, nutricionales, físicos, sociales y fisiológicos que reducen el desempeño productivo. Cuando se sobrepasa el nivel de estrés en el ave se provoca inicialmente un síndrome neurogénico (estado de alerta), seguido de una reducción endocrina (estado de resistencia para la adaptación) y al final metabólica (estado de agotamiento).

En condiciones tropicales el principal estresor es el calor ambiental, que provoca incrementos en la temperatura corporal y la frecuencia respiratoria. Esto causa una disminución de la presión parcial de CO₂ en la sangre, lo que genera cambios en el balance ácido-básico, llegando a una alcalosis respiratoria. Cuando la hormona adrenocorticotrópica (ACTH) estimula la corteza adrenal para que se libere corticosterona, se manifiestan los síntomas característicos del estrés por calor que se traducen en efectos negativos sobre la tasa de crecimiento, la conversión alimenticia y la sobrevivencia (Borges et al., 2003a).

El estrés calórico crónico produce efectos negativos en el desempeño productivo de pollos de engorde criados en ranchos abiertos, principalmente por la reducción en el consumo de alimento, menor crecimiento, mayor conversión alimenticia y en general pobre estado de salud (Francis et al., 1991). Casi la mitad de la reducción del crecimiento de las aves en ambientes calurosos se debe directamente a la temperatura. La alta

temperatura disminuye la utilización metabólica de nutrientes, aumenta la producción de calor corporal, reduce la retención proteínica y aumenta la deposición de grasa (Bonnet et al., 1997; Baziz et al., 1996). Solamente con dos semanas de estrés calórico, el consumo de alimento disminuye en más de 3.0 % por cada grado de incremento entre 22° C y 32° C, además disminuye la digestión de nutrientes porque aumenta el consumo de agua que provoca una mayor velocidad de pasaje intestinal (Bonnet et al., 1997). Requena et al. (2006) afirman que el calor puede afectar de forma crónica o aguda a las aves; aumentando el consumo de agua, disminuyendo el consumo de alimento y afectando la ganancia de peso. Además, los efectos del calor se evidencian en una reducción en la capacidad de síntesis del músculo, sin importar el contenido de proteína en la dieta consumida, alterando el balance energético del ave.

No solo la temperatura tiene efectos en las aves, también la humedad relativa sobre 60 % contribuye a aumentar la temperatura rectal, porque se afecta la disipación de calor por evaporación y el ave percibe el calor en mayor grado, lo cual se conoce como índice de calor (IC) o temperatura aparente. El IC es la medida de cómo se percibe la temperatura cuando la humedad relativa está en valores elevados. Para calcular el IC se utilizó la siguiente ecuación que se obtuvo mediante un análisis de regresión múltiple y con $\pm 1.3^\circ \text{F}$ de error, de acuerdo con NOAA's (2008):

$$HI = -42.379 + 2.04901523T + 10.14333127R - 0.22475541TR - 6.83783 \times 10^{-3} T^2 \\ - 5.481717 \times 10^{-2} R^2 + 1.22874 \times 10^{-3} T^2 R + 8.5282 \times 10^{-4} TR^2 - 1.99 \times 10^{-6} T^2 R^2$$

Donde:

T = temperatura ambiental en grados Fahrenheit

R = humedad relativa en porcentaje

HI = en grados Fahrenheit

En pollos de engorde, los mayores pesos corporales y consumos de alimento se presentan bajo temperatura de confort y con la humedad relativa comprendida entre 60 % y 65 % (Yahav et al., 1998). Las pérdidas de calor al sobrepasar la zona termoneutral son de tipo evaporativo por la respiración, pero dependen de la humedad del aire y se suspenden cuando el aire está saturado, lo que afecta negativamente el crecimiento corporal. Estos efectos se presentan durante todo el ciclo productivo, inclusive durante la primera semana de vida (Lin et al., 2005).

Summers (2007) señala que el estrés calórico es un problema en la producción avícola, debido a la producción de calor corporal que generan las aves por su alta actividad metabólica. Esto es especialmente importante en pollos de engorde, ya que debido a su acelerado crecimiento generan calor y requieren de una mayor habilidad para disiparlo que desafortunadamente disminuye con la edad. Cuando la temperatura ambiental sobrepasa la zona termoneutral del ave (sobre 32° C y más de 50% de humedad relativa) el mecanismo de termorregulación se concentra en la evaporación a través del jadeo, pasando de una frecuencia respiratoria de 25 por min en un ambiente normal, a 260 por min bajo condiciones de estrés calórico, lo cual produce una alcalosis respiratoria.

Al-Fataftah y Abu-Dieyeh (2007) encontraron que pollos criados bajo 25° C tuvieron una mayor tasa de crecimiento, una menor conversión alimenticia y mortalidad más baja comparados con aquellos que se sometieron a estrés calórico. Estos autores

afirman que la zona termoneutral para pollos de engorde está por debajo de 25° C y el consumo de alimento disminuye significativamente por encima de esa temperatura.

El estrés calórico provoca un aumento significativo de los valores de conversión alimenticia al compararlo con la zona termoneutral (Cooper y Washburn, 1998). Abu-Dieyh (2006) determinó que pollos criados a una temperatura de 35° C y sin restricción de alimento, tuvieron una conversión alimenticia significativamente mayor que pollos criados a 25° C y aves criadas en condiciones naturales de ranchos abiertos con temperaturas entre 21° C y 30° C.

Collin et al. (2005) resaltan que el aumento de temperatura ambiental, deprime el consumo de alimento, reduce la razón de crecimiento de las aves y aumentan la tasa de mortalidad, los cuales son factores económicos importantes en la industria. Butcher y Miles (2003) reportaron que pollos de engorde bajo estrés calórico permanecen en reposo por más tiempo y con las alas extendidas para reducir la sofocación corporal. Además, incrementan la hiperventilación para perder calor a través de la evaporación. Sin embargo, debido a que estas adaptaciones requieren actividad muscular se incrementa a su vez la necesidad de energía para realizar la misma. Borges et al. (2003b) y Franco Jimenez y Beck (2007) informan que durante el estrés calórico la sangre fluye hacia las extremidades y otros tejidos como la lengua, laringe y traquea como mecanismo de pérdida de calor corporal al exterior por medio de radiación al ambiente.

Una vez las aves no pueden controlar la temperatura interna por exceso de calor ambiental, empiezan a perder calor por jadeo a través de evaporación, esto provoca un aumento en la frecuencia respiratoria con reducción de la presión parcial de CO₂ (pCO₂) en la sangre, que en termoneutralidad es de 49.34 mmHg y bajo estrés calórico es de

46.03 mmHg. Además, se incrementa la excreción de HCO_3 , se disminuye la excreción renal de H^+ para mantener el balance ácido básico del ave, lo que aumenta el pH causando alcalosis respiratoria. El jadeo ocurre sobre 30°C y la humedad relativa influye en su eficiencia, ocasionando la muerte cuando se presenta la confluencia entre la alta temperatura y alta humedad. La hiperventilación (jadeo) provoca alcalosis y también se reduce la concentración de potasio y de otros minerales, alterando el balance electrolítico del cuerpo (Franco-Jimenez y Beck, 2007).

Havenstein et al. (2003) resaltan que la industria avícola bajo condiciones ambientales adversas, sufre bajas significativas en la producción y reduce las ganancias económicas. En condiciones ambientales ideales, de alimentación y de manejo en general, se tiene como valores de referencia para la línea Cobb, a los 42 d de vida, en ranchos mixtos de machos y hembras, un peso corporal promedio de 2,634 g, con un consumo de alimento de 4,622 g y una conversión alimenticia de 1.76 (g alimento / g peso vivo) (Cobb-Vantress, 2005). Wang y Edens (1998) sostienen que la fisiología del estrés calórico ha sido investigada de forma extensa y como resultado se han generado opciones para la adaptación de las aves a esas condiciones, minimizando la mortalidad por calor y manteniendo la productividad. Los aportes incluyen la aclimatación precoz, la manipulación de la dieta, la restricción alimenticia y el uso de electrolitos y vitaminas en el agua para consumo. Sahin y Kucuk (2003) describen que la actividad de tripsina, quimotripsina y amilasa se reduce significativamente a altas temperaturas ambientales (32°C) disminuyendo la digestión alimenticia bajo esta condición.

Respuestas corporales a estrés calórico

Laurino Dionello et al. (2002) sostienen que el comportamiento fisiológico de las aves frente al estrés calórico puede ser medido por la variación de la temperatura cloacal posterior a la exposición a una alta temperatura. No se recomienda utilizar la variación en la pérdida de peso corporal porque existe una baja asociación con otros factores determinantes. Bajo estrés calórico, las proteínas de choque térmico (PCT) están involucradas en el proceso de protección celular y mejorando la termotolerancia del ave. Sin embargo, las concentraciones de estas proteínas están moduladas por otros factores adicionales que intervienen en el proceso de protección celular (Franco-Jimenez y Beck, 2007). La cantidad de PCT-70 en el cerebro pueden estar correlacionados con la variación de la temperatura cloacal, pero no se puede afirmar que es un indicativo de termotolerancia en las aves (Laurino Dionello et al., 2002).

Altan et al. (2000) afirman que altas temperaturas causan incremento de la temperatura corporal y cambios en la cantidad de leucocitos circulantes, incrementando la cantidad de heterófilos y basófilos y disminuyendo los monocitos y linfocitos, pero no afectan los valores de hematocrito ni la proporción de eosinófilos, afectando la respuesta inmune de las aves ante condiciones de estrés. La asociación entre la temperatura ambiental, consumo de alimento, tasa de crecimiento y tenor plasmático de T3 (triyodotironina), pueden estar asociados a cambios en la estructura y función intestinal (Uni et al., 2001; Mitchell y Carlisle, 1992).

Estrategias de manejo para estrés calórico

La manipulación térmica entre los 16 a 18 d de incubación puede mejorar significativamente la termotolerancia. Este efecto se debe a la reducción de la temperatura corporal y de la concentración de hormona tiroidea en la sangre para reducir la tasa metabólica (Yahav et al., 2004; Mitchell y Carlisle, 1992). Collin et al. (2005) sostienen que la manipulación térmica durante la incubación logra que las aves al nacer tengan mejor termotolerancia cuando se aumenta la temperatura a 39.5° C por 3 h durante los días 16 a 18 de incubación.

La aclimatación precoz (ACP) es definida por Requena et al. (2004) como una técnica en la que se somete a aves de cinco (5) d de edad a una temperatura de 38° C a 40° C por 24 h. La ACP aumenta la capacidad de las aves para resistir las altas temperaturas y disminuir la mortalidad particularmente durante la fase de finalización. Rahimi (2005) estableció que la ACP puede influir en la habilidad de los pollos para soportar altas temperaturas mediante una respuesta fisiológica para utilizar de manera más eficiente la glucosa de las reservas del organismo. Esto debido a que uno de los factores más importantes implicados en la muerte de aves expuestas a estrés calórico es la reducción de los niveles de glucosa sanguínea (Hayashi et al., 2001).

Yahav et al. (2004) encontraron que pollitos de tres (3) d de edad sometidos durante 6 h a 41° C (105.8° F) de temperatura ambiental mostraron tener una temperatura corporal significativamente mayor a las 18 h post-tratamiento, demostrando una respuesta adaptativa en ese tiempo de exposición calórica. La ACP a los tres (3) d de vida altera los niveles de T3, lo que afecta al intestino delgado por el cambio en la proliferación y

actividad enzimática de las microvellosidades que lo recubren. Estos cambios modulan el crecimiento compensatorio 48 h post-tratamiento (Uni et al., 2001).

La termotolerancia puede ser mejorada por la ACP a través de la exposición de los pollitos antes de los primeros cinco (5) d de vida (Laurino Dionello et al., 2002; Arjona et al., 1988). Los cortos periodos de exposición a condiciones de estrés calórico durante la primera semana de vida resultan en una retardación del crecimiento, seguido de un crecimiento compensatorio inmediato con mayor consumo de alimento para contrarrestar la menor ganancia de peso (Uni et al., 2001; Yahav y Plavnik, 1999). Uni et al. (2001) encontraron que después del tratamiento calórico, el peso corporal se reduce significativamente hasta el día quinto de vida, el consumo de alimento se reduce durante la aplicación del tratamiento calórico, además se observa un rápido aumento del tamaño de las vellosidades intestinales. El estrés calórico crónico y la restricción alimenticia prolongada, afectan significativamente el desempeño de pollos de engorde, porque en temporadas calurosas necesitan mayor tiempo para alcanzar el peso corporal comercial, pero son aves más resistentes y tolerantes a las oleadas de calor especialmente en verano, cuando son sometidas a ACP (Abu-Dieyeh, 2006). El mismo autor afirma que el acondicionamiento térmico tiene efectos inmediatos, caracterizados por bajos niveles de T3, disminución de consumo de alimento y depresión en la proliferación de eritrocitos. También se observa una baja actividad enzimática a nivel de las microvellosidades intestinales, pero a las 48 h post-tratamiento los niveles de T3 se elevan, aumentando el consumo de alimento, mayor cantidad de eritrocitos y mejor actividad enzimática intestinal por lo que los efectos iniciales se reversan completamente.

Yalcin et al. (2003) utilizó la ACP al quinto día de edad, con una temperatura de 36° C durante 24 h y demostró que es posible reducir los efectos del estrés calórico. Yahav y McMurtry (2001) sostienen que la aplicación de ACP es conveniente al tercer día de vida utilizando temperaturas entre 36.0 y 37.5° C por 24 h.

De Basilio et al. (2003) afirman que no está definido el tiempo óptimo de ACP para pollos de engorde, porque las condiciones de experimentación son diferentes a las de producción comercial, la cual demanda tiempos cortos y bajos gastos de energía en la aplicación de la aclimatación. La aplicación de altas temperaturas a pollos de engorde al tercer día de vida incrementa el número de células satélite que el ave requiere para su crecimiento muscular por hipertrofia (Yahav y Plavnik, 1999; Yahav et al., 1997; Halevy et al., 2001). Rahimi (2005) explica que con ACP se altera el ciclo metabólico del calcio pero se estabiliza al volver a las condiciones ambientales normales. Esto se considera como una respuesta positiva al estrés calórico debido a la reacción de homeostasis del calcio. La necesidad de glucosa se incrementa durante el estrés calórico, como el consumo de alimento disminuye, la reserva hepática de glicógeno es la fuente que el ave utiliza inicialmente, pero al agotarse se produce la muerte. Una ACP en cortos periodos durante la primera semana de vida provoca un menor crecimiento en la segunda semana, el cuál se compensa en las semanas siguientes obteniendo pesos significativamente mayores a los 42 d de vida comparado con aves no aclimatadas (Yahav y Plavnik, 1999).

Wang y Edens (1998) sugieren que el acondicionamiento térmico en pollos de engorde tiene el potencial de incrementar la expresión de las PCT varias semanas después de su aplicación. Yahav et al. (1997) encontraron que la respuesta de las PCT por medio de ACP no es determinante en el mecanismo de acondicionamiento inducido para

la adquisición de termotolerancia. Rahimi (2005) menciona que la exposición de las aves a estrés calórico ($36^{\circ}\text{C} \pm 1$) en cortos periodos (24 h) con 70% a 80% de humedad relativa durante la primeras semanas de vida provoca una leve reducción en la ganancia de peso que posteriormente se compensa.

Sahin et al. (2002) encontraron que la vitamina E en la dieta tiene acción antioxidante, como componente de las membranas celulares (lipídica) y su adición ayuda a disminuir los efectos adversos del estrés calórico en codornices, pavos y pollos parrilleros. La adición de 250 mg/kg de vitamina E en la dieta para pollos provoca buenos efectos económicos en aves sometidas a estrés calórico, porque disminuye la mortalidad al final de la crianza. En la codorniz japonesa la vitamina E mejora el desempeño productivo, la calidad del huevo, aumenta la digestibilidad de los nutrientes, y en combinación con 250 mg de vitamina C (Sahin et al., 2003) alivia los efectos negativos del estrés por calor.

Leshchinsky y Klasing (2001) aseguran que la vitamina E es esencial para el funcionamiento e integridad reproductiva, muscular, circulatoria, nerviosa y del sistema inmune.

Barlett y Smith (2003) afirman que la respuesta inmune en pollos de engorde puede ser influenciada por el nivel de zinc en la dieta y las condiciones ambientales. Bajo estrés calórico el requerimiento de zinc incrementa porque es esencial para el buen funcionamiento del sistema inmune. En un estudio realizado con distintos niveles de zinc en la dieta para pollos de engorde bajo estrés calórico, no se encontraron diferencias significativas sobre el desempeño productivo durante las siete (7) semanas de crianza. Dibner (2005), asegura que el zinc participa en el desarrollo corporal por su acción en la

transcripción de ADN, el funcionamiento del sistema inmune, está involucrado en la activación de muchas enzimas, en la síntesis de colágeno y queratina, afecta el apetito y su deficiencia provoca anorexia. Sahin y Kucuk (2003) demostraron que la adición de 60 mg/kg de zinc en dietas para la codorniz japonesa, reduce los efectos negativos del estrés calórico, posiblemente por la interacción con la vitamina E. Dibner (2005), encontró que la adición de 40 mg/kg de zinc en la dietas para pollos de engorde mejora el desempeño productivo en condiciones de alta temperatura ambiental.

Temperatura Corporal

Butcher y Miles (2003) aseguran que las fuentes de calor en las aves son: el metabolismo basal, el movimiento para beber, comer o buscar zonas frescas, el aumento de la frecuencia respiratoria y la ingestión, digestión y utilización del alimento. El pollo de engorde pierde calor de forma sensible en un 75 % y un 25 % de forma latente. Bajo condiciones normales el ave respira a una frecuencia de 25 inspiraciones/min pero bajo estrés calórico puede llegar hasta 250 inspiraciones/min (Whittow, 2000). La temperatura corporal normal fluctúa entre 40.6° C y 41.7° C dependiendo de la edad, el genotipo, el sexo, la actividad física, los alimentos ingeridos y la temperatura ambiental. La muerte ocurre cuando la temperatura corporal llega a 47° C por el incremento continuo de la temperatura interna del ave, lo cual provoca hipóxia y paro cardíaco o respiratorio, acompañado de insuficiencia renal o desequilibrio iónico en la sangre (Deaton et al., 1984). Lin et al. (2005) resaltan que hace falta entender mejor la temperatura de confort de los pollos de engorde y la relación que existe entre la temperatura, la humedad y la capacidad de termorregulación. Estos investigadores encontraron que con 25° C de

temperatura ambiental la respuesta de las aves es similar que con 35° C, en lo referente al incremento de la temperatura corporal externa y una merma en la temperatura rectal. No solo las aves al finalizar la crianza son susceptibles a estrés calórico, también se ha encontrado que pollitos de una semana de edad son susceptibles a cambios en humedad ambiental, en temperaturas altas, bajas o dentro de la zona termoneutral.

