



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

Campus Loma Bonita

LICENCIATURA EN ZOOTECNIA

**TEMPERATURA AMBIENTAL Y RESTRICCIÓN ALIMENTICIA EN
PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL
EN POLLOS DE ENGORDA EN CLIMA CÁLIDO**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN ZOOTECNIA**

PRESENTA:

ISABEL BAUTISTA GALLARDO

DIRECTOR DE TESIS: M.C. CECILIO UBALDO AGUILAR MARTÍNEZ

LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO, JULIO DE 2010



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

LICENCIATURA EN ZOOTECNIA

LA PRESENTE TESIS TITULADA “TEMPERATURA AMBIENTAL Y RESTRICCIÓN ALIMENTICIA EN PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL EN POLLOS DE ENGORDA EN CLIMA CÁLIDO”, PRESENTADA POR LA PASANTE ISABEL BAUTISTA GALLARDO BAJO LA DIRECCIÓN DEL M. C. CECILIO UBALDO AGUILAR MARTÍNEZ, HA SIDO REVISADA Y ACEPTADA POR EL JURADO EXAMINADOR PARA SER DEFENDIDA EN EL EXAMEN PROFESIONAL Y OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADA EN ZOOTECNIA.

JURADO EXAMINADOR

M.C. CECILIO UBALDO AGUILAR MARTÍNEZ

DIRECTOR

DR. MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

ASESOR

M.C. NICOLÁS VALENZUELA JIMÉNEZ

ASESOR

LOMA BONITA, OAXACA, MÉXICO, JULIO DE 2010

DEDICATORIA

Esta tesis está enteramente dedicada con mucho amor y cariño:

A mis padres: Eulalia y Filiberto por su apoyo, amor y confianza, y sobre todo por creer en mí al ser la mayor de sus hijas, principalmente a ti madre que siempre has estado conmigo en los momentos de carencias.

A mis hermanos: Heriberto, Ana Rosa, Karina, Leonel y Gabriela por cederme ésta oportunidad y ser un ejemplo para ustedes, que queriendo se pueden lograr lo que uno se propone en cualquier ámbito.

A mis abuelos: Rufino y Bartola por sus consejos y recordarme que nunca se debe olvidar de donde venimos, quienes somos y adonde vamos.

A mi tía: Maura por ser un ejemplo de superación en mi vida personal y por su gran cariño.

A Luis Antonio por brindarme su apoyo incondicional y consejos al estar lejos de mi familia y sobre todo por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas y por ser esa persona tan especial en mi vida.

Y claro, a mi pequeña sobrina Perla Yadira.

A todos ellos que de alguna manera siempre me apoyaron en los tiempos difíciles y me dieron ánimo para seguir y mirar siempre adelante.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme seguir en este mundo y darme la sabiduría necesaria para continuar con este proyecto de vida.

A la Universidad del Papaloapan (UNPA) por ser parte de ella y el haberme brindado la oportunidad de continuar con mi carrera, que durante mi trayecto en esta institución conocí a mis profesores que contribuyeron en mi formación profesional, a mis colegas y amigos (as).

A mi director de tesis: M.C. Cecilio Ubaldo Aguilar Martínez al que admiro por su inteligencia, sencillez, humildad y por ser parte fundamental en la realización de este proyecto, ya que si no hubiera sido por su paciencia, dedicación y por creer en mí, esto no se hubiera logrado.

A mis asesores: Dr. Miguel Ángel Sánchez Hernández y M.C. Nicolás Valenzuela Jiménez, porque día a día estuvieron involucrados en este proyecto, así como las aportaciones y observaciones que hicieron en la redacción del trabajo.

A mis revisores: M.C. José Ángel Rueda Barrientos y Dr. Bertín Maurilio Joaquín Torres por su apoyo y colaboración.

A mis colegas de la generación (2004-2009) por compartir los mejores momentos y experiencias de la carrera.

A mis amigos (as) que me alentaron por seguir adelante y siempre estuvieron ahí para apoyarme.