De Basilio et al. (2003) midieron la temperatura rectal de las aves a través de un termómetro electrónico de lectura rápida, con una sonda de 3.5 mm de diámetro, calibrado de 0° C a 60° C, con precisión de 0.1° C. La penetración óptima fue entre 2.5 y 4 cm de los cuatro (4) a siete (7) d y de tres (3) a cuatro (4) semanas de edad, respectivamente. Posterior a la introducción de la sonda, en la zona terminal del colon, se esperó 20 s para que la lectura se estabilizara con una variación no superior a 0.1° C. Yahav y Plavnik (1999) describen que la toma de temperatura es mediante la inserción de la sonda del termómetro, 3 cm dentro del colon. La temperatura fue registrada antes y después de someter a las aves a aclimatación precoz. Por el contrario, en pavos Yahav et al. (1998) realizaron mediciones de temperatura de la piel a nivel subcutáneo. Al-Fataftah y Abu-Dieyeh (2007) reportan la toma de temperatura rectal de un grupo de aves, antes de la ACP y cada hora durante la misma, hasta alcanzar 45° C, introduciendo la sonda del termómetro, cerca de tres (3) cm. La utilización de este registro de temperatura es útil como indicador de la adaptación de las aves a las altas temperaturas y demuestra como afecta la temperatura ambiental al organismo de las aves.

BIBLIOGRAFÍA

- Abu-Dieyeh, Z.H.M., 2006. Effect of chronic heat stress and long-term feed restriction on broiler performance. *International Journal of Poultry Science* 5(2):185-190.
- Al-Fataftah A.R.A. and Z.H.M. Abu-Dieyeh, 2007. Effect of chronic heat stress on broiler performance in Jordan. *International Journal of Poultry Science* 6(1):64-70.
- Altan O., A. Altan, M. Cabuk, and H. Bayraktar. 2000. Effect of heat stress on some blood parameters in broilers. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 24:145-148.
- Arjona A.A., D.M. Denbow and W.D. Weaver. 1988. Effects of heat stress early in life on mortality exposed to high environmental temperatures prior to marketing. *Poult. Sci.* 67:226-231.
- Barlett J.R. and M. O. Smith. 2003. Effects of different levels of zinc on the performance and immunocompetence of broiler under heat stress. *Poult. Sci.* 82:1580-1588.
- Baziz, H.A., P.A. Geraert, J.C.F. Padilha and S. Guillaumin. 1996. Chronic heat exposure enhances fat deposition and modifies muscle and fat partition in broiler carcasses. *Poultry Science Association, Inc.* 75(4):505-513.
- Bonnet S., P.A. Geraert, M. Lessire, B. Carre and S. Guillaumin. 1997. Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers. *Poult. Sci.* 76:857-863.
- Borges S.A., A.V. Fisher da Silva, J. Ariki, D.M. Hooze and K.R. Cummings. 2003a. Dietary electrolyte balance for broiler chickens under moderately high ambient temperatures and relative humidities. *Poult. Sci.* 82:301-308.
- Borges S.A., A.V. Fisher da Silva, J. Ariki, D.M. Hooze and K.R. Cummings. 2003b. Dietary electrolyte balance for broiler chicken exposed to thermoneutral or heat stress environments. *Poult. Sci.* 82:428-435.
- Butcher G.D. and R. Miles. 2003. Heat stress Management in broilers. University of Florida, IFAS Extension. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/VM/VM01900.pdf> Accessed Jul. 2008.
- Cobb-Vantress. 2005. Cobb broiler performance. Cobb-Vantress, Arkansas, 9 p.
- Collin A., M. Picard and S. Yahav. 2005. The effect of duration of thermal manipulation during broiler chick embryogenesis on body weight and body temperature of post-hatched chicks. *INRA, EDP. Anim. Res.* 54:105-111.

- Cooper M.A. and K.W. Washburn. 1998. The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broiler under heat stress. *Poult. Sci.* 77:237-242.
- De Basilio V., F. Requena, A. León, M. Vilariño, and M. Picard. 2003. Early age thermal conditioning immediately reduces body temperature of broiler chicks in a tropical environment. *Poult. Sci.* 82:1235-1241.
- Deaton J.W., F.N. Reece and B.D. Lott. 1984. Effect of differing temperature cycles on broiler performance. *Poult. Sci.* 63(4):612-615.
- Dibner J. J., 2005. Early nutrition of zinc and cooper in chicks and poults: impact on growth and immune function. University of Maryland, Proceedings of the 3rd Mid-Atlantic Nutrition Conference. 23-32.
- Francis C.A., M.G. MacLeod and J.E. Anderson . 1991. Alleviation of acute heat stress by food withdrawal or darkness. *Br. Poult. Sci.* 32(1):219-225.
- Franco-Jimenez, D.J. and M.M. Beck. 2007. Physiological changes to transient exposure to heat stress observed in laying hens. *Poult. Sci.* 86:538-544.
- Halevy O., A. Krispin, Y. Leshem, J. McMurtry and S. Yahav. 2001. Early age heat stress accelerates skeletal muscle satellite cell proliferation and differentiation in chicks. *Am. J. Physiol.* 281:R302-309.
- Havenstein G.B., P.R. Ferket and M.A. Quereshi. 2003. Carcass composition and yield of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poult. Sci.* 82: 1509-1518.
- Hayashi K., N. Taniguchi, T. Kinjou, and A. Ohtsuka. 2001. Heat stress causes death via glucose metabolism in broiler. 13th European Symposium on Poultry Nutrition and Ascities Workshop, Belgium. P. 250.
- Laurino Dionello N.J., Macari Marcos, Ferro Jesús A., Rutz Fernando, Tiraboschi Ferro M.I. and Furlan Luiz R. 2002. Physiologic response associated to thermotolerance in broiler chickens of two strains for exposure to high temperature. *R.Bras.Zootec.* 31 (1):79-85.
- Leshchinsky T.V. and K.C. Klasing. 2001. Relationship between the level of dietary vitamin E and the immune response of broiler chickens. *Poult. Sci.* 80:1590-1599.
- Lin H., H.F. Zhang, H.C. Jiao, T. Zhao, S.J. Sui, X.H. Gu, Z.Y. Zhang, J. Buyse, and E. Decuyper. 2005. Thermoregulation responses of broiler chickens to humidity at different ambient temperatures. I. One week of age. *Poult. Sci.* 84:1166-1172.

- Mitchell M.A. and A.J. Carlisle. 1992. The effects of chronic exposure to elevated environmental temperature on intestinal morphology and nutrient absorption in the domestic fowl (*Gallus domesticus*). *Comp.Biochem.Physiol.* 101A:137-142.
- NOAA`s - National Weather Service Weather Forecast Office. 2008. Heat Index. http://www.crh.noaa.gov/jkl/?n=heat_index_calculator Accessed Aug. 2008.
- Olanrewaju H.A., S. Wongpichet, J.P. Thaxton, W.A. Dozier III, and S.C. Branton. 2006. Stress and acid-base balance in chickens. *Poult. Sci.* 85:1266-1274.
- Rahimi G. 2005. Effect of heat shock at early growth phase on glucose and calcium regulating axis in broiler chickens. *International Journal of Poultry Science* 4(10):790-794.
- Requena F., V. De Basilio, A. León and M. Picard. 2004. La aclimatación precoz de pollos de engorde: una técnica promisorio en clima tropical. *Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela - CENIAP HOY* No. 6 Septiembre-Diciembre. http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy3/articulos/n6/arti/requena_f/arti/requena_f.htm Accessed Jul. 2008.
- Requena F., A. León, I. Oliveros and E. Saume. 2006. Efectos del calor en la producción avícola en el trópico. *Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela - CENIAP HOY* No. 12 Septiembre-Diciembre. http://ceniap.inia.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/ceniaphoy/articulos/n12/arti/requena_f.htm Accessed Jul. 2008.
- Sahin K. O. Kucuk, N. Sahin, and M.F. Gursu. 2002 Optimal dietary concentration of vitamin E for alleviating the effect of heat stress on performance, thyroid status, ACTH and some serum metabolite and mineral concentrations in broilers. *Vet. Med – Czech*, 47(4):110-116.
- Sahin K. and O. Kucuk. 2003. Zinc supplementation alleviates heat stress in laying japanese quail. *American Society for Nutritional Sciences*. 2808-2811.
- Sahin K., N. Sahin, M. Onderci, M. Gursu and M. Issi. 2003. Vitamin C and E can alleviate negative effects of heat stress in japanese quails. *Food, Agriculturer and Environment*, 1(2):244-249.
- Summers J. D., 2007. Heat Stress. Tech-Info 6. Poultry Industry Council for Research and Education. Guelph, Ontario, Canada. 5p. <http://www.poultryindustrycouncil.ca/pdf/tech/TECH%20INFO%206.pdf> Accessed Jul. 2008.
- Uni Z., O. Gal-Garber, A. Geyra, D. Sklan and S. Yahav. 2001. Changes in growth and function of chick small intestine epithelium due to early thermal conditioning. *Poult. Sci.* 80:438-445.

- Wang S. and F.W. Edens. 1998. Heat conditioning induces heat shock proteins in broiler chickens and turkey poults. *Poult. Sci.* 77:1636-1645.
- Whittow C.G. 2000. Thermoregulation. *Sturkie's avian physiology*. Academic Press. USA. 3344-3379.
- Yahav S., A. Shamai, A. Haberfeld, G. Horev, S. Hurwitz and M. Einat. 1997. Induction of thermotolerance in chickens by temperature conditioning: heat shock protein expression. *Ann NY Acad Sci.* 813:628-636.
- Yahav S., I. Plavnik, M. Rusal and S. Hurwitz. 1998. Response of turkeys to relative humidity at high ambient temperature. *British Poultry Science*; 39; 3; ProQuest Agriculture Journals, p. 340.
- Yahav S. and I. Plavnik. 1999. Effect of early age thermal condition and food restriction on performance and thermotolerance of male broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 40:120-126.
- Yahav S. and J.P. McMurtry. 2001. Thermotolerance in male broiler chickens by temperature conditioning early in life. The effect of timing and ambient temperature. *Poult. Sci.* 80:1662-1666.
- Yahav S., R. Sasson Rath and D. Shinder. 2004. The effect of thermal manipulations during embryogenesis of broiler chicks (*Gallus domesticus*) on hatchability, body weight and thermoregulation after hatch. *J.Therm.Biol.* 29:245-250.
- Yalcin S., S. Ozkan, K. Cabuk and P.B. Siegel. 2003. Criteria for evaluating husbandry practices to alleviate heat stress in broilers. *Poultry Science Association Inc, J. Appl. Poult. Res.* 12:382-388.

CAPÍTULO I

**UTILIZACIÓN DE ACLIMATACIÓN PRECOZ Y ADICIÓN
DIETÉTICA DE VITAMINA E Y ZINC PARA EL MANEJO DE
ESTRÉS CALÓRICO EN POLLOS DE ENGORDE**

UTILIZATION OF EARLY THERMAL CONDITIONING AND DIETARY ADDITION OF VITAMIN E AND ZINC FOR THE MANAGEMENT OF HEAT STRESS IN BROILER CHICKENS

ABSTRACT

The purpose of this investigation was to evaluate in broiler chickens the effect of the application of early thermal conditioning (ETC) and the dietary addition of vitamin E and zinc. A total of 600 day-old broilers were raised in a poultry house equipped with 40 floor pens until 42 d of age. A completely randomized design with a factorial arrangement of 2 x 2 x 2 was used where the main effects were: the application of ETC (ETC and without ETC), and the dietary addition of vitamin E (0 and 250 mg/kg) and zinc (0 and 40 mg/kg) for a total of 8 treatments with 5 replicas. The ETC consisted in submitting the birds to a temperature of 41 ° C for 6 h at the third d of age. Birds and feed were weighed weekly to determine body weight (BW), feed intake (FI), feed conversion (FC), and mortality. In addition, body temperature (BT) was monitored weekly on 15 birds per treatment measuring the rectal temperature with a digital thermometer. At the end of the rearing period, 25 birds per treatment were randomly selected, sacrificed, and processed to evaluate carcass composition. The yield of hot carcass (HCY), chilled carcass (CCY), breast muscle (BMY), tender muscle (TMY), and fat pad (FPY) expressed as a percentage of live weight. No significant differences among the main effects were found for BW, FI, FC, BT, HCY, CCY, FPY, BMY and TMY. The addition of vitamin E at 250 mg/kg of feed increased bird mortality and reduced carcass FPY. The addition of 250 mg/kg of vitamin E and 40 mg/kg of zinc improve FC of birds when compared to the other treatments despite that the differences did not reach statistical significance. In conclusion, the application of ETC, the addition of vitamin E

and zinc in the feed at the levels evaluated did not provide any advantages in most of the variables studied. However, the addition of 250 mg/kg of vitamin E and 40 mg/kg of zinc had a positive effect on FC that can justify its commercial utilization.

UTILIZACIÓN DE ACLIMATACIÓN PRECOZ Y ADICIÓN DIETÉTICA DE VITAMINA E Y ZINC PARA EL MANEJO DE ESTRÉS CALÓRICO EN POLLOS DE ENGORDE

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue evaluar en pollos de engorde el efecto de la aplicación de aclimatación precoz (ACP) y la adición en la dieta de vitamina E y zinc. Un total de 600 aves de un (1) d de edad fueron criadas en un rancho equipado con 40 jaulas de piso hasta los 42 d de edad. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con un arreglo factorial 2x2x2 donde los efectos principales fueron: la aplicación de ACP (ACP y sin ACP) y adición dietética de vitamina E (0 y 250 mg/Kg) y zinc (0 y 40 mg/Kg) para un total de 8 tratamientos con 5 repeticiones. La ACP consistió en someter a las aves a una temperatura de 41° C por 6 h al tercer día de edad. Las aves y el alimento fueron pesados semanalmente para determinar el peso corporal (PC), el consumo de alimento (CA), la conversión alimenticia (CAL) y la mortalidad. Además, se monitoreó semanalmente la temperatura corporal (TC) de 15 aves por tratamiento midiendo la temperatura rectal con un termómetro digital. Al finalizar el periodo de crianza, 25 aves por tratamiento fueron seleccionadas al azar, sacrificadas y procesadas para evaluar la composición de la canal. Se calcularon los rendimientos en canal caliente (RCC), canal luego del enfriamiento (RCF), músculos de la pechuga (RP), filetes (RF) y grasa abdominal (RGA) expresados como porcentaje del peso vivo de las aves. No se encontraron diferencias significativas entre los efectos principales para PC, CA, CAL, TC, RCC, RCF, RGA, RP y RF. La adición de vitamina E a razón de 250 mg/Kg de alimento aumentó la mortalidad de las aves y disminuyó el RGA de la canal. La adición de 250 mg/Kg de vitamina E y 40 mg/Kg de zinc mejoró la conversión alimenticia de las

aves al compararse con el resto de los tratamientos aunque estas mejoras no alcanzaron diferencias significativas. Se concluye que la aplicación de ACP, la adición de vitamina E y zinc en el alimento en los niveles evaluados, no proveyeron ventajas en la mayoría de las variables estudiadas. Sin embargo, la adición de 250 mg/Kg de vitamina E y 40 mg/Kg de zinc tienen un efecto positivo en CAL que puede justificar su utilización comercial.

INTRODUCCIÓN

La industria avícola de las zonas tropicales enfrenta condiciones ambientales adversas especialmente de alta temperatura y humedad relativa. Específicamente en la crianza de pollos de engorde a partir de la cuarta semana de vida las aves manifiestan signos de estrés por calor como jadeo y disminución en el consumo de alimento que provoca mermas en la ganancia en peso (Havenstein et al., 2003).

El manejo de las condiciones ambientales naturales adversas se realiza de forma eficiente con la ayuda de ambientes controlados, lo cual tiene un alto costo económico que no está al alcance de todos en la industria. Por esto se utilizan estrategias para disminuir el impacto negativo del estrés calórico en el desempeño de las aves a través de prácticas de manejo ambiental o la adición de suplementos en la dieta que beneficien al ave para resistir mejor a los factores estresantes (Wang y Edens, 1998). Una de las estrategias que ha sido estudiada bajo condiciones de estrés por calor es la aclimatación precoz (ACP), que consiste en someter a las aves en su primera semana de vida a altas temperaturas en un ambiente controlado durante algunas horas. La ACP genera una respuesta adaptativa del ave para aclimatizarse a las condiciones ambientales reales de producción y disminuir los efectos negativos causados por el estrés calórico en la crianza (Laurino Dionello et al., 2002; Arjona et al., 1988).

La adición dietética de vitamina E y de zinc pretende fortalecer a las aves en su sistema inmune a través del buen funcionamiento de los sistemas corporales (Sahin y Kucuk, 2003). De esta forma los pollos de engorde pueden reaccionar mejor a las condiciones ambientales adversas que provocan estrés calórico.

Es por lo anteriormente expuesto, que se evaluaron tres factores para el manejo de estrés por calor que consisten en la aplicación de ACP, la adición dietética de vitamina E y la adición dietética de zinc. Estos factores se analizaron de forma individual y combinada para determinar las formas prácticas de utilización en la crianza de pollos engorde en el trópico.

REVISIÓN DE LITERATURA

Estrategias para el manejo de estrés calórico en pollos de engorde

Rahimi (2005) reporta que las condiciones ambientales que causan el estrés calórico pueden ser atenuadas en ranchos de ambientes controlados, pero no en ranchos abiertos donde las aves están expuestas a las variaciones naturales. Mediante la aplicación de ACP a las aves, la cual consiste en someterlas a un choque calórico temprano de manera artificial y controlada, se contribuye a que en la crianza puedan aclimatizarse a las condiciones ambientales naturales para soportar mejor al estrés calórico. Yahav y Plavnik (1999) encontraron que la mortalidad a la edad de sacrificio de 42 d se redujo significativamente en pollos de engorde sometidos a ACP y restricción alimenticia comparados con un grupo control bajo condiciones naturales.

Yahav et al. (2004) y Rahimi (2005) reportan que la aclimatación temprana o ACP consiste en someter a los pollitos de tres (3) a cinco (5) d de edad, a un ambiente de alta temperatura (38° C a 41° C) durante 6 a 48 h; donde a mayor temperatura se requiere menor tiempo de aplicación de ACP. Los mecanismos asociados con la inducción a termotolerancia por medio de ACP incluyen la modulación de la generación de calor a través de la reducción de T3, cambios hemodinámicos, mayor pérdida de calor sensible y la capacidad para economizar agua corporal (Yahav y Plavnik, 1999; Altan et al., 2000). Yahav y McMurtry (2001) afirman que la ACP es óptima si se realiza al tercer día de vida, porque es cuando se inicia el proceso de adaptación corporal térmica y el crecimiento acelerado.

Geraert et al. (1996) encontraron que con altas temperaturas ambientales se obtienen efectos negativos en el desempeño productivo de pollos de engorde, así como una disminución en la deposición de proteína en el músculo y un aumento en la deposición de grasa corporal. La alta temperatura ambiental estimula los receptores térmicos periféricos, que transmiten un impulso de supresión nerviosa al centro del apetito en el hipotálamo, causando una disminución del consumo de alimento (Menten et al. 2006; Al-Fataftah y Abu-Dieyeh, 2007). Por lo que al estimular un mayor consumo de alimento bajo condiciones de estrés por calor se aumenta la carga calórica en el animal y consecuentemente, aumenta la mortalidad. Debido a esto se recomienda concentrar los nutrientes de la dieta y mantener a las aves sin alteraciones que incrementen su ritmo cardíaco y por ende produzcan una mayor temperatura corporal (Franco-Jimenez y Beck, 2007).

Otra de las estrategias que se utiliza para el manejo de estrés calórico en pollos de engorde consiste en la adición de suplementos en la dieta. Sahin et al. (2003) reportan que adicionar 250 mg/Kg de vitamina E en la dieta para pollos de engorde tiene un efecto positivo sobre el desempeño productivo de las aves criadas bajo condiciones de estrés calórico (32° C). La vitamina E es importante para el buen funcionamiento del sistema inmune y está involucrada en la conservación de la integridad de todos los sistemas vitales en el organismo del ave (Leshchinsky y Klasing, 2001).

Barlett y Smith (2003) encontraron que la concentración de zinc en la dieta para pollos de engorde se relaciona con la capacidad de respuesta inmunológica ante condiciones ambientales adversas como la alta temperatura y la alta humedad relativa, aumentando el requerimiento de este mineral en la dieta. Dibner (2005) reporta que la

adición de 40 mg/kg de zinc en la dietas para pollos de engorde mejora el desempeño productivo en condiciones estrés calórico.

OBJETIVOS

1. Evaluar el efecto de la aplicación de ACP y la adición de vitamina E y zinc en la dieta sobre el desempeño productivo de pollos de engorde criados en el trópico.
2. Determinar la interacción entre los factores de aclimatación precoz, vitamina E y zinc, sobre los indicadores de producción.

MATERIALES Y METODOS

I. Crianza

Se utilizaron 600 pollos de un (1) d de edad criados en un rancho de ambiente no controlado, abierto, con cortinas para evitar corrientes de aire y en jaulas de piso con camada de cáscara de café. Las aves se distribuyeron en 40 jaulas de 1.2 m x 1.2 m a razón de 15 pollitos por jaula y a una densidad poblacional de 0.1 m² por ave. Cada jaula estuvo equipada de un comedero de tolva y bebederos tipo niple (5 niples por jaula). Las aves fueron criadas bajo un programa de iluminación de 23 h diarias, con agua y alimento disponible a voluntad. Durante todo el ciclo productivo se realizaron pesajes semanales de aves y alimento para determinar la cantidad de alimento consumido, alimento rechazado, el incremento de peso corporal y la conversión alimenticia.

II. Aclimatación precoz (ACP) y registro de temperatura corporal

La ACP se realizó en cuatro jaulas cerradas con material aislante, cada una con una calentadora eléctrica¹ central, con cercos para cada réplica y un bebedero de galón por cerco (Figura 1.1). Los pollitos de 3 (tres) d de edad recibieron una temperatura de 41° C (± 0.5) durante seis (6) h. Semanalmente se tomó la temperatura rectal de tres (3) aves por jaula escogidas al azar, con un termómetro² digital insertado en la cloaca entre uno (1) y tres (3) cm de profundidad, dependiendo de la edad del ave (Abu-Dieyeh, 2006).

¹ Calentadora eléctrica Merco Products, Modelo 251-C, 680 Watts, 120 v.

² Termómetro digital flexible, Walgreens, Modelo Eq. PRT 1000.



Figura 1.1. Jaula de aclimatación precoz, con cercos, calentadora y termómetro.

III. Dietas y registro ambiental

Las dietas experimentales (Cuadro 1.1) se elaboraron de acuerdo a los requerimientos nutricionales basales del NRC (1994) diferenciadas en tres (3) fases, inicio (0 – 14 d), crecimiento (15 – 28 d) y terminado (29 – 42 d). A los tratamientos concernidos se les agregó el equivalente de 250 mg/Kg de Vitamina E y 40 mg/Kg de zinc (Óxido de zinc 62%) según la distribución de las unidades experimentales. Se registró la temperatura y humedad ambiental del rancho a nivel de la altura de las aves dependiendo de la edad con la ayuda de cuatro sensores³ digitales que registraron la temperatura ambiental y la humedad relativa a intervalos de una (1) h.

³ Logger Hobo H8, temperatura y humedad relativa.

Cuadro 1.1. Composición de las dietas experimentales para las tres fases de crecimiento.

Ingrediente	Inicio	Crecimiento	Terminado
	(0-14 d)	(15-28 d)	(29-42 d)
	(%)		
Harina de Maíz	49.65	59.87	66.90
Harina de Soya	41.45	33.30	27.83
Aceite vegetal	5.55	3.69	2.38
Fosfato dicálcico	1.54	1.37	1.21
Carbonato de calcio	1.07	1.03	0.95
Premezcla de vit. y min. ¹	0.50	0.50	0.50
Sal	0.25	0.25	0.25
Composición Calculada			
Proteína, Bruta (%)	23.00	20.00	18.00
Grasa, Bruta (%)	7.45	5.92	4.84
Fibra, Bruta (%)	3.85	3.47	3.22
Ca (%)	1.00	0.90	0.80
P total (%)	0.71	0.65	0.60
P disponible (%)	0.45	0.41	0.37
E. Metab. (Mcal/kg)	3.10	3.10	3.10
Metionina (%)	0.51	0.47	0.45
Cisteína (%)	0.37	0.33	0.31
Lisina (%)	1.32	1.11	0.97
Hierro (ppm)	269.36	245.83	225.90

¹Composición de la premezcla de vitaminas y minerales, en kilogramo de dieta: Mn, 75 mg; Zn, 60 mg; Fe, 45 mg; Cu, 7.5 mg; I, 750 µg; Se, 200 µg; vitamina A, 2,000 IU; vitamina D₃, 450 IU; vitamina E, 15 mg ; vitamina K, 1.5 mg; biotina, 50 µg; colina, 400 mg; ácido fólico, 1 mg; niacina, 30 mg; vitamina B₁₂, 10 µg; tiamina, 500 µg; riboflavina, 7.5 mg; ácido pantoténico, 11 mg; piridoxina, 500 µg.

IV. Procesamiento

El periodo de crianza de las aves fue 42 d. Diez h previo al procesamiento se escogieron al azar y se procesaron un total de 200 pollos (25 aves/tratamiento), se identificaron con una marquilla plástica numerada en el ala izquierda, se pesaron y se colocaron en jaulas portátiles, sin agua y sin alimento hasta el momento de matanza. El sacrificio se realizó mediante un corte, lacerando la arteria carótida y vena yugular, provocando el desangre en embudos metálicos durante 1 min. Luego de desangrados fueron escaldados⁴ a una temperatura de 60° C por 45 s, desplumados⁵ mecánicamente y eviscerados manualmente. La grasa abdominal de cada canal fue removida y pesada para determinar el porcentaje respecto del peso vivo (RGA), de igual forma las canales en caliente se pesaron para calcular el rendimiento de la canal expresada como proporción del peso vivo (RCC). Las canales se cubrieron con agua y hielo (0° C) durante 24 h. Luego del enfriamiento fueron escurridas y re-pesadas para calcular el rendimiento de la canal fría con base en el peso vivo (RCF). De cada tratamiento se tomó una submuestra de seis (6) canales por tratamiento para un total de 48. Estas fueron trozadas y se obtuvo el peso de los músculos de la pechuga completa deshuesada (RP) y el porcentaje de los filetes de la pechuga (Pectoralis minor) con respecto del peso vivo (RF).

V. Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizaron 600 pollos de un (1) d de edad distribuidos en ocho (8) tratamientos, con cinco (5) repeticiones de 15 aves cada uno. Se evaluaron tres (3) factores, con dos (2)

⁴ Brower Scalder Model SS36SS, Brower, Houghton, IA 52631.

⁵ Brower Picker Model BP30SS, Brower, Houghton, IA 52631.

niveles cada uno. Aclimatación precoz (ACP) y sin aclimatación precoz (SACP), adición en la dieta a razón de 0 y 250 mg/Kg de vitamina E y de 0 y 40 mg/Kg de zinc. Los tratamientos surgen de la combinación de esos factores. Los datos obtenidos se evaluaron estadísticamente según un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial 2x2x2 y 5 repeticiones por de tratamiento. El modelo incluyó los efectos principales de ACP, adición de vitamina E y adición de zinc, así como la interacción entre éstos como fuentes de variación. Los datos obtenidos fueron evaluados por un análisis de varianza (ANAVA) utilizando el método Lineal General de SAS (SAS Institute, 2004). Se utilizó la prueba de Tukey para identificar la existencia de diferencias entre las medias de los tratamientos. Se utilizó un nivel de probabilidad de $P \leq 0.05$ para todas las aseveraciones de significancia.

El modelo estadístico (Ott y Longnecker, 2001) utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \psi_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\psi)_{ik} + (\beta\psi)_{jk} + (\alpha\beta\psi)_{ijk} + \varepsilon_{ijklm}$$

donde:

μ = media poblacional

α = factor ACP

β = factor vitamina E

ψ = factor zinc

$\alpha\beta$ = interacción entre ACP y vitamina E

$\alpha\psi$ = interacción entre ACP y zinc

$\beta\psi$ = interacción entre vitamina E y zinc

$\alpha\beta\psi$ = interacción entre ACP, vitamina E y zinc

i = nivele del primer factor, ACP y SACP

j = nivele del segundo factor, vitamina E (0 mg/Kg y 250 mg/Kg)

k = nivele del tercer factor, zinc (0 mg/Kg y 40 mg/Kg)

m = representa las repeticiones

ε_{ijklm} = error experimental

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Temperatura ambiental y humedad relativa

En las figuras 1.2 y 1.3 se observan los valores de temperatura ambiental y humedad relativa registrados entre octubre uno (1) y noviembre 12 del año 2007. En promedio la temperatura ambiental en el interior del rancho fue de 27.4° C con un IC⁶ de 30.2° C. La temperatura promedio diaria más baja fue 24.5° C y temperatura promedio diaria más alta fue 30.2° C. La temperatura mínima registrada fue de 21.3° C (4:30 am) y la temperatura máxima registrada fue de 36.1° C (12:30 pm).

En el interior del rancho se registró una humedad relativa promedio de 76.2%. Los valores diarios de humedad relativa fluctuaron entre 68.1 % y 91.8 %. La humedad relativa más baja registrada fue de 42 % (12:30 pm) y la más alta fue de 95.4 % (6:30 pm). Esto provocó que el IC estuviera por encima de la zona de confort de las aves (IC = 25° C) y se manifestó en jadeo constante al finalizar la crianza (Al-Fataftah y Abu-Dieyh, 2007). El IC es crítico a medida que las aves tienen más masa corporal porque la superficie de intercambio calórico aumenta y los mecanismos de termorregulación son más exigentes en el organismo.

⁶ National Weather Service Weather Forecast Office (NOAA`s).

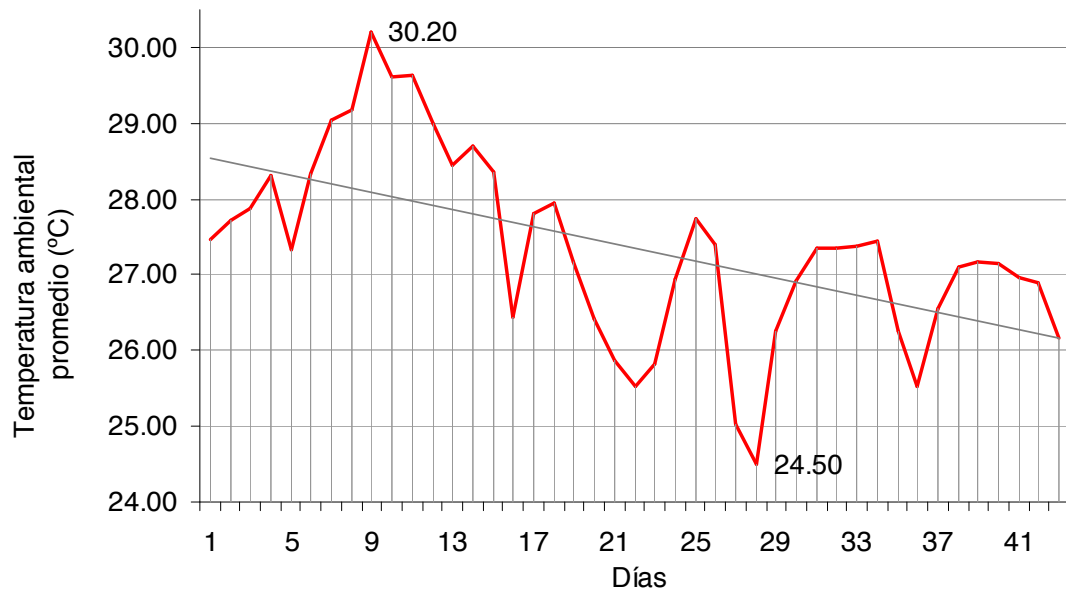


Figura 1.2. Variación de la temperatura ambiental promedio diaria entre el primero (1) de octubre y el 12 de noviembre de 2007.

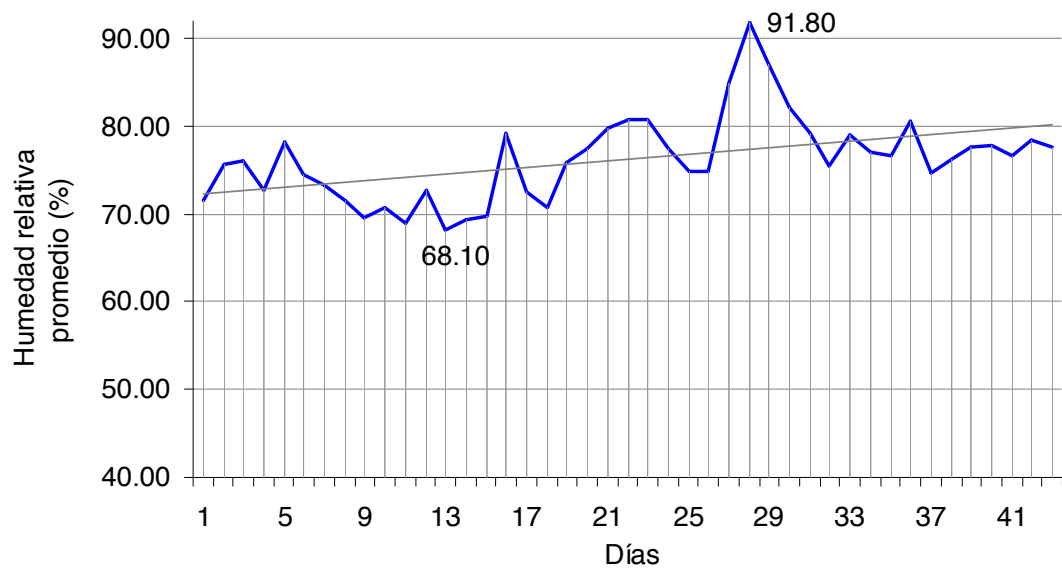


Figura 1.3. Variación de la humedad relativa promedio diaria entre el primero (1) de octubre y el 12 de noviembre de 2007.

2. Peso corporal

El Cuadro 1.2 muestra que al finalizar el periodo de crianza no se encontraron interacciones ni diferencias significativas entre los factores evaluados sobre el peso corporal. Aunque existen diferencias significativas dentro del factor principal zinc en la primera semana, así como interacción doble para los factores vitamina E con zinc en la segunda semana y para ACP con vitamina E en la quinta semana, no se consideran de importancia para el estudio por no reflejarse en los resultados acumulados al final de la crianza. Por lo cual la temperatura ambiental y la humedad relativa afectaron de igual forma a las aves en todos los tratamientos.

Los resultados de la ACP se explican porque la disminución en la ganancia de peso se presenta en los días posteriores al tratamiento y se recupera con un consumo compensatorio que revierte los efectos negativos durante la primera semana de vida (Uni et al., 2001; Yahav y Plavnik, 1999; Rahim, 2005).

En cuanto a la adición de vitamina E y zinc, los resultados no concuerdan con lo expresado por Sahin et al. (2002) y Sahin y Kucuk (2003), quienes sostienen que con 250 mg/Kg de vitamina E o 40 mg/Kg de zinc se mejora el desempeño productivo de pollos expuestos a temperaturas que exceden los valores de confort. Aunque la temperatura ambiental sobrepasó los niveles de termotolerancia (Lin et al., 2005a) y el IC semanal sobrepasó los 28° C alcanzando un valor promedio semanal máximo de 33° C (Figura 1.4) no se obtuvieron diferencias entre los tratamientos evaluados. En este estudio durante la primera semana de vida, la ganancia en peso fue menor cuando se suministró 40 mg/Kg de zinc. Esto coincide con lo reportado por Dibner (2005), quien asegura que

Cuadro 1.2. Efecto de la aclimatación precoz y la adición dietética de vitamina E y zinc sobre el peso corporal de pollos de engorde.

Tratamiento	Peso Corporal (g)						
	Edad (semanas)						Acumulado
	1	2	3	4	5	6	
<i>Aclimatación</i>							
ACP	43.8 a	133.8 a	334.5 a	694.5 a	1,175.6 a	1,646.1 a	2,112.2 a
SACP	44.2 a	135.3 a	344.9 a	694.7 a	1,188.6 a	1,648.8 a	2,111.2 a
EE ²	0.20	1.87	5.09	7.02	16.70	19.81	24.97
<i>Vitamina E</i>							
0 mg/Kg	44.1 a	136.4 a	341.4 a	691.3 a	1,182.8 a	1,648.9 a	2,111.1 a
250 mg/Kg	43.9 a	132.7 a	338.0 a	697.9 a	1,181.4 a	1,646.0 a	2,112.3 a
EE ²	0.20	1.83	5.21	6.97	16.78	19.80	24.79
<i>zinc</i>							
0 mg/Kg	44.0 a	138.1 a	339.3 a	693.5 a	1,184.0 a	1,643.4 a	2,109.5 a
40 mg/Kg	44.1 a	131.0 b	340.1 a	695.7 a	1,180.2 a	1,651.5 a	2,113.9 a
EE ²	0.20	1.61	5.21	6.97	16.66	19.48	25.02
Análisis de varianza							
Fuente de variación							
				Probabilidad			
ACP		0.5163	0.1571	0.9804	0.5910	0.9226	0.9770
Vitamina E		0.1083	0.6455	0.5214	0.9523	0.9139	0.9748
ACP*VitaE		0.0577	0.5149	0.6069	0.2421	0.0366	0.1216
zinc		0.0028	0.9069	0.8328	0.8770	0.7681	0.9026
ACP*zinc		0.4880	0.8960	0.1567	0.3856	0.9401	0.5691
Vitamina E*zinc		0.1912	0.0267	0.1651	0.1479	0.8075	0.9682
ACP*Vit.E*Zn		0.0761	0.9397	0.6984	0.5714	0.0606	0.1682
a-b Letras distintas en una misma columna demuestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05)							
¹ n = 5 jaulas por tratamiento							
² EE = error estándar							

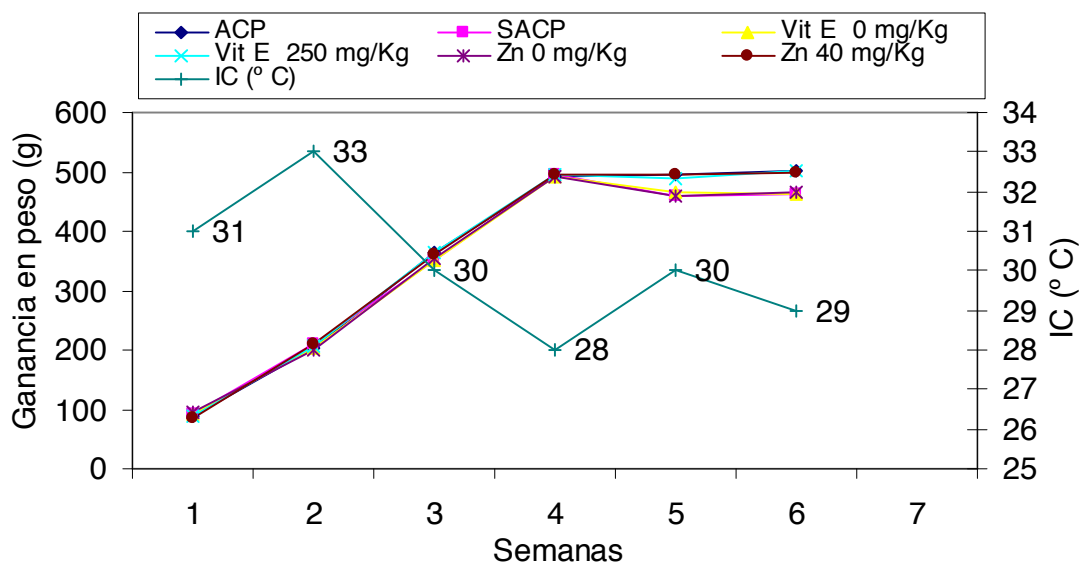


Figura 1.4. Ganancia en peso semanal comparada con IC en pollos de engorde.

el zinc participa en el desarrollo corporal por su acción en la transcripción de ADN, está involucrado en la activación de enzimas que disminuyen el apetito, lo cual posiblemente influyó en el peso corporal durante la fase de adaptación alimenticia en la primera semana de vida. La temperatura y humedad relativa estuvieron sobre los niveles de termoneutralidad durante toda la fase de crianza, pero no se encontró que los tratamientos ejercieran un efecto positivo para tolerar de mejor forma el estrés por calor. Como se ilustra en la Figura 1.4 el IC en la quinta y sexta semana afectó negativamente la ganancia en peso de las aves bajo los tratamientos en donde no se aplicó las alternativas de manejo de estrés planteadas en este estudio. Aunque estas diferencias no fueron significativas se considera que por la tendencia observada a partir de la quinta semana pueden ser objeto de estudio en periodos de crianza más largos.

3. Consumo de alimento

El Cuadro 1.3 muestra que no se observaron interacciones ni diferencias significativas entre los factores evaluados al finalizar el periodo de crianza. Se encontraron diferencias significativas para el factor vitamina E en la quinta semana, donde el IC fue de 30° C (Figura 1.5). Durante esta semana (5ª) se disminuyó el consumo de alimento al adicionar en la dieta 250 mg/Kg de vitamina E. Esta disminución se mantuvo hasta culminar la crianza y repercutió en un acumulado de consumo de alimento menor (84.5 g) comparado con la no adición de vitamina E en la dieta.

Los valores de consumo de alimento en los tres factores estudiados fueron menores al terminar la crianza tanto para ACP (10.5 g), adición dietética de vitamina E (84.5 g) y zinc (84.5 g), comparados con la no aplicación de los mismos. La ACP provocó menores mermas en el consumo de alimento porque cuando se somete a las aves a estrés calórico en los primeros días de vida, se deprime el consumo de alimento pero se compensa con un mayor consumo al terminar la primera semana (Uni et al., 2001; Yahav y Plavnik, 1999; Rahim, 2005).

El bajo peso corporal en todos los tratamientos (menos de 140 g/ave en la primera semana y menos de 2,115 g/ave al finalizar la sexta semana) comparado con los valores de referencia de la línea genética Cobb (175 g/ave en la primera semana y 2,634 g/ave al final de la sexta semana (Cobb-Vantress, 2005) se debe posiblemente a las condiciones ambientales presentes en la zona y especialmente al sistema de crianza en ranchos abiertos no automatizados, muy distintos a los sistemas utilizados en las condiciones de crianza de la casa genética. En cuanto a las condiciones ambientales del estudio y como lo reportan

Cuadro 1.3. Efecto de la aclimatación precoz y la adición dietética de vitamina E y zinc sobre el consumo de alimento de pollos de engorde.

Tratamiento	Consumo de alimento (g)						
	Edad (semanas)						Total
	1	2	3	4	5	6	
<i>Aclimatación</i>							
ACP	141.5 a	285.0 a	549.5 a	750.0 a	878.0 a	1,158.5 a	3,847.0 a
SACP	143.5 a	298.5 a	539.5 a	759.0 a	903.0 a	1,116.0 a	3,857.5 a
EE ²	3.68	6.41	4.83	20.31	36.58	31.15	67.32
<i>Vitamina E</i>							
0 mg/Kg	142.0 a	289.0 a	545.5 a	754.0 a	966.5 a	1,140.0 a	3,894.5 a
250 mg/Kg	143.0 a	294.5 a	543.5 a	755.0 a	814.5 b	1,134.5 a	3,810.0 a
EE ²	3.68	6.69	5.15	20.29	29.88	30.67	64.72
<i>zinc</i>							
0 mg/Kg	145.0 a	285.0 a	540.5 a	769.0 a	924.5 a	1,126.5 a	3,894.0 a
40 mg/Kg	140.0 a	298.5 a	548.5 a	740.0 a	856.5 a	1,148.0 a	3,810.5 a
EE ²	3.50	6.58	4.98	19.90	33.30	31.44	66.96
Análisis de varianza							
Fuente de variación							
	Probabilidad						
ACP	0.7073	0.1470	0.1491	0.7414	0.5714	0.3658	0.9083
Vitamina E	0.8510	0.5491	0.7694	0.9707	0.0015	0.9062	0.3571
ACP*VitaE	0.7073	0.8699	0.6604	0.2914	0.7168	0.6923	0.1058
zinc	0.3507	0.1470	0.2456	0.2914	0.1296	0.6457	0.3627
ACP*zinc	0.2642	0.3034	0.6604	0.1806	0.9277	0.6305	0.6732
Vitamina E*zinc	0.5739	0.2562	0.0338	0.0365	0.0304	0.2235	0.0783
ACP*Vit.E*Zn	0.1395	0.0976	0.0856	0.1588	0.2015	0.6457	0.1175
a-b Letras distintas en una misma columna demuestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05)							
¹ n = 5 jaulas por tratamiento							
² EE = error estándar							

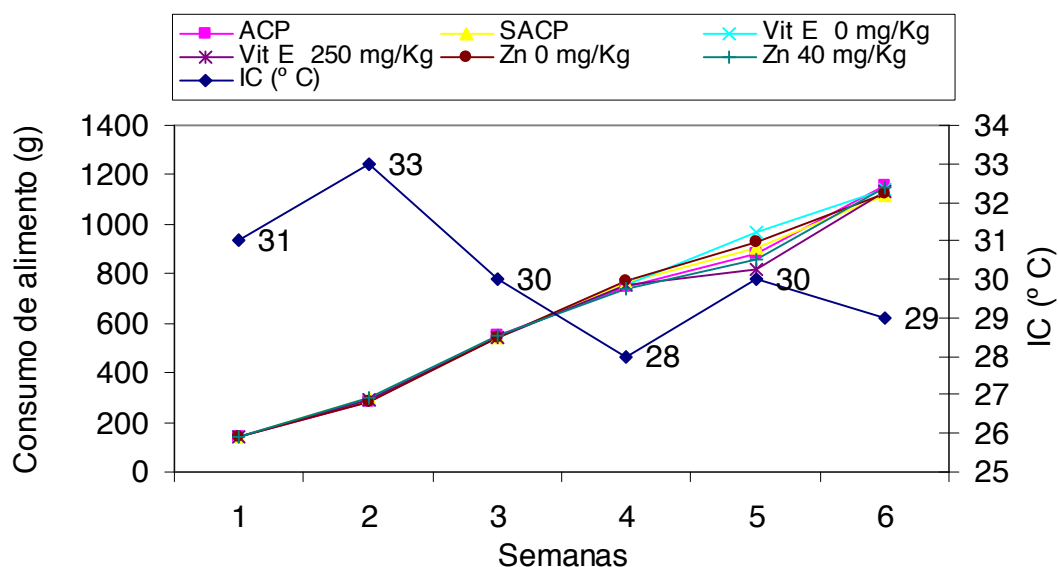


Figura 1.5. Consumo de alimento semanal comparado con IC, en pollos de engorde.

Olanrewaju et al. (2006) y Franco-Jimenez y Beck (2007) el estrés calórico es un mecanismo de defensa del organismo que provee una respuesta adaptativa reduciendo el desempeño productivo, debido a la reducción en la ingesta de alimento provocando un menor crecimiento del ave.

Leshchinsky y Klasing (2001) aseguran que la vitamina E es esencial para el funcionamiento e integridad muscular, circulatoria, nerviosa y del sistema inmune. Sin embargo, en este estudio la vitamina E se adicionó en niveles superiores a los de la dieta basal, sin encontrar ventajas comparativas con los valores basales. La adición de zinc en la dieta no mejoró el desempeño productivo como lo sostiene Dibner (2005).

4. Conversión alimenticia

Únicamente en la quinta semana se encontraron diferencias significativas para los factores principales de vitamina E y zinc, con resultados favorables con la adición de 250 mg/Kg de vitamina E y de igual forma con la adición de 40 mg/Kg de zinc (Cuadro 1.4). También la interacción de vitamina E con zinc fue significativa, por lo que los efectos son aditivos para esta semana. Al terminar el ciclo productivo, se encontró que la interacción de Vitamina E y zinc, fue significativa y por lo tanto sus efectos son aditivos. Se encontró que la adición de 250 mg/Kg de vitamina E y 40 mg/Kg de zinc mejora la conversión alimenticia (1.78) comparado con la adición de solo 40 mg/Kg de zinc (1.90). Los valores de conversión alimenticia en este estudio no fueron mejorados significativamente por la adición de Vitamina E ni de zinc en la dieta de manera aislada y concuerdan con los estudios de Dibner (2005), Sahin y Kucuk (2003), y Barlett y Smith (2003).

Los valores de conversión alimenticia superiores a 1.80 en todos los tratamientos evidencian que las condiciones ambientales en las que se llevó a cabo la investigación, afectaron negativamente el desempeño de las aves, sin importar cuál de las alternativas fue utilizada, esto comparado con el valor de referencia para la sexta semana de vida de 1.76 para pollos de engorde Cobb sin sexar (Cobb-Vantress, 2005). Sin embargo, en la zona sur de Puerto Rico y de acuerdo con las condiciones de crianza en ambiente no controlado las conversiones alimenticias obtenidas en este estudio fueron competitivas. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Requena et al. (2006), Sahin y Kucuk (2003) y Wallis y Balnave (1984) quienes determinaron que el calor puede afectar de forma crónica o aguda a las aves aumentando la conversión alimenticia.

Cuadro 1.4. Efecto de la aclimatación precoz y la adición dietética de vitamina E y zinc sobre la conversión alimenticia en pollos de engorde.

Tratamiento	Conversión alimenticia						
	Edad (semanas)						Acumulada
	1	2	3	4	5	6	
<i>Aclimatación</i>							
ACP	1.58 a	1.42 a	1.52 a	1.54 a	1.83 a	2.43 a	1.85 a
SACP	1.58 a	1.43 a	1.56 a	1.57 a	1.99 a	2.44 a	1.86 a
EE ²	0.04	0.03	0.03	0.04	0.09	0.08	0.02
<i>Vitamina E</i>							
0 mg/Kg	1.54 a	1.42 a	1.56 a	1.55 a	2.08 a	2.49 a	1.88 a
250 mg/Kg	1.62 a	1.43 a	1.51 a	1.55 a	1.74 b	2.38 a	1.83 a
EE ²	0.04	0.03	0.03	0.04	0.08	0.07	0.02
<i>zinc</i>							
0 mg/Kg	1.54 a	1.43 a	1.53 a	1.57 a	2.05 a	2.43 a	1.86 a
40 mg/Kg	1.62 a	1.42 a	1.54 a	1.53 a	1.77 b	2.44 a	1.84 a
EE ²	0.04	0.03	0.03	0.03	0.08	0.08	0.02
Análisis de varianza							
Fuente de variación							
	Probabilidad						
ACP	0.9085	0.7786	0.3273	0.6279	0.0696	0.9358	0.6933
Vitamina E	0.1742	0.8697	0.2012	0.9620	0.0006	0.3956	0.0857
ACP*VitaE	0.1862	0.4278	0.9082	0.5372	0.0712	0.9038	0.9428
zinc	0.1522	0.9067	0.9082	0.4100	0.0038	0.9166	0.5195
ACP*zinc	0.3813	0.0679	0.1471	0.5372	0.6664	0.7231	0.8017
Vitamina E*zinc	0.5412	0.3886	0.1219	0.2110	<.0001	0.8467	0.0151
ACP*Vit.E*Zn	0.7306	0.1288	0.1927	0.5126	0.9006	0.6814	0.8858
a-b Letras distintas en una misma columna demuestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05)							
¹ n = 5 jaulas por tratamiento							
² EE = error estándar							

En la Figura 1.6 se observa la variación en la conversión alimenticia semanal y cómo esta se relaciona con el IC. En la quinta semana con un IC de 30° C se obtuvo mejores conversiones en los tratamientos en los cuales se aplicó ACP, se adicionó en la dieta 250 mg/Kg de vitamina E y 40 mg/Kg de zinc, lo cual es una ventaja competitiva porque en conversión alimenticia las pequeñas diferencias son de importancia económica.

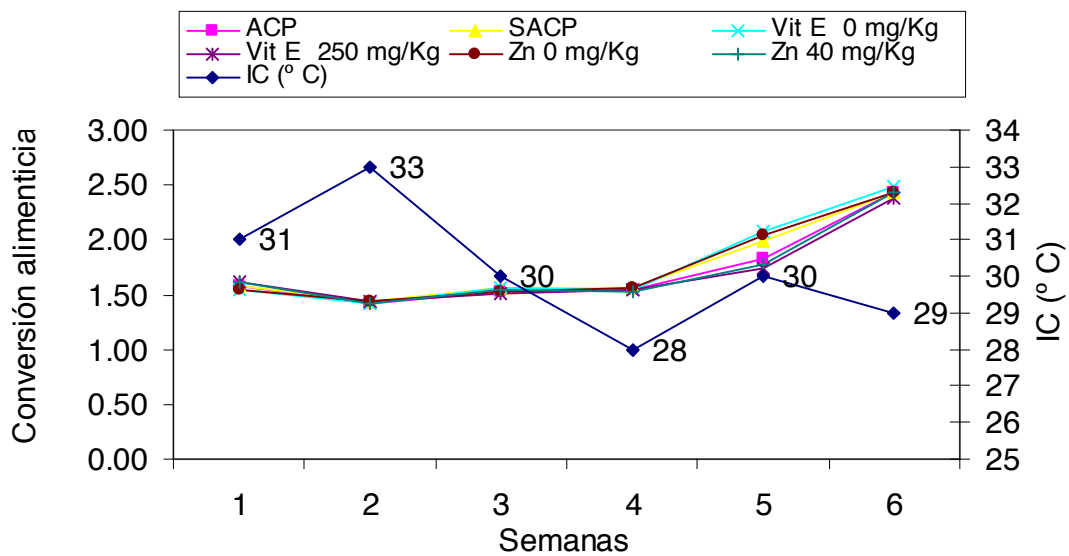


Figura 1.6. Conversión alimenticia semanal comparada con IC en pollos de engorde.

5. Mortalidad

El Cuadro 1.5 muestra que en la primera semana de crianza se encontraron diferencias significativas para los factores aclimatación y vitamina E, con mayores porcentajes de mortalidad para los tratamientos donde se aplicó aclimatación, así como en aquellos donde se suministró 250 mg/Kg de vitamina E. El acumulado de mortalidad fue significativamente diferente dentro del factor vitamina E, con una mayor mortalidad al

suministrar 250 mg/Kg. Para los otros factores no se presentaron diferencias significativas, ni interacciones.

Cuando se presentan condiciones ambientales que generan estrés calórico, las aves incrementan los mecanismos de pérdida de calor sensible por evaporación a través del jadeo, lo que provoca alcalosis respiratoria (Dibner, 2005; Sahin y Kucuk, 2003; Barlett y Smith, 2003), esto genera un aumento en la mortalidad que afecta negativamente la producción (Havenstein et al., 2003; Wang y Edens, 1998). La adición de 250 mg/Kg de vitamina E incrementó la mortalidad, lo que contradice lo reportado por Sahin et al. (2002) y Dibner (2005), quienes indican que la adición de esta cantidad de Vitamina E en la dieta tiene un efecto positivo en el desempeño productivo de pollos de engorde por la reducción de la mortalidad bajo estrés calórico.

Como se observa en la Figura 1.7, los mayores porcentajes de mortalidad se presentaron en la primera semana especialmente por la aplicación de ACP, la adición de vitamina E y la adición de zinc en las dietas. Este tiempo corresponde al periodo de aplicación inicial de los tratamientos a las aves que pudo provocar una mayor mortalidad. Por el contrario en la cuarta semana se obtuvieron los menores porcentajes de mortalidad los cuales se relacionan con el IC (28° C) más bajo.

Cuadro 1.5. Efecto de la aclimatación precoz y la adición dietética de vitamina E y zinc sobre la mortalidad en pollos de engorde.

Tratamiento	Mortalidad (%)						
	Edad (semanas)						Acumulada
	1	2	3	4	5	6	
<i>Aclimatación</i>							
ACP	2.34 a	1.03 a	0.72 a	0.00 a	0.36 a	0.72 a	5.01 a
SACP	0.34 b	0.67 a	1.05 a	0.34 a	0.69 a	0.36 a	3.35 a
EE ²	0.61	0.51	0.64	0.17	0.42	0.43	1.25
<i>Vitamina E</i>							
0 mg/Kg	0.34 a	0.34 a	0.34 a	0.34 a	0.34 a	0.34 a	2.01 a
250 mg/Kg	2.34 b	1.36 a	1.44 a	0.00 a	0.69 a	0.72 a	6.34 b
EE ²	0.61	0.48	0.59	0.17	0.42	0.43	1.10
<i>zinc</i>							
0 mg/Kg	0.67 a	0.69 a	0.72 a	0.34 a	0.36 a	1.08 a	3.68 a
40 mg/Kg	2.01 a	1.01 a	1.05 a	0.00 a	0.69 a	0.00 a	4.68 a
EE ²	0.66	0.51	0.64	0.17	0.42	0.29	1.26
Análisis de varianza							
Fuente de variación							
	Probabilidad						
ACP	0.0301	0.6255	0.7279	0.3248	0.5827	0.5247	0.3221
Vitamina E	0.0301	0.1644	0.2506	0.3248	0.5827	0.5247	0.0132
ACP*VitaE	0.1406	0.1644	0.2954	0.3248	0.5388	0.0672	0.0785
zinc	0.1406	0.6648	0.7279	0.3248	0.5827	0.0672	0.5489
ACP*zinc	0.4571	0.6648	0.6505	0.3248	0.0930	0.5247	0.8428
Vitamina E*zinc	0.4571	0.6255	0.7200	0.3248	0.5388	0.5247	0.8381
ACP*Vit.E*Zn	0.9955	0.1810	0.2506	0.3248	0.5827	0.0672	0.3192

a-b Letras distintas en una misma columna demuestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05)

¹ n = 5 jaulas por tratamiento

² EE = error estándar

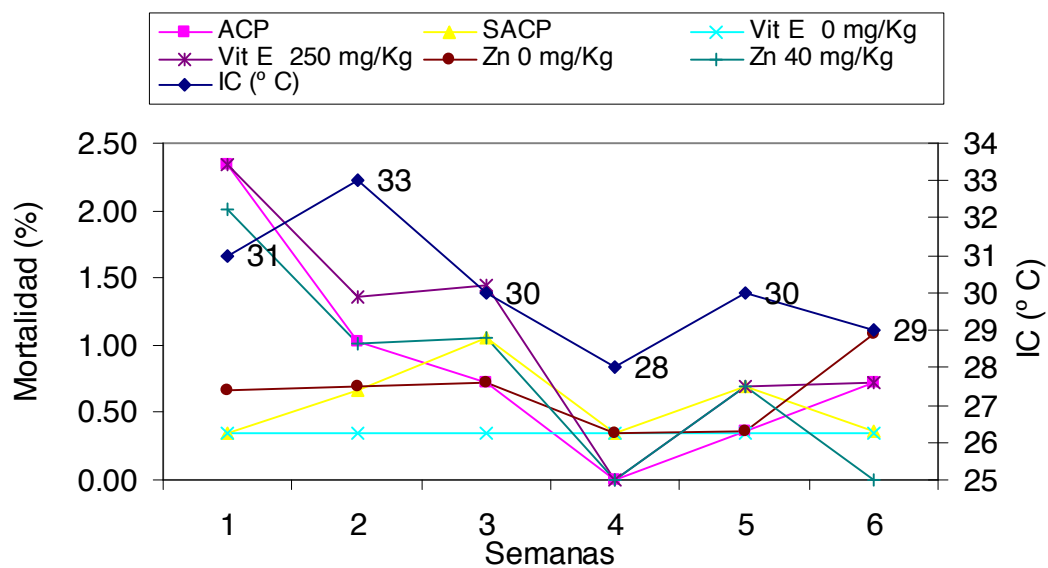


Figura 1.7. Mortalidad semanal comparada con IC en pollos de engorde.

6. Temperatura corporal

Al finalizar el periodo de crianza no se encontraron interacciones ni diferencias significativas entre los factores evaluados para temperatura corporal (Cuadro 1.6). Aunque se detectó una interacción entre ACP y zinc en la cuarta semana, no se considera de importancia porque no fue consistente en las semanas siguientes ni tampoco en los promedios finales al terminar la crianza. Por lo cual la temperatura ambiental y la humedad relativa afectaron de igual forma a las aves sin importar el tratamiento.

Aunque se considera que el estrés calórico se presenta cuando la temperatura ambiental sobrepasa 32° C (Sahin y Kucuk, 2003) se ha encontrado que los mecanismos de termorregulación en pollos de engorde se activan a partir de 25° C de temperatura ambiental (Lin et al., 2005a). Como se observa en la Figura 1.8, la temperatura corporal fue creciente en todos los tratamientos y parece tener un comportamiento independiente del IC cuando este sobrepasa los 25° C que se considera como el límite de la zona térmica neutral para los pollos de engorde. El aumento de la temperatura corporal en las aves de

este estudio es un indicativo del comportamiento fisiológico del ave sometida a estrés calórico (Laurino Dionello et al., 2002). Butcher y Miles (2003) reportan que de acuerdo con la edad del ave la temperatura corporal normal varía entre 40.6° C y 41.7° C. Sin embargo los valores encontrados en este estudio muestran que la temperatura corporal no se afectó por los tratamientos aplicados, pero si por las condiciones ambientales de alta temperatura y humedad relativa, especialmente en las dos últimas semanas de vida, posiblemente porque los mecanismos de termorregulación de pérdida de calor sensible e insensible fallaron y se incrementó la temperatura corporal (Altan et al., 2000; Lin et al., 2005b; Menten et al., 2006).

Cuadro 1.6. Efecto de la aclimatación precoz y la adición dietética de vitamina E y zinc sobre la temperatura corporal de pollos de engorde.

Tratamiento	Temperatura corporal (° C)				
	Edad (semanas)				
	2	3	4	5	6
<i>Aclimatación</i>					
ACP	40.9 a	41.4 a	41.7 a	42.2 a	42.9 a
SACP	41.0 a	41.3 a	41.8 a	42.1 a	42.9 a
EE ²	0.05	0.08	0.05	0.12	0.09
<i>Vitamina E</i>					
0 mg/Kg	40.9 a	41.3 a	41.8 a	42.2 a	42.9 a
250 mg/Kg	41.0 a	41.4 a	41.7 a	42.1 a	42.9 a
EE ²	0.05	0.08	0.05	0.12	0.09
<i>zinc</i>					
0 mg/Kg	40.9 a	41.3 a	41.8 a	42.1 a	42.9 a
40 mg/Kg	41.0 a	41.4 a	41.7 a	42.2 a	42.9 a
EE ²	0.05	0.08	0.05	0.12	0.09
Análisis de varianza					
Fuente de variación					
	Probabilidad				
ACP	0.2445	0.6514	0.4726	0.5672	0.9407
Vitamina E	0.7939	0.3473	0.5562	0.6430	0.9407
ACP*VitaE	0.4351	0.6514	0.1748	0.6824	0.8818
zinc	0.8960	0.6514	0.9477	0.7228	0.8818
ACP*zinc	0.1570	0.2380	0.0488	0.5311	0.1642
Vitamina E*zinc	0.7939	0.9018	0.5562	0.4963	0.9407
ACP*Vit.E*Zn	1.0000	0.3903	0.7432	0.3704	0.5531
a-b Letras distintas en una misma columna demuestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05)					
¹ n = 5 jaulas por tratamiento					
² EE = error estándar					

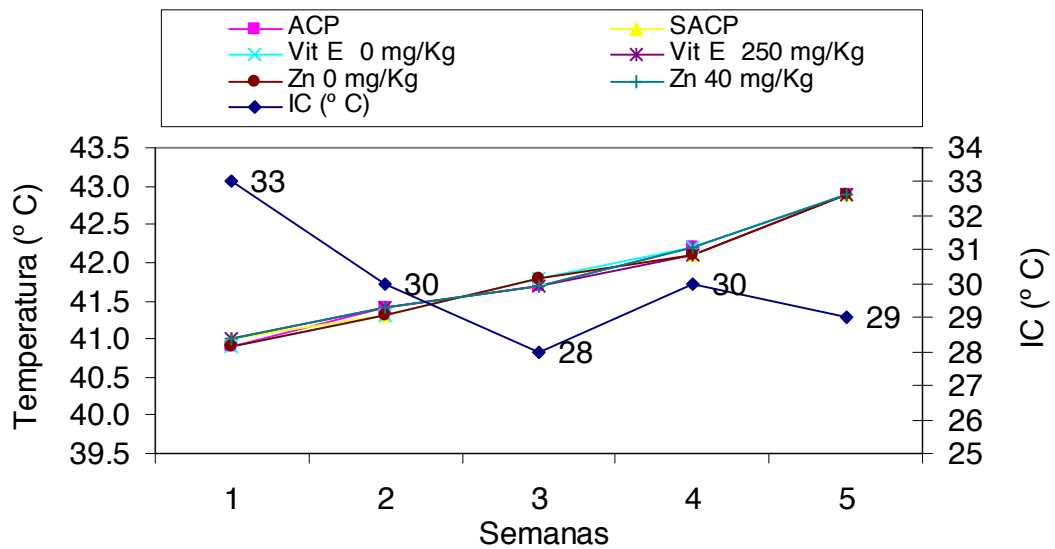


Figura 1.8. Temperatura corporal comparada con IC semanal en pollos de engorde.

7. Rendimiento en canal caliente, canal fría, grasa, pechuga y filetes

No se detectaron diferencias significativas para los factores en estudio para el RCC, RCF, RP y el RF (Cuadro 1.7). Se encontraron diferencias significativas para el factor vitamina E en la variable RGA, con menor porcentaje cuando se suministra 250 mg/Kg. Existe interacción entre los tres (3) factores para la variable RP, por lo que sus efectos son aditivos, pero la interacción está en el límite de tolerancia ($p=0.0498$), por lo que no se pudo establecer si alguna de las combinaciones entre los factores representa una ventaja competitiva en la crianza.

Geraert et al. (1996) encontraron que condiciones de estrés calórico aumentan la deposición de grasa corporal. Por tanto, la menor proporción de grasa abdominal cuando se suministró 250 mg/Kg de Vitamina E, puede ser indicativo de disminución del estrés calórico o una mejor adaptación a las condiciones de estrés.

Cuadro 1.7. Efecto de la aclimatación precoz y la adición dietética de vitamina E y zinc sobre el rendimiento en canal caliente, canal fría, grasa abdominal, pechuga deshuesada y filetes.

Tratamiento	Rendimiento (%) comparado con el peso vivo				
	RCC	RCF	RGA	RP	RF
<i>Aclimatación</i>					
ACP	68.0 a	69.0 a	1.3 a	17.0 a	3.6 a
SACP	67.6 a	68.5 a	1.2 a	16.5 a	3.4 a
EE ²	0.27	0.22	0.04	0.40	0.38
<i>Vitamina E</i>					
0 mg/Kg	67.9 a	68.9 a	1.3 a	16.7 a	3.4 a
250 mg/Kg	67.7 a	68.6 a	1.1 b	16.7 a	3.5 a
EE ²	0.26	0.21	0.04	0.40	0.38
<i>zinc</i>					
0 mg/Kg	67.6 a	68.5 a	1.2 a	16.5 a	3.4 a
40 mg/Kg	68.0 a	69.0 a	1.3 a	17.0 a	3.6 a
EE ²	0.27	0.22	0.04	0.40	0.38
Análisis de varianza					
Fuente de variación					
	Probabilidad				
ACP	0.3249	0.4924	0.6577	0.4403	0.4462
Vitamina E	0.7797	0.8422	0.0142	0.7284	0.4893
ACP*VitaE	0.3629	0.5719	0.1892	0.3999	0.4783
zinc	0.2785	0.9878	0.2535	0.4403	0.6315
ACP*zinc	0.3629	0.7712	0.9293	0.3178	0.2315
Vitamina E*zinc	0.7220	0.2813	0.7902	0.3805	0.5943
ACP*Vit.E*Zn	0.2003	0.8422	0.4268	0.0498	0.5581
a-b Letras distintas en una misma columna demuestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05)					
¹ n = 5 jaulas por tratamiento					
² EE = error estándar					

CONCLUSIONES

Según los resultados encontrados en esta investigación se puede concluir que:

- Durante toda la crianza las aves estuvieron bajo condiciones ambientales de estrés calórico con IC promedio de 30.2° C, entre el primero de octubre y el 12 de noviembre del año 2007.
- La aplicación de ACP al tercer día de edad, la adición dietética de 250 mg/KG de vitamina E y la adición dietética de 40 mg/Kg de zinc no tuvieron efectos positivos en los pollos criados bajo estrés calórico sobre la ganancia en peso, el consumo de alimento, la temperatura corporal, RCC, RCF, RP y RF.
- La adición dietética combinada de 250 mg/Kg de vitamina E y 40 mg/Kg de zinc mejoró la conversión alimenticia.
- La adición en la dieta 250 mg/Kg de vitamina E incrementó la mortalidad comparado con la no adición de la misma.
- Por el contrario para la variable RGA se encontró que la adición dietética de 250 mg/Kg de vitamina E produjo un menor porcentaje de grasa abdominal como un posible indicativo de una mejor adaptación de las aves al estrés calórico.
- Es posible utilizar la combinación de 250 mg/Kg de vitamina E y 40 mg/Kg de zinc para mejorar la conversión alimenticia, pero se debe hacer las consideraciones particulares para no afectar otros indicadores de producción como la mortalidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Abu-Dieyeh, Z.H.M., 2006. Effect of chronic heat stress and long-term feed restriction on broiler performance. *International Journal of Poultry Science* 5(2): 185-190.
- Al-Fataftah A.R.A. and Z.H.M. Abu-Dieyeh, 2007. Effect of chronic heat stress on broiler performance in Jordan. *International Journal of Poultry Science* 6(1):64-70.
- Altan O., A. Altan, M. Cabuk, and H. Bayraktar. 2000. Effect of heat stress on some blood parameters in broilers. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 24:145-148.
- Arjona A.A., D.M. Denbow and W.D. Weaver. 1988. Effects of heat stress early in life on mortality exposed to high environmental temperatures prior to marketing. *Poult. Sci.* 67:226-231.
- Barlett J.R. and M. O. Smith. 2003. Effects of different levels of zinc on the performance and immunocompetence of broiler under heat stress. *Poult. Sci.* 82:1580-1588.
- Butcher G.D. and R. Miles. 2003. Heat stress Management in broilers. University of Florida, IFAS Extension. <http://edis.ifas.ufl.edu/VM019>. Accessed Jul. 2008.
- Cobb-Vantress. 2005. Cobb broiler performance. Cobb-Vantress, Arkansas, 9 p.
- Dibner J. J., 2005. Early nutrition of zinc and cooper in chicks and poults: impact on growth and immune function. University of Maryland, Proceedings of the 3rd Mid-Atlantic Nutrition Conference. p. 23-32.
- Franco-Jimenez, D.J. and M.M. Beck. 2007. Physiological changes to transient exposure to heat stress observed in laying hens. *Poult. Sci.* 86:538-544.
- Geraert P.A., J.C. Padilha and S. Guillaumin. 1996. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: biological and endocrinological variables. *Br. J Nutr.* 75(2):205-206.
- Havenstein G.B., P.R. Ferket and M.A. Quereschi. 2003. Carcass composition and yield of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poult. Sci.* 82: 1509-1518.
- Laurino Dionello N.J., Macari Marcos, Ferro Jesús A., Rutz Fernando, Tiraboschi Ferro M.I. and Furlan Luiz R. 2002. Physiologic response associated to thermotolerance in broiler chickens of two strains for exposure to high temperature. *R.Bras.Zootec.* V.31,n.1, 79-85.
- Leshchinsky T.V. and K.C. Klasing. 2001. Relationship between the level of dietary vitamin E and the immune response of broiler chickens. *Poult. Sci.* 80:1590-1599.

- Lin H., H.F. Zhang, H.C. Jiao, T. Zhao, S.J. Sui, X.H. Gu, Z.Y. Zhang, J. Buyse, and E. Decuypere. 2005a. Thermoregulation responses of broiler chickens to humidity at different ambient temperatures. I. One week of age. *Poult. Sci.* 84:1166-1172.
- Lin H., H.F. Zhang, R. Du, X.H. Gu, Z.Y. Zhang, J. Buyse, and E. Decuypere. 2005b. Thermoregulation responses of broiler chickens to humidity at different ambient temperatures. II. Four weeks of age. *Poult. Sci.* 84:1173-1178.
- Menten J.F.M., J.A.D. Barbosa, M.A. Silva, I.J. Silva, A.M. Racanicci, A.A. Cohelo, and V.J. Savino. 2006. Physiological responses of broiler chickens to pre-slaughter heat stress. *World Poult. Sci.* Vol.62, p 254.
- National Research Council (NRC), 1994. Nutrient Requirements of Poultry. National Academy Press. Washington D.C. p. 26-32.
- National Weather Service Weather Forecast Office (NOAA's). 2008. Heat Index. http://www.crh.noaa.gov/jkl/?n=heat_index_calculator Accessed Aug. 2008.
- Olanrewaju H.A., S. Wongpichet, J.P. Thaxton, W.A. Dozier III, and S.C. Branton. 2006. Stress and acid-base balance in chickens. *Poult. Sci.* 85:1266-1274.
- Ott R.L. and M. Longnecker. 2001. Statistical methods and data analysis. 5th ed. Duxbury, Thomson Learning Inc., Pacific Grove, CA. p. 394-396.
- Rahimi G., 2005. Effect of heat shock at early growth phase on glucose and calcium regulating axis in broiler chickens. *International Journal of Poultry Science* 4(10):790-794.
- Requena F., A. León, I. Oliveros and E. Saume. 2006. Efectos del calor en la producción avícola en el trópico. *Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela - CENIAP HOY* No. 12 Septiembre-Diciembre. http://ceniap.inia.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/ceniaphoy/articulos/n12/arti/requena_f.htm Accessed Jul. 2008.
- Sahin K. O. Kucuk, N. Sahin, and M.F. Gursu. 2002. Optimal dietary concentration of vitamin E for alleviating the effect of heat stress on performance, thyroid status, ACTH and some serum metabolite and mineral concentrations in broilers. *Vet. Med – Czech*, 47, 4:110-116.
- Sahin K. and O. Kucuk. 2003. Zinc supplementation alleviates heat stress in laying japanese quail. *American Society for Nutritional Sciences*. p. 2808-2811.
- Sahin K., N. Sahin, M. Onderci, M. Gursu and M. Issi. 2003. Vitamin C and E can alleviate negative effects of heat stress in japanese quails. *Food, Agriculture and Environment*, 1(2):244-249.

- SAS Institute, 2004. SAS® / STAT guide for personal computers. Version 9.1 Edition. SAS Institute Inc. Cary, NC. p. 432.
- Uni Z., O. Gal-Garber, A. Geyra, D. Sklan and S. Yahav. 2001. Changes in growth and function of chick small intestine epithelium due to early thermal conditioning. Poult. Sci. 80:438-445.
- Wallis I.R., and D. Balnave. 1984. The influence of environmental temperature, age and sex on the digestibility of amino acids in growing broiler chickens. Br. Poult. Sci. 25:401-407.
- Wang S. and F.W. Edens. 1998. Heat conditioning induces heat shock proteins in broiler chickens and turkey poults. Poult. Sci. 77:1636-1645.
- Yahav S. and I. Plavnik. 1999. Effect of early age thermal condition and food restriction on performance and thermotolerance of male broiler chickens. Br. Poult. Sci. 40:120-126.
- Yahav S. and J.P. McMurtry. 2001. Thermotolerance in male broiler chickens by temperature conditioning early in life. The effect of timing and ambient temperature. Poult. Sci. 80:1662-1666.
- Yahav S. A. Collin, D. Shinder, and M. Picard. 2004. Thermal manipulations during broiler chick embryogenesis: effects of timing and temperature. Poult. Sci. 83:1959-1965.

CAPÍTULO II

APLICACIÓN DE ACLIMATACIÓN PRECOZ DURANTE LA PRIMERA SEMANA DE VIDA PARA EL MANEJO DE ESTRÉS CALÓRICO EN POLLOS DE ENGORDE

APPLICATION OF EARLY THERMAL CONDITIONING DURING THE FIRST WEEK OF LIFE FOR THE MANAGEMENT OF HEAT STRESS IN BROILER CHICKENS

ABSTRACT

The purpose of this investigation was to evaluate the most appropriate time for the application of early thermal conditioning (ETC) and its effect on productive performance of broiler chickens raised in a tropical environment. A total of 540 day-old birds were randomly assigned to three treatments and raised until market age (42 d) in an open house with 18 floor pens equipped with tube feeders and nipple drinkers. A completely randomized design with three (3) treatments and six (6) replicas was used in the study. Birds and feed were weighed weekly to determine body weight (BW), feed intake (FI), feed conversion (FC), and mortality. Body temperature (BT) was obtained by measuring the rectal temperature of 18 birds per treatment at the end of each week. At 42 d, a random sample of 36 birds per treatment was chosen for processing and determination of processing yields and carcass composition. The yield of hot carcass (HCY), chilled carcass (CCY), breast muscle (BMY), tender muscle (TMY), and fat pad (FPY) expressed as a percentage of the birds live weight. No significant differences among treatments were found for BW, FI, FC, BT, HCY, CCY, FPY, BMY, and TMY. The application of ETC at the first d of live provoke a higher percentage of mortality at the end of the rearing period, while the application of ETC at the third d of live resulted in a lower mortality. In conclusion, the effects on all broiler productive performance parameters except mortality rates were not significantly affected by the application of ETC at any of the days evaluated in this study.

APLICACIÓN DE ACLIMATACIÓN PRECOZ DURANTE LA PRIMERA SEMANA DE VIDA PARA EL MANEJO DE ESTRÉS CALÓRICO EN POLLOS DE ENGORDE

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue evaluar el momento más apropiado para la aplicación de aclimatación precoz (ACP) y su efecto sobre el desempeño productivo de pollos de engorde criados en el trópico. Un total de 540 pollos de engorde de un (1) d de edad fueron asignados al azar a tres (3) tratamientos y criados hasta la edad de mercado (42 d) en un rancho abierto con 18 jaulas de piso equipadas con comederos tipo tolva y bebederos de niple. Los tratamientos consistieron en exponer a aves de uno (1), tres (3) y seis (6) días de edad a una temperatura de 41° C por un periodo de 6 (seis) h. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 3 tratamientos y 6 repeticiones. Semanalmente se pesó el alimento y las aves para determinar el peso corporal (PC), el consumo de alimento (CA), la conversión alimenticia (CAL) y la mortalidad. La temperatura corporal (TC) se obtuvo midiendo la temperatura rectal de 18 aves por tratamiento al final de cada semana. A los 42 d, se escogió una muestra al azar de 36 aves por tratamiento para procesamiento y determinar los rendimientos de procesado y composición de la canal. Se calcularon los rendimientos en canal caliente (RCC), canal fría (RCF), músculos de la pechuga (RP), filetes (RF) y grasa abdominal (RGA) expresados como porcentaje del peso vivo (PV) de las aves. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos sobre las variables PC, CA, CAL, TC, RCC, RCF, RGA, RP y RF. La aplicación de ACP al primer día de edad provocó un mayor porcentaje de mortalidad al finalizar la crianza, mientras que realizar la ACP al tercer d de edad produjo una mortalidad más baja. En conclusión, los efectos en todos los parámetros de desempeño

productivo de los pollos de engorde excepto la mortalidad, no fueron afectados significativamente por la aplicación de ACP en ninguno de los días evaluados en este estudio.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de aclimatación precoz (ACP) en pollos de engorde durante la primera semana de vida se emplea para el manejo de estrés calórico en sistemas de crianza en ambientes no controlados. Existen diversos procedimientos de aplicación de ACP que varían en el momento de aplicación durante la primera semana de vida (Rahimi, 2005; Yahav et al, 2004).

En la industria avícola de pollos de engorde se exige procedimientos eficientes de producción y que alteren mínimamente el ambiente de las aves para que puedan expresar todo su potencial genético en la obtención de carne de calidad. Cuando se presenta una alta temperatura ambiental y alta humedad relativa se afecta la percepción de calor por parte de las aves, esto se conoce como temperatura aparente o índice de calor (IC) que al sobrepasar 25° C empieza a afectar negativamente a las aves y produce estrés calórico.

En la producción de pollos de engorde en regiones donde el IC a lo largo del año permanece por encima de la zona termoneutral ($> 25^{\circ}\text{C}$), las aves están expuestas permanentemente a estrés calórico y se agudiza en las dos últimas semanas de crianza por tener mayor superficie corporal y menor capacidad de pérdida de calor sensible e insensible. Yahav y McMurtry (2001) y Yahav et al. (2004) reportan que la aplicación de ACP al tercer día de vida de las aves mejora el desempeño productivo de pollos de engorde criados bajo estrés calórico.

Por lo anteriormente expuesto, se estudió en pollos de engorde alojados en ranchos abiertos y bajo condiciones ambientales naturales de estrés calórico, tres momentos de aplicación de ACP: durante el primero, tercero y sexto día de edad.

REVISION DE LITERATURA

Aclimatación precoz (ACP)

La crianza de pollos de engorde bajo ambientes de alta temperatura ambiental y alta humedad relativa en ranchos abiertos de ambiente no controlado provocan estrés calórico en las aves (Francis et al., 1991). Borges et al. (2003) y Abu-Dieyeh (2006) reportan que el estrés por calor puede afectar negativamente el desempeño productivo de las aves porque provoca una disminución en el consumo alimento, una menor ganancia en peso y un aumento en la mortalidad. Baziz et al. (1996) y Bonnet et al. (1997) encontraron que el estrés calórico causa una disminución en la utilización metabólica de nutrientes, un aumento en la producción de calor corporal, una reducción en la retención proteínica y un aumento en la deposición de grasa corporal.

Baziz et al. (1996) reportan que el peso corporal de pollos criados a 32° C fue significativamente menor (47% menos) que los criados a 22° C. Lin et al. (2005) sostienen que a altas temperaturas la producción de calor disminuye y la disipación aumenta provocando un menor desempeño productivo en pollos de engorde. Wallis y Balnave (1984) encontraron que la digestibilidad de aminoácidos desciende bajo condiciones de alta temperatura en la producción de pollos de engorde.

Una de las alternativas para disminuir estos efectos negativos es la aclimatación precoz (ACP) que consiste en someter a las aves a altas temperaturas (36 a 41° C) durante un tiempo corto (6 a 24 h) durante la primera semana de vida (Arjona et al., 1988; Laurino Dionello et al., 2002; Requena et al., 2004).

Yahav et al. (2004) reportan que la ACP es recomendable realizarla al tercer día de edad bajo una temperatura ambiental de 41° C durante 6 h. Este tiempo de ACP provoca en las aves una respuesta adaptativa ante las condiciones de calor porque se encuentran en la fase de crecimiento acelerado (Yahav y McMurtry, 2001).

No está definido el tiempo óptimo de aplicación de ACP porque las condiciones de experimentación son diferentes a las de producción comercial (De Basilio et al., 2003). Yalcin et al. (2003) reportan que la ACP al quinto día de edad bajo una temperatura de 36° C durante 24 h reduce los efectos negativos del estrés calórico en pollos de engorde. Yahav y McMurtry (2001) reportan que la aplicación de ACP al tercer día de vida bajo temperaturas entre 36.0 y 37.5° C por 24 h mejora el desempeño productivo comparado con pollos de engorde no sometidos a ACP.

Yahav et al. (1997), Yahav y Plavnik (1999) y Halevy et al. (2001) reportan que la aplicación de ACP al tercer día de vida, provoca una disminución en la ganancia en peso que se revierte 48 h después incrementando el número de células satélite que se requieren para el crecimiento muscular por hipertrofia, necesario para aprovechar el potencial de las aves en las primeras dos (2) semanas de vida. Rahimi (2005) encontró que la aplicación de ACP en pollos de engorde (36° C $\pm$ 1) durante 24 h y 70% a 80% de humedad relativa en la primera semana de vida provoca una leve reducción en la ganancia de peso que posteriormente se compensa.

OBJETIVOS

- 1.** Evaluar el efecto de la aclimatación precoz en tres momentos distintos de aplicación sobre el desempeño productivo de pollos de engorde criados en el trópico.
- 2.** Determinar el momento de aplicación de aclimatación precoz durante la primera semana de vida que brinde mejores resultados sobre el desempeño productivo.

MATERIALES Y METODOS

I. Crianza

Se utilizaron un total de 540 pollos de un (1) día de edad criados en un rancho abierto de ambiente no controlado, con cortinas para el manejo de corrientes de aire y en jaulas de piso con camada de cáscara de café. Las aves fueron distribuidas al azar hasta completar un total de 18 jaulas de 2.4 m x 2.4 m con 30 pollitos por jaula y una densidad poblacional de 0.1 m² por ave. Cada jaula se equipó con un comedero de tolva y bebederos tipo niple. Las aves fueron criadas bajo un programa de iluminación de 23 h diarias, con agua y alimento disponible a voluntad, durante todo el ciclo productivo. Se realizaron pesajes semanales de aves y alimento para determinar el peso corporal, la cantidad de alimento consumido, la ganancia en peso corporal y la conversión alimenticia.

II. Aclimatación precoz (ACP) y registro de temperatura corporal

La ACP se realizó en cuatro jaulas cerradas con material aislante, cada una con una calentadora eléctrica⁷ central, con cercos para cada réplica y un bebedero de galón por cerco (Figura 2.1). Los pollitos de uno (1), tres (3) y seis (6) d de edad recibieron una temperatura de 41° C ($\pm$ 0.5) durante 6 h. Semanalmente en la mañana se tomó la temperatura rectal de tres (3) aves por jaula durante los pesajes y se identificaron con un marcador permanente con tres (3) colores distintos (verde, rojo y azul). Posterior a la ACP se registró la temperatura con un termómetro⁸ digital insertado en la cloaca de 1 a 3 cm aproximadamente, dependiendo de la edad del ave (Abu-Dieyeh, 2006). Los registros

⁷ Calentadora eléctrica Merco Products, Modelo 251-C, 680 Watts, 120 v.

⁸ Termómetro digital flexible, Walgreens, Modelo Eq. PRT 1000.

correspondieron a las temperaturas antes y después de la aplicación de ACP para cada ave identificada por la marca de color.



Figura 2.1. Jaula de aclimatación precoz, con cercos, calentadora y termómetro.

III. Dietas y registro ambiental

Las dietas experimentales (Cuadro 2.1) se elaboraron de acuerdo con los requerimientos nutricionales basales del NRC (1994) diferenciadas en tres (3) fases, inicio (0 – 14 d), crecimiento (15 – 28 d) y terminado (29 – 42 d). La temperatura y humedad ambiental del rancho fueron monitoreadas a nivel la altura de la cabeza de las aves dependiendo de la edad con la ayuda de cuatro sensores⁹ digitales que registraron la temperatura ambiental y la humedad relativa con intervalos de 1 h.

⁹ Logger Hobo H8, temperatura y humedad relativa.

Cuadro 2.1. Composición de las dietas experimentales para las tres fases de crecimiento.

Ingrediente	Inicio	Crecimiento	Terminado
	(0-14 d)	(15-28 d)	(29-42 d)
	(%)		
Harina de Maíz	49.65	59.87	66.90
Harina de Soya	41.45	33.30	27.83
Aceite vegetal	5.55	3.69	2.38
Fosfato dicálcico	1.54	1.37	1.21
Carbonato de calcio	1.07	1.03	0.95
Premezcla de vit. y min. ¹	0.50	0.50	0.50
Sal	0.25	0.25	0.25
Análisis calculado			
Proteína, Bruta (%)	23.00	20.00	18.00
Grasa, Bruta (%)	7.45	5.92	4.84
Fibra, Bruta (%)	3.85	3.47	3.22
Ca (%)	1.00	0.90	0.80
P total (%)	0.71	0.65	0.60
P disponible (%)	0.45	0.41	0.37
E. Metab. (Mcal/kg)	3.10	3.10	3.10
Metionina (%)	0.51	0.47	0.45
Cisteína (%)	0.37	0.33	0.31
Lisina (%)	1.32	1.11	0.97
Hierro (ppm)	269.36	245.83	225.90

¹Composición de la premezcla de vitaminas y minerales, en kilogramo de dieta: Mn, 75 mg; Zn, 60 mg; Fe, 45 mg; Cu, 7.5 mg; I, 750 µg; Se, 200 µg; vitamina A, 2,000 IU; vitamina D₃, 450 IU, vitamina E, 15 mg ; vitamina K, 1.5 mg; biotina, 50 µg; colina, 400 mg; ácido fólico, 1 mg; niacina, 30 mg; vitamina B₁₂, 10 µg; tiamina, 500 µg; riboflavina, 7.5 mg; ácido pantoténico, 11 mg; piridoxina, 500 µg.

IV. Procesamiento

Al finalizar el periodo de crianza de 42 d, 10 h previo al procesamiento se escogieron al azar un total de 90 pollos (30 aves/tratamiento), se identificaron con una marquilla plástica numerada en el ala izquierda, se pesaron y se colocaron en jaulas portátiles, sin agua y sin alimento hasta el momento de matanza. El sacrificio se llevó a cabo mediante un corte lacerando la arteria carótida y vena yugular, provocando el desangre en embudos metálicos durante 1 min. Luego de desangradas las aves fueron escaldadas¹⁰ a una temperatura de 60° C por 45 s, desplumadas¹¹ mecánicamente y evisceradas manualmente. La grasa abdominal de cada canal fue removida y pesada para determinar el porcentaje respecto del peso vivo (RGA), de igual forma las canales antes del enfriamiento se pesaron para calcular el rendimiento de la canal expresada como proporción del peso vivo (RCC). Las canales se cubrieron con agua y hielo (0° C) durante 24 h, luego del enfriamiento fueron escurridas y pesadas nuevamente para calcular el rendimiento de la canal con base en el peso vivo (RCF). De cada tratamiento se tomó una submuestra de seis (6) canales por tratamiento, para un total de 18 canales las cuales fueron trozadas y se obtuvo el peso de la pechuga completa deshuesada (RP) y el porcentaje de los filetes con respecto del peso vivo (RF).

V. Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizaron un total de 540 pollos de un (1) día de edad distribuidos en tres (3) tratamientos, con seis (6) repeticiones cada uno y 30 aves por repetición. Los datos

¹⁰ Brower Scalder Model SS36SS, Brower, Houghton, IA 52631.

¹¹ Brower Picker Model BP30SS, Brower, Houghton, IA 52631.

obtenidos se evaluaron estadísticamente conforme a un diseño completamente aleatorizado, con tres (3) tratamientos que consistieron en la aplicación de ACP al primer (1) d, ACP al tercer (3) d y ACP al sexto (6) d de edad, con 6 repeticiones y 30 aves por repetición. El modelo incluyó los efectos de aclimatación precoz según el día de aplicación, como fuente de variación. Los datos obtenidos fueron evaluados por un análisis de varianza (ANAVA) utilizando el método Lineal General de SAS (SAS Institute, 2004). Se utilizó la prueba de Tukey para identificar la existencia de diferencias entre las medias de los tratamientos. Se utilizó un nivel de probabilidad de $P \leq 0.05$ para todas las aseveraciones de significancia.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

donde:

μ = media de la población

α = factor aclimatación precoz

i = niveles del factor aclimatación precoz (día 1, día 3 y día 6)

j = representa las repeticiones

ε_{ij} = error experimental

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Temperatura ambiental y humedad relativa

En las figuras 2.2 y 2.3 se muestran los valores de temperatura ambiental y humedad relativa registrados entre octubre 15 y noviembre 26 del año 2007. En promedio la temperatura ambiental en el interior del rancho fue 26.8° C, con un IC¹² de 29.0° C. El valor diario más bajo fue 23.9° C y el más alto fue 29.7° C. La temperatura mínima registrada fue 19.4° C (5:40 am) y la máxima fue 38.3° C (10:40 am).

En promedio el interior del rancho tuvo una humedad relativa de 75.2 %. Los valores diarios fluctuaron entre 59.7 % y 90.6 %. La más baja humedad relativa registrada fue 30.7 % (1:40 pm) y la más alta fue 92.5 % (7:40 pm). En este estudio, la temperatura ambiental promedio fue decreciente debido principalmente a la presencia de lluvias en la zona, lo cual provocó un aumento en la humedad relativa ambiental que aumentó el IC por encima de la zona de confort (25° C) de las aves y se manifestó en jadeo constante al finalizar la crianza (Al-Fataftah y Abu-Dieyeh, 2007). El IC es crítico a medida que las aves tienen más masa corporal porque la superficie de intercambio calórico aumenta y los mecanismos de termorregulación son más exigentes en el organismo.

¹² National Weather Service Weather Forecast Office (NOAA`s).

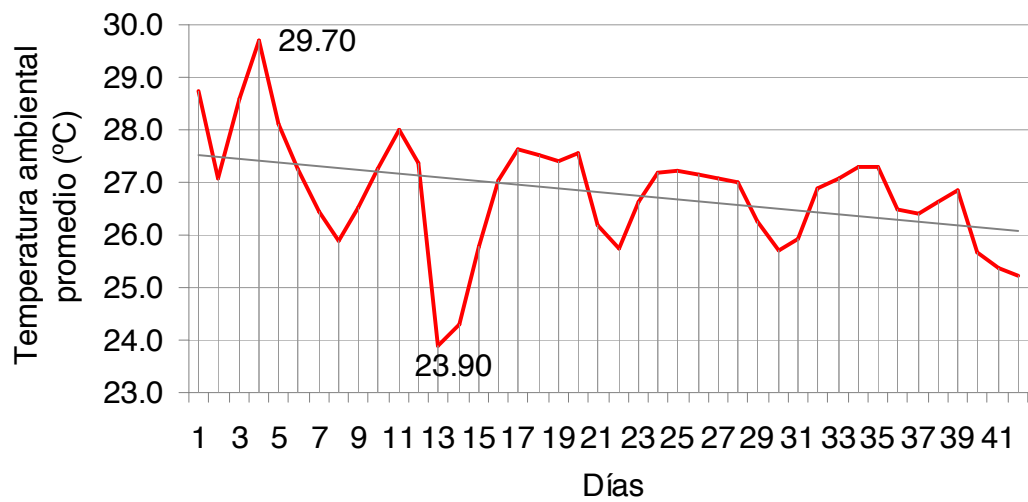


Figura 2.2. Variación de la temperatura ambiental promedio diaria entre el 15 de octubre y el 26 de noviembre de 2007.

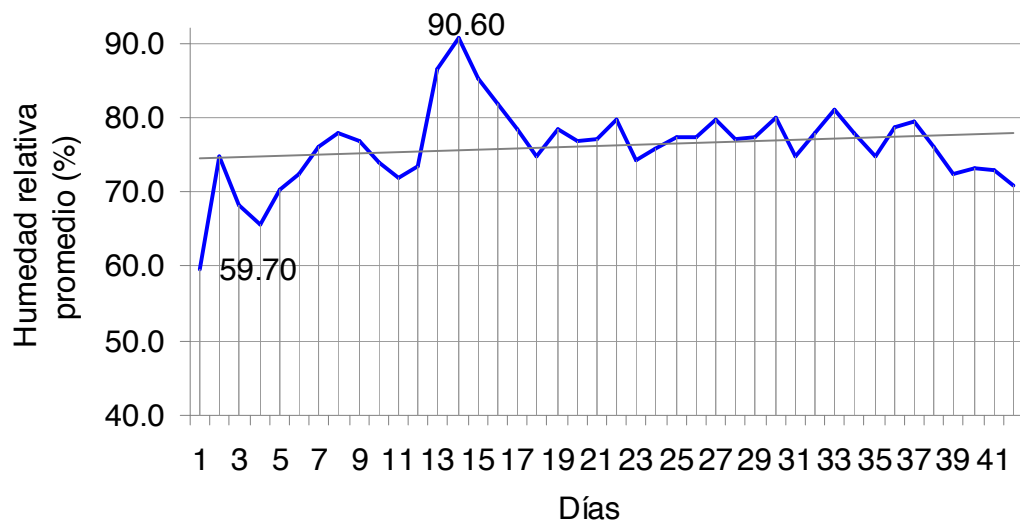


Figura 2.3. Variación de la humedad relativa promedio diaria entre el 15 de octubre y el 26 de noviembre de 2007.

2. Peso corporal

El Cuadro 2.2 muestra que al finalizar la crianza no se observaron diferencias significativas entre los días de aplicación de ACP para la variable peso corporal. La aplicación de ACP al primero y sexto día de edad provocó efectos negativos significativos en el peso corporal en la segunda semana comparado con la aplicación de ACP al tercer día de edad que obtuvo mayor peso corporal. Al final de la crianza el mayor peso corporal se obtuvo cuando se aplicó ACP al tercer día de edad, seguido de la aplicación al sexto y al primer día, respectivamente.

Lo encontrado en este estudio concuerda con lo reportado por Yahav et al. (2004) quienes sometieron a pollitos de tres (3) d de edad a ACP durante 6 h a una temperatura de 41° C y encontraron una temperatura corporal significativamente mayor a las 18 h post tratamiento y una disminución significativa de la ganancia en peso en la segunda semana de vida asociada con menores valores plasmáticos de T3 al aplicar ACP (Mitchell y Carlisle, 1992; Uni et al., 2001; Collin et al., 2005; Requena et al., 2006; Menten et al., 2006), seguida de una respuesta del organismo en ese tiempo de exposición calórica mediante un crecimiento compensatorio 48 h post tratamiento, logrando pesos mayores al final de la crianza que compensaron las pérdidas iniciales (Uni et al., 2001).

En este estudio desde los 21 d de edad hasta terminar el periodo de crianza (42 d) no se presentaron diferencias entre los tratamientos. Esto debido posiblemente a que las aves tuvieron una adaptación a la alta temperatura a través de los mecanismos de respuesta fisiológica al estrés calórico (Arjona et al., 1998; Laurino Dionello et al., 2002; Rahim, 2005; Olanrewaju et al., 2006).

Cuadro 2.2. Efecto de la aplicación de ACP a 1, 3 y 6 días de edad sobre el peso corporal de pollos de engorde criados durante 42 días.

Edad del ave (d) al momento de aplicación de ACP	Peso Corporal (g)					
	Edad (Semanas)					
	1	2	3	4	5	6
<i>Día 1</i>	125.3 a	325.7 a	643.2 a	1,090.8 a	1,557.8 a	2,048.5 a
<i>Día 3</i>	128.7 a	344.0 b	643.0 a	1,107.7 a	1,602.3 a	2,081.8 a
<i>Día 6</i>	122.8 a	323.7 a	639.0 a	1,076.3 a	1,569.5 a	2,077.5 a
EE ²	1.77	4.54	9.67	16.99	28.39	27.91

Análisis de varianza

Fuente de variación

	Probabilidad					
Tratamiento	0.105	0.0171	0.9426	0.4644	0.5459	0.6811

a-b Letras distintas en una misma columna demuestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05)

¹ n = 6 jaulas por tratamiento

² EE = error estándar

En la Figura 2.4 se observa que la ganancia en peso no fue dependiente del IC registrado en el periodo de estudio comprendido entre el 15 de octubre y el 26 de noviembre de 2007. Esto es debido a que el mínimo valor de IC fue 28° C que está por sobre el límite termoneutral de 25° C (Al-Fataftah y Abu-Dieyeh, 2007) y las aves estuvieron sometidas a estrés calórico durante todo el periodo de crianza.

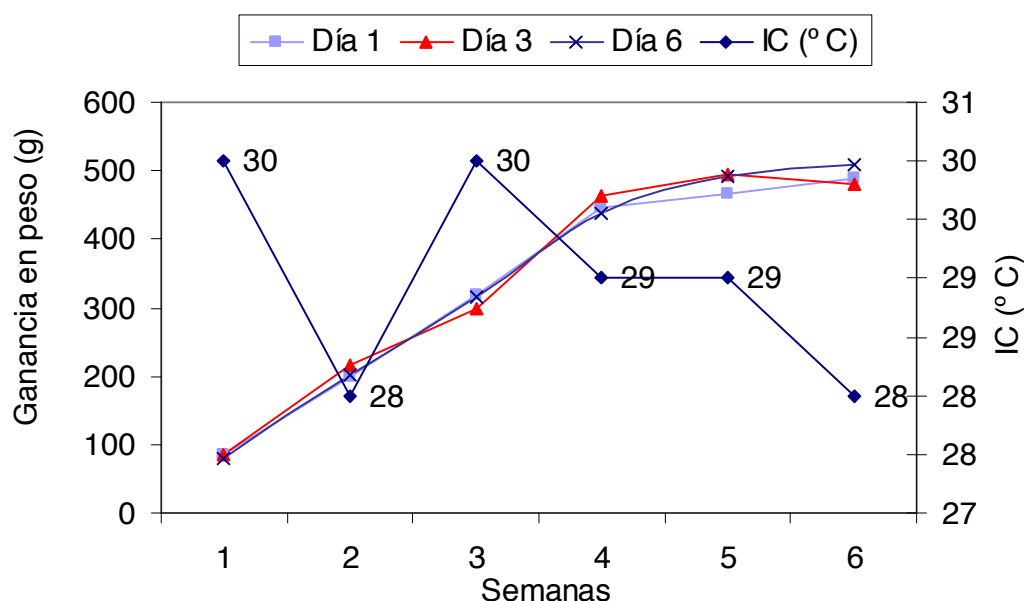


Figura 2.4. Ganancia en peso semanal comparada con IC en pollos de engorde.

3. Consumo de alimento

No se encontraron diferencias significativas entre los tres tratamientos evaluados para el consumo de alimento acumulado a los 42 días de edad (Cuadro 2.3). En la primera y segunda semana se encontraron diferencias significativas para consumo de alimento semanal, obteniendo mayores consumos para el tratamiento aplicado el tercer día respecto del sexto día, en la semana cinco (5) el consumo de alimento fue mayor para el tratamiento aplicado al tercer día con respecto al aplicado al del primer día de edad.

Las diferencias semanales observadas en el consumo de alimento se debieron posiblemente a que el consumo se afectó de manera transitoria y se compensó durante los siguientes días, pero obteniéndose resultados similares al finalizar la crianza. Según lo reportado por Yahav y Plavnik (1999), Uni et al. (2001), Yahav et al. (2004) y Rahim (2005) 48 h después de someter a los pollos a estrés calórico empieza un consumo de alimento y un crecimiento compensatorio. El consumo de alimento acumulado no

presentó diferencias significativas, pero se afectó negativamente respecto del valor de referencia de la línea genética de 4,622 g a los 42 d de vida (Cobb-Vantress, 2005). Esto posiblemente debido a que la alta temperatura ambiental provocó una reducción en la ingesta de alimento durante todo el periodo de producción. Al-Fataftah y Abu-Dieyeh (2007) reportan que los receptores térmicos periféricos del ave en respuesta al estrés por calor transmiten un impulso de supresión nerviosa al centro del apetito en el hipotálamo, causando una disminución severa del consumo de alimento.

Cuadro 2.3. Efecto de la aplicación de ACP a 1, 3 y 6 días de edad sobre el consumo de alimento en pollos de engorde criados durante 42 días.

Edad del ave (d) al momento de aplicación de ACP	Consumo de Alimento (g) semanal						
	Edad (semanas)						
	1	2	3	4	5	6	Acumulado
Día 1	95.0 ab	268.3 ab	466.7 a	713.3 a	721.7 a	1,006.7 a	3,360.0 a
Día 3	100.0 a	290.0 a	473.3 a	736.7 a	895.0 b	1,048.3 a	3,571.7 a
Día 6	86.7 b	258.3 b	468.3 a	701.7 a	796.7 ab	1,063.3 a	3,485.0 a
EE ²	2.31	6.24	8.07	19.90	42.06	24.15	74.03

Análisis de varianza

Fuente de variación

	Probabilidad						
Tratamiento	0.004	0.0105	0.8448	0.4716	0.0439	0.3301	0.1702

a-b Letras distintas en una misma columna demuestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05)

¹ n = 6 jaulas por tratamiento

² EE = error estándar

En la Figura 2.5 se observa que el consumo de alimento no fue dependiente del IC registrado en el periodo de estudio comprendido entre el 15 de octubre y el 26 de noviembre de 2007. En la quinta semana de vida el consumo de alimento fue significativamente mayor en el tratamiento de ACP al tercer día de edad comparado con la aplicación de ACP al primer día de edad.

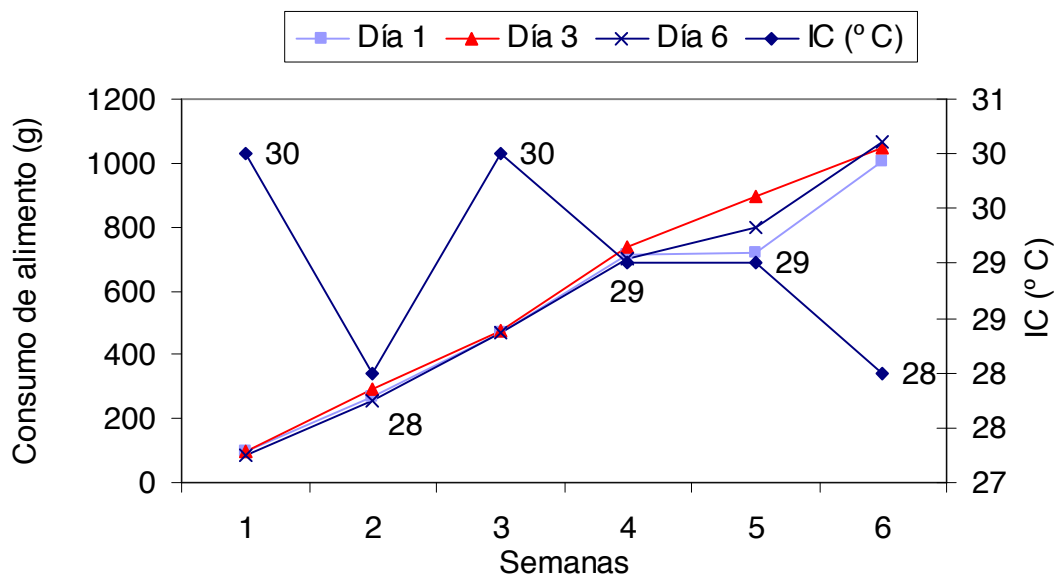


Figura 2.5. Consumo de alimento semanal comparado con IC en pollos de engorde.

4. Conversión alimenticia

En el Cuadro 2.4 se muestra que no se encontraron diferencias significativas en los valores de conversión alimenticia semanal y acumulada final entre los tratamientos de ACP. Esto evidencia que las diferencias en la ganancia en peso corporal y el consumo de alimento en las semanas donde se presentaron diferencias significativas no influyeron en la conversión alimenticia entre los tratamientos.

En este estudio se encontró que las diferencias entre ganancia en peso corporal y consumo de alimento no tuvieron influencia en los resultados de conversión alimenticia,

distinto a lo reportado por Borges et al. (2003) y Francis et al. (1991) que el estrés calórico causa efectos negativos en las aves cuando se someten a estrés calórico crónico, afectando la tasa de crecimiento, la conversión alimenticia y la sobrevivencia. Debido a que las temperaturas promedio durante este experimento estuvieron por encima de 25° C (26.8° C) la conversión alimenticia aumentó en todos los tratamientos, posiblemente por la disminución en el consumo de alimento. Esto concuerda con lo reportado por Cooper y Washburn (1998), Al-Fataftah y Abu-Dieyeh (2007), quienes encontraron que pollos criados por debajo de 25° C tuvieron una mayor tasa de crecimiento, una menor conversión alimenticia y una mortalidad más baja comparados con aquellos sometidos a estrés por calor (entre 25° C y 32° C).

Como se observa en la Figura 2.6 la conversión alimenticia semanal no fue dependiente del IC. La aplicación de ACP en el tercer día de edad resultó en conversiones alimenticias más altas comparado con los otros dos (2) tratamientos, aunque no fueron diferencias significativas, si representan una variación importante a tener en cuenta en estudios posteriores.

Cuadro 2.4. Efecto de la aplicación de ACP a 1, 3 y 6 días de edad sobre la conversión alimenticia en pollos de engorde criados durante 42 días.

Edad del ave (d) al momento de aplicación de ACP	Conversión alimenticia semanal						
	Edad (semanas)						Acumulada
	1	2	3	4	5	6	
Día 1	1.09 a	1.35 a	1.48 a	1.59 a	1.56 a	2.06 a	1.67 a
Día 3	1.16 a	1.36 a	1.60 a	1.59 a	1.80 a	2.20 a	1.75 a
Día 6	1.12 a	1.29 a	1.49 a	1.60 a	1.61 a	2.10 a	1.69 a
EE ²	0.018	0.025	0.032	0.019	0.080	0.066	0.025

Análisis de varianza

Fuente de variación

	Probabilidad						
Tratamiento	0.118	0.1418	0.0712	0.8957	0.128	0.3244	0.0819

a-b Letras distintas en una misma columna demuestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05)

¹ n = 6 jaulas por tratamiento

² EE = error estándar

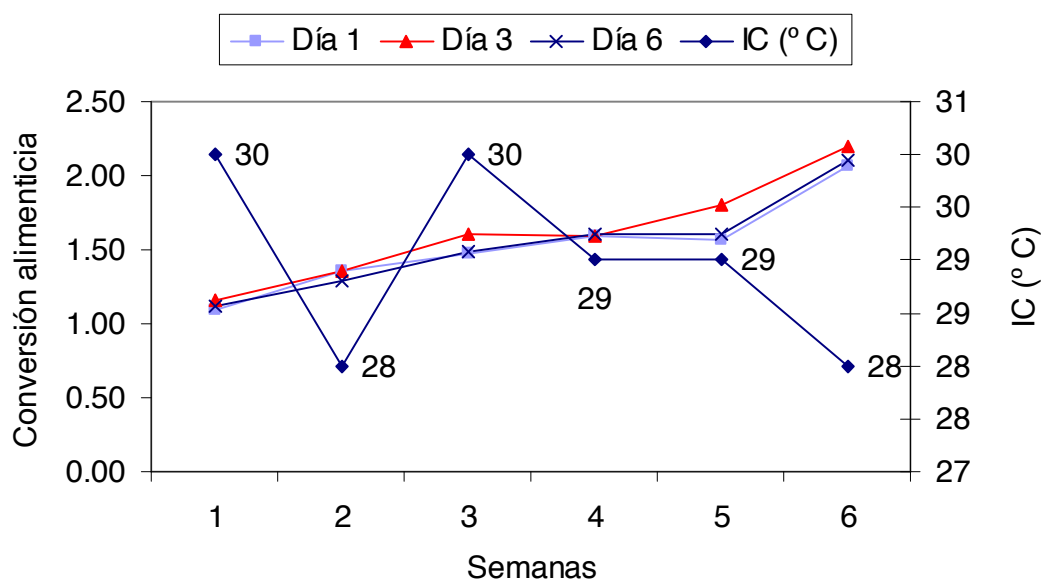


Figura 2.6. Conversión alimenticia comparada con IC en pollos de engorde.

5. Mortalidad

En el Cuadro 2.5 se muestra que se encontraron diferencias significativas en mortalidad entre los tratamientos durante la primera semana de vida. Se determinó que la aplicación de ACP al primer día de edad produce una mayor mortalidad que al aplicarse al tercer y sexto día de edad. Para la mortalidad acumulada los menores valores se encontraron al aplicar la ACP el tercer día, respecto del primer día.

La aplicación de ACP al tercer día de vida fue efectiva en mantener una mortalidad baja durante la crianza. Estos resultados concuerdan con Yahav y Plavnik (1999) y Rahimi (2005) quienes reportan que la edad óptima de aplicación de ACP en pollos de engorde es al tercer día de edad. La mortalidad asociada con el estrés calórico crónico está sustentada en lo que encontraron Francis et al. (1991), Franco-Jimenez y Beck (2007), porque el estado de salud de las aves se deteriora con un ambiente caluroso.

Aunque se recomienda aplicar la aclimatación precoz durante la primera semana de vida (Arjona et al., 1998; Uni et al., 2001; Yahav y McMurtry, 2001; Laurino Dionello et al., 2002; Yalcin 2003; Requena et al., 2004; Rahimi 2005), de acuerdo con los resultados de este estudio en cuanto a mortalidad no se recomienda aplicar ACP al primer día de vida. La aclimatación precoz por un periodo de seis (6) h al tercer día, bajo una temperatura de 41 ° C tiene un efecto positivo en la supervivencia de las aves al final de la crianza, tal y como lo sugiere Yahav et al. (2004). Esto representa una ventaja frente a otros procedimientos de mayor tiempo de exposición calórica como lo reportados por Yalcin et al. (2003), Requena et al. (2004) y Rahimi (2005) de 24 h de ACP con temperaturas ambientales que fluctúan entre 36° C y 40° C.

Cuadro 2.5. Efecto de la aplicación de ACP a 1, 3 y 6 días de edad sobre la mortalidad de pollos de engorde criados durante 42 días.

Edad del ave (d) al momento de aplicación de ACP	Mortalidad (%)						
	Edad (Semanas)						
	1	2	3	4	5	6	Acumulada
Día 1	3.9 a	1.2 a	1.7 a	0.6 a	0.0 a	0.0 a	9.4 a
Día 3	0.6 b	0.0 a	0.6 a	0.6 a	0.0 a	0.0 a	2.3 b
Día 6	0.6 b	1.2 a	0.0 a	1.7 a	0.0 a	1.2 a	6.1 ab
FE ²	1.63	0.63	0.57	0.63	0.00	0.39	1.45

Análisis de varianza

Fuente de variación

	Probabilidad					
Tratamiento	0.0269	0.5057	0.2760	0.4165	0.3911	0.0525

a-b Letras distintas en una misma columna demuestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05)

¹ n = 6 jaulas por tratamiento

² EE = error estándar

En la Figura 2.7 se muestra que durante la primera semana de vida se presentó el mayor valor de mortalidad cuando se aplicó la ACP al primer día de edad y se mantuvo con esa tendencia hasta la tercera semana. En la cuarta y sexta semana de crianza la mortalidad fue mayor cuando se aplicó la ACP al sexto día de edad.

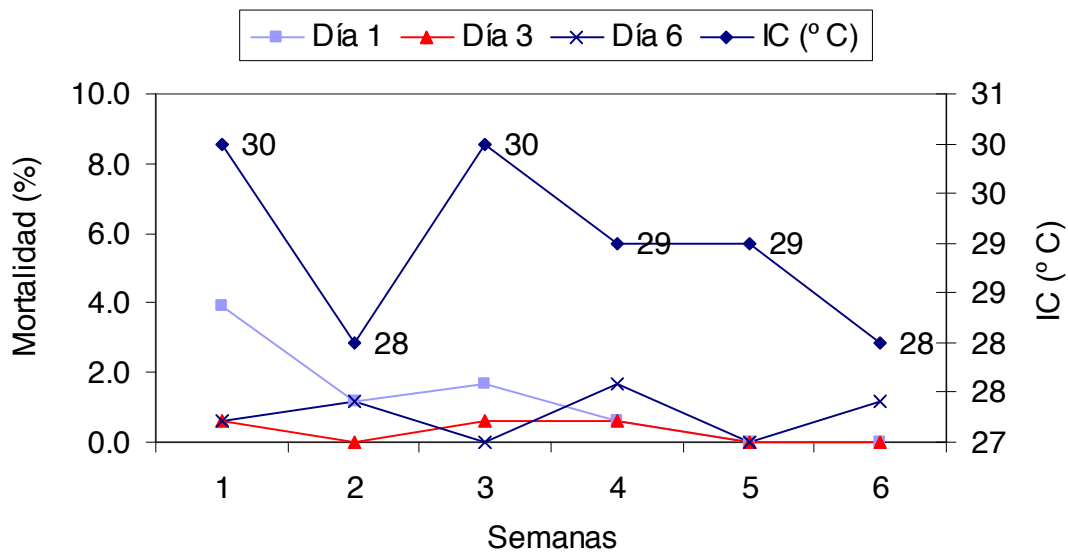


Figura 2.7. Mortalidad comparada con IC en pollos de engorde.

6. Temperatura corporal

No se encontraron diferencias significativas entre la temperatura corporal de las aves de los tratamientos evaluados durante la crianza (Cuadro 2.6). En general, los valores de temperatura corporal estuvieron de acuerdo con las temperaturas corporales normales para pollos de engorde (Butcher y Miles, 2003). Únicamente en la quinta semana se presentaron valores de temperatura corporal superiores en todos los tratamientos (Figura 2.8), lo cual pudo ser debido al alto IC (29° C) que afectó a las aves por ser más susceptibles al estrés calórico en la última fase de crianza y se observó que la temperatura corporal de las aves disminuyó en la sexta semana de crianza con un IC de

28° C. Contrario a lo expresado por Altan et al. (2000) y Lin et al. (2005), cuando se presenta alta temperatura y humedad se aumenta la temperatura corporal porque fallan los mecanismos de termorregulación del ave, pero en este estudio no se encontró valores superiores a los que se considera como normales en este tipo de ave, lo que puede indicar que la ACP en cualquiera de los casos, contribuyó a la disminución de la temperatura corporal.

Cuadro 2.6. Efecto de la aplicación de ACP a 1, 3 y 6 días de edad sobre la temperatura corporal de pollos de engorde criados durante 42 días.

Edad del ave (d) al momento de aplicación de ACP	Temperatura Corporal (° C)					
	Edad (Semanas)					
	1	2	3	4	5	6
<i>Día 1</i>	41.4 a	41.6 a	41.5 a	41.8 a	42.1 a	41.9 a
<i>Día 3</i>	41.4 a	41.5 a	41.3 a	41.7 a	42.3 a	41.6 a
<i>Día 6</i>	41.4 a	41.6 a	41.4 a	41.6 a	42.2 a	41.9 a
EE ²	0.11	0.06	0.07	0.08	0.09	0.16

Análisis de varianza

Fuente de variación

	Probabilidad					
Tratamiento	0.977	0.4464	0.2021	0.3944	0.3728	0.2344

a-b Letras distintas en una misma columna demuestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05)

¹ n = 6 jaulas por tratamiento

² EE = error estándar

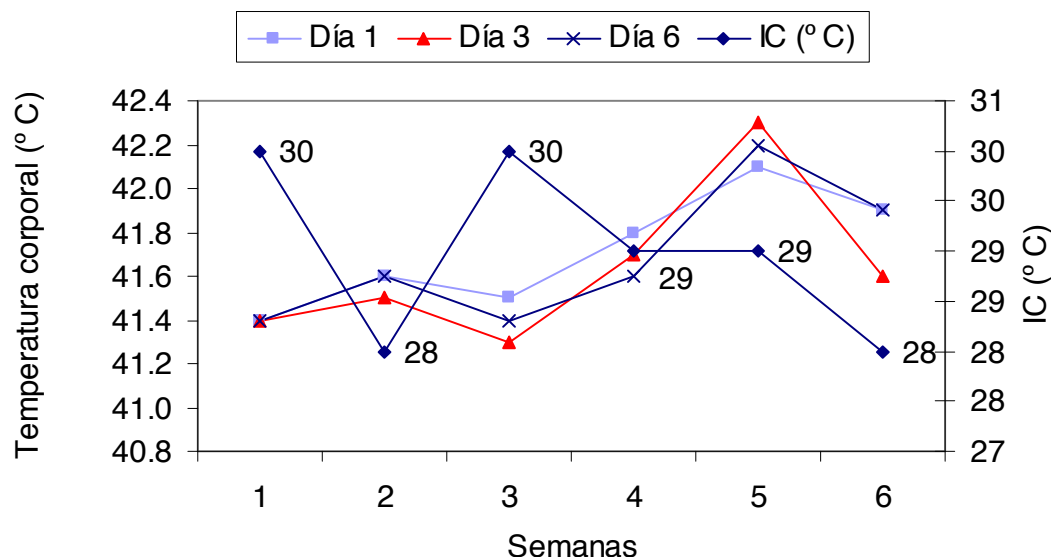


Figura 2.8. Temperatura corporal comparada con IC en pollos de engorde.

7. Rendimiento en canal caliente, canal fría, grasa, pechuga y filetes

En el Cuadro 2.7 se muestra que no se detectaron diferencias significativas para los tratamientos evaluados, en cuanto a RCC, RCF, RGA, RP y RF.

Uno de los principales efectos causados por el estrés calórico es la obtención de menores pesos corporales, específicamente por la baja síntesis de proteína muscular (Geraert et al., 1996; Requena et al., 2006), pero en este experimento no fue posible detectar si el calor produjo o no efectos, porque los valores fueron significativamente similares. De igual forma, la deposición de grasa es otro de las consecuencias del estrés calórico (Baziz et al., 1996; Geraert et al. 1996; Bonnet et al., 1997), pero los valores obtenidos no tuvieron diferencias significativas, aunque comparados con los resultados del experimento 1, parecen similares a aquellos que respondieron positivamente al

tratamiento con Vitamina E, lo que puede ser un indicador de adaptación al estrés calórico en los tres (3) tratamientos evaluados.

Cuadro 2.7. Efecto de la aplicación de ACP a 1, 3 y 6 días de edad sobre el RCC, el RCC, el RGA, el RP y el RF de pollos de engorde criados durante 42 días.

Edad del ave (d) al momento de aplicación de ACP	Rendimiento (%)				
	RCC	RCF	RGA	RP	RF
<i>Día 1</i>	67.0 a	68.3 a	1.0 a	17.8 a	3.5 a
<i>Día 3</i>	67.6 a	68.9 a	1.1 a	17.9 a	3.4 a
<i>Día 6</i>	67.9 a	69.0 a	1.0 a	18.7 a	3.5 a
EE ²	0.27	0.19	0.06	1.15	0.30

Análisis de varianza

Fuente de variación

Probabilidad

Tratamiento	0.065	0.4551	0.4425	0.7568	0.3564
-------------	-------	--------	--------	--------	--------

a-b Letras distintas en una misma columna demuestran diferencias estadísticamente significativas (p<0.05)

¹ n = 6 jaulas por tratamiento

² EE = error estándar

CONCLUSIONES

Según los resultados encontrados en la investigación se puede concluir que:

- Durante toda la crianza las aves estuvieron bajo condiciones ambientales de estrés calórico con IC promedio de 29.0° C, entre el 15 de octubre y el 26 de noviembre del año 2007.
- La aplicación de ACP al primer, tercer y sexto día de edad no presentó diferencias significativas sobre las variables peso corporal, consumo de alimento, conversión alimenticia, temperatura corporal, RCC, RCF, RGA, RP y RF.
- La aplicación de ACP al primer día de vida provocó una mayor mortalidad al final de la crianza comparado con la aplicación al tercer día.
- La aclimatación precoz causa efectos negativos en los días posteriores a su aplicación, los cuales son compensados y no se evidencian al final de la crianza.
- Aunque no se encontró diferencias entre los tratamientos, al comparar los valores de RGA con los obtenidos en el experimento del Capítulo 1, se observa que son similares a los que se obtuvo con la adición de vitamina E.
- La temperatura corporal en este experimento fue comparativamente menor con el experimento del Capítulo 1, lo que indicaría una adaptación al las condiciones de estrés.
- La aclimatación precoz causa efectos negativos en las primeras semanas de vida, posterior a su aplicación, pero no se refleja en el desempeño de la crianza al final.

Bibliografía

- Abu-Dieyeh, Z.H.M., 2006. Effect of chronic heat stress and long-term feed restriction on broiler performance. *International Journal of Poultry Science* 5(2): 185-190.
- Al-Fataftah A.R.A. and Z.H.M. Abu-Dieyeh, 2007. Effect of chronic heat stress on broiler performance in Jordan. *International Journal of Poultry Science* 6(1):64-70.
- Altan O., A. Altan, M. Cabuk, and H. Bayraktar. 2000. Effect of heat stress on some blood parameters in broilers. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 24:145-148.
- Arjona A.A., D.M. Denbow and W.D. Weaver. 1988. Effects of heat stress early in life on mortality exposed to high environmental temperatures prior to marketing. *Poult. Sci.* 67:226-231.
- Baziz, H.A., P.A. Geraert, J.C.F. Padilha and S. Guillaumin. 1996. Chronic heat exposure enhances fat deposition and modifies muscle and fat partition in broiler carcasses. *Poultry Science Association, Inc.* 75(4):505-513.
- Bonnet S., P.A. Geraert, M. Lessire, B. Carre and S. Guillaumin. 1997. Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers. *Poult. Sci.* 76:857-863.
- Borges S.A., A.V. Fisher da Silva, J. Ariki, D.M. Hooge and K.R. Cummings. 2003. Dietary electrolyte balance for broiler chickens under moderately high ambient temperatures and relative humidities. *Poult. Sci.* 82:381-308.
- Butcher G.D. and R. Miles. 2003. Heat stress Management in broilers. University of Florida, IFAS Extension. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/files/VM/VM01900.pdf> Accessed Jul. 2008.
- Cobb-Vantress. 2005. Cobb broiler performance. Cobb-Vantress, Arkansas, 9 p.
- Collin A., M. Picard and S. Yahav. 2005. The effect of duration of thermal manipulation during broiler chick embryogenesis on body weight and body temperature of post-hatched chicks. *INRA, EDP. Anim. Res.* 54:105-111.
- Cooper M.A. and K.W. Washburn. 1998. The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broiler under heat stress. *Poult. Sci.* 77:237-242.
- De Basilio V., F. Requena, A. León, M. Vilariño, and M. Picard. 2003. Early age thermal conditioning immediately reduces body temperature of broiler chicks in a tropical environment. *Pout. Sci.* 82:1235-1241.

- Francis C.A., M.G. MacLeod. and J.E. Anderson. 1991. Alleviation of acute heat stress by food withdrawal or darkness. *Br. Poult. Sci.* 32(1):219-25.
- Franco Jimenez, D.J. and M.M. Beck. 2007. Physiological changes to transient exposure to heat stress observed in laying hens. *Poult. Sci.* 86:538-544.
- Geraert P.A., J.C. Padilha and S. Guillaumin. 1996. Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: biological and endocrinological variables. *Br J Nutr.* 75(2):205-16.
- Halevy O., A. Krispin, Y. Leshem, J. McMurtry and S. Yahav. 2001. Early age heat stress accelerates skeletal muscle satellite cell proliferation and differentiation in chicks. *Am. J. Physiol.* 281:R302-309.
- Laurino Dionello N.J., Macari Marcos, Ferro Jesús A., Rutz Fernando, Tiraboschi Ferro M.I. and Furlan Luiz R. 2002. Physiologic response associated to thermotolerance in broiler chickens of two strains for exposure to high temperature. *R.Bras.Zootec.* V.31, n.1, 79-85.
- Lin H., H.F. Zhang, R. Du, X.H. Gu, Z.Y. Zhang, J. Buyse, and E. Decuypere. 2005. Thermoregulation responses of broiler chickens to humidity at different ambient temperatures. II. Four weeks of age. *Poult. Sci.* 84:1173-1178.
- Menten J.F.M., J.A.D. Barbosa, M.A. Silva, I.J. Silva, A.M. Racanicci, A.A. Cohelo, and V.J. Savino. 2006. Physiological responses of broiler chickens to pre-slaughter heat stress. *World Poult. Sci.* 62: p. 254.
- Mitchell M.A. and A.J. Carlisle. 1992. The effects of chronic exposure to elevated environmental temperature on intestinal morphology and nutrient absorption in the domestic fowl (*Gallus domesticus*). *Comp. Biochem. Physiol.* 101A:137-142.
- National Weather Service Weather Forecast Office (NOAA`s). 2008. Heat Index. http://www.crh.noaa.gov/jkl/?n=heat_index_calculator Accessed Aug. 2008.
- National Research Council (NRC). 1994. Nutrient Requirements of Poultry. National Academy Press. Washington D.C. p. 26-32.
- Olanrewaju H.A., S. Wongpichet, J.P. Thaxton, W.A. Dozier III, and S.C. Branton. 2006. Stress and acid-base balance in chickens. *Poult. Sci.* 85:1266-1274.
- Rahimi G. 2005. Effect of heat shock at early growth phase on glucose and calcium regulating axis in broiler chickens. *International Journal of Poultry Science* 4(10): 790-794.
- Requena F., V. De Basilio, A. León and M. Picard. 2004. La aclimatación precoz de pollos de engorde: una técnica promisoría en clima tropical. *Revista Digital del*

Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela - CENIAP HOY No. 6 Septiembre-Diciembre. http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy3/articulos/n6/arti/requena_f/arti/requena_f.htm Accessed Jul. 2008.

Requena F., A. León, I. Oliveros and E. Saume. 2006. Efectos del calor en la producción avícola en el trópico. Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela - CENIAP HOY No. 12 Septiembre-Diciembre. http://ceniap.inia.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/ceniaphoy/articulos/n12/arti/requena_f.htm Accessed Jul. 2008.

SAS Institute, 2004. SAS® / STAT guide for personal computers. Version 9.1 Edition. SAS Institute Inc. Cary, NC. p. 432.

Uni Z., O. Gal-Garber, A. Geyra, D. Sklan and S. Yahav. 2001. Changes in growth and function of chick small intestine epithelium due to early thermal conditioning. Poult. Sci. 80:438-445.

Wallis I.R., and D. Balnave. 1984. The influence of environmental temperature, age and sex on the digestibility of amino acids in growing broiler chickens. Br. Poult. Sci. 25:401-407.

Yahav S., A. Shamai, A. Haberfeld, G. Horev, S. Hurwitz and M. Einat. 1997. Induction of thermotolerance in chickens by temperature conditioning: heat shock protein expression. Ann NY Acad Sci. 813:628-636.

Yahav S. and I. Plavnik. 1999. Effect of early age thermal condition and food restriction on performance and thermotolerance of male broiler chickens. Br. Poult. Sci. 40:120-126.

Yahav S. and J.P. McMurtry. 2001. Thermotolerance in male broiler chickens by temperature conditioning early in life. The effect of timing and ambient temperature. Poult. Sci. 80:1662-1666.

Yahav S., R. Sasson Rath and D. Shinder. 2004. The effect of thermal manipulations during embryogenesis of broiler chicks (*Gallus domesticus*) on hatchability, body weight and thermoregulation after hatch. J. Therm. Biol. 29:245-250.

Yalcin S., S. Ozkan, K. Cabuk and P.B. Siegel. 2003. Criteria for evaluating husbandry practices to alleviate heat stress in broilers. Poultry Science Association Inc, J. Appl. Poult. Res. 12:382-388.