ÍNDICE	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE	xi
ÍNDICE DE FIGURAS DEL APÉNDICE	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xv
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos particulares	4
3. HIPÓTESIS	5
4. REVISIÓN DE LITERATURA	6
4.1. Panorama general de la producción del pollo de engorda en México	6
4.2. Importancia del ambiente en la productividad del pollo de engorda ..	7
4.2.1. Factores ambientales a controlar en el interior de las casetas	7
4.2.1.1. Temperatura	8
4.2.1.2. Humedad relativa	11
4.2.1.3. Ventilación	13
4.3. Efecto del ambiente sobre los parámetros productivos del pollo de engorda	15
4.4. Principales problemas que se presentan actualmente en la crianza del pollo de engorda	20

4.5. Restricción alimenticia y aplicaciones en la industria avícola	23
4.5.1. Tipos de restricción alimenticia	24
4.5.1.1. Restricción alimenticia cuantitativa	24
4.5.1.2. Restricción alimenticia cualitativa	24
4.5.2. Aplicaciones de la restricción alimenticia en la crianza del pollo de engorda	25
4.6. Crecimiento compensatorio	29
4.6.1. Factores que influyen en el crecimiento compensatorio	29
5. MATERIALES Y MÉTODOS	33
5.1. Localización	33
5.2. Manejo general	33
5.3. Tratamientos y diseño experimental	34
5.3.1. Experimento 1. Efecto de la temperatura ambiental sobre los parámetros productivos en pollos de engorda, en clima cálido	34
5.3.2. Experimento 2. Efecto de la restricción alimenticia sobre los parámetros productivos y características de la canal en pollos de engorda, en clima cálido	34
5.4. Medición y evaluación de variables	35
5.5. Análisis estadístico	38
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
6.1. Experimento 1. Efecto de la temperatura ambiental sobre los parámetros productivos en pollos de engorda, en clima cálido	39

6.1.1. Parámetros productivos	39
6.1.2. Curva de crecimiento	44
6.2. Experimento 2. Efecto de la restricción alimenticia sobre los parámetros productivos y características de la canal en pollos de engorda, en clima cálido	45
6.2.1. Consumo acumulado de alimento y agua	45
6.2.1.1. Consumo acumulado de alimento	45
6.2.1.2. Consumo acumulado de agua	54
6.2.2. Peso corporal	59
6.2.3. Conversión alimenticia	64
6.2.4. Mortalidad	69
6.2.5. Características de la canal y contenido de grasa abdominal ..	70
6.2.5.1. Características de la canal	70
6.2.5.2. Contenido de grasa abdominal	76
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
7.1. Conclusiones	79
7.2. Recomendaciones	80
8. LITERATURA CITADA	81
9. APÉNDICE	90

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Temperatura óptima al interior de la caseta de acuerdo con la edad de los pollos de engorda	10
2	Metas productivas del pollo de engorda en crianza mixta, bajo condiciones controladas	16
3	Parámetros productivos de pollos de engorda machos, criados en dos épocas del año, en clima cálido húmedo	40
4	Consumo acumulado de alimento total y por etapas en pollos de engorda machos sometidos a diferentes niveles de restricción alimenticia, durante la época calurosa (EC) y época fresca (EF)	47
5	Correlaciones entre temperatura ambiental, peso corporal y consumos de alimento y agua en pollos de engorda sometidos a diferentes niveles de restricción alimenticia	53
6	Consumo acumulado de agua total y por etapas en pollos de engorda machos sometidos a diferentes niveles de restricción alimenticia, durante la época calurosa (EC) y época fresca (EF)	55
7	Pesos corporales de pollos de engorda machos sometidos a diferentes niveles de restricción alimenticia durante la época calurosa y época fresca en clima cálido húmedo	61

8	Conversión alimenticia por etapas de pollos de engorda machos sometidos a diferentes niveles de restricción alimenticia en dos épocas del año: época calurosa (EC) y época fresca (EF)	65
9	Mortalidad de pollos de engorda machos sometidos a diferentes niveles de restricción alimenticia criados en dos épocas del año en clima cálido húmedo	70
10	Características de la canal y contenido de grasa abdominal en pollos de engorda sometidos a diferentes niveles de restricción durante la época calurosa y época fresca en clima cálido húmedo	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Temperatura mínima, máxima y promedio durante la crianza de pollos de engorda en dos épocas del año	41
2	Curva de crecimiento de pollos de engorda machos criados durante la época calurosa y la época fría en clima cálido húmedo	44
3	Consumo de alimento (g) por ave en relación con la temperatura (°C) en pollos de engorda sometidos a diferentes niveles de alimentación en dos épocas del año ...	52
4	Consumo de agua (ml) por ave con respecto a la temperatura (°C) en pollos de engorda sometidos a diferentes niveles de alimentación en dos épocas del año ...	59

ÍNDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE

Cuadro		Pág.
1A	Registro semanal de producción de pollos de engorda machos de la línea Cobb 500, durante la época calurosa (marzo–abril) y época fresca (enero-febrero), en clima cálido húmedo	90
2A	Proporción entre los consumos de alimento y agua en pollos de engorda machos de la línea Cobb 500, durante la época calurosa (marzo-abril) y época fresca (enero-febrero), en clima cálido húmedo	91
3A	Consumos acumulados de alimento y agua por etapa en pollos de engorda machos de la línea Cobb 500 sometidos a diferentes niveles de restricción alimenticia, durante la época calurosa (marzo-abril) y época fresca (enero-febrero), en clima cálido húmedo	92
4A	Consumos acumulados totales de alimento y agua en pollos de engorda machos de la línea Cobb 500 sometidos a diferentes niveles de restricción alimenticia, durante la época calurosa (marzo-abril) y época fresca (enero-febrero), en clima cálido húmedo	93
5A	Pesos corporales y ganancias de peso en pollos de engorda machos de la línea Cobb 500 sometidos a diferentes niveles de restricción alimenticia durante la época calurosa (marzo-abril) y época fresca (enero-febrero), en clima cálido húmedo	94

ÍNDICE DE FIGURAS DEL APÉNDICE

Figura		pág.
1A	Efecto de la restricción alimenticia y la realimentación sobre el peso corporal en pollos de engorda sometidos a diferentes niveles de restricción en dos épocas, calurosa (marzo-abril) y fresca (enero-febrero)	96

RESUMEN

Se realizaron dos experimentos para evaluar el efecto de la temperatura ambiental y la restricción alimenticia (RA) sobre los parámetros productivos en pollos de engorda. Se utilizaron 438 pollos machos de un día (d) de edad de la línea Cobb 500 que fueron criados en dos épocas del año: calurosa (EC; n=204) y fresca (EF; n=234). A los 29 d de edad 175 pollos en cada época fueron separados y agrupados en cinco tratamientos (T) para determinar el efecto de la RA en los parámetros productivos y características de la canal (Experimento 2), los restantes se utilizaron para calcular los parámetros productivos y la curva de crecimiento por época (Experimento 1). Los tratamientos del Experimento 2 se aplicaron entre los d 30 y 40 de edad y consistieron en alimentación *ad libitum* (T₁), alimentación *ad libitum* durante la noche (T₂) y RA en niveles del 30 % (T₃), 20 % (T₄) y 10 % (T₅), y estuvieron compuestos por cinco repeticiones de siete pollos/T (n=35 pollos/T). Al d 50 de edad se sacrificaron diez pollos/T para analizar componentes de la canal y grasa abdominal. **Experimento 1:** los consumos acumulados de alimento y agua fueron mayores en la EC (6,035 g y 14,512 ml vs 5,855 g y 10,321 ml). El peso final a los 49 d fue superior en la EF (P<0.05; 2,886 vs 2,711 g). La conversión alimenticia (CA) fue mejor en la EF (2.1 vs 2.3). La mortalidad fue similar en ambas épocas (P>0.05). **Experimento 2:** el consumo acumulado de alimento en la EC fue menor en T₃ (5,731 g), en la EF fue mínimo en T₃ y T₄ (5,644 y 5,726 g, respectivamente). El consumo acumulado de agua en la EC fue similar entre T (P>0.05), en la EF el T₄ tuvo un consumo bajo (P<0.05;

10,307 ml). La RA no afectó el peso corporal, CA y mortalidad entre T en ambas épocas ($P>0.05$). El peso de la canal en la EC fue inferior ($P<0.05$) en T₃ (1,856 g); en la EF no se encontraron diferencias entre T ($P>0.05$). En la EC los pesos de la pechuga (533 g), muslos (295 g) y piernas (235 g) fueron más bajos ($P<0.05$) en T₃; en la EF T₄ tuvo los pesos más bajos ($P<0.05$) de pechuga (573 g). La grasa abdominal fue mayor en la EC en T₃ (73.5 g), en la EF no se encontraron diferencias entre T. Se concluye que los pollos criados en la EF presentaron mejores parámetros productivos que los de la EC y la RA disminuyó el consumo acumulado de alimento y agua, peso de la canal y de los cortes principales y aumentó el peso de la grasa abdominal, sin embargo, no afectó el peso final, CA y mortalidad.

Palabras clave: Pollo de engorda, restricción alimenticia, parámetros productivos, canal, temperatura ambiental.

ABSTRACT

Two experiments were conducted to evaluate the effect of environmental temperature and feed restriction (FR) on productive parameters in broilers. 438 male chickens one-day-old of the strain Cobb 500 were raised in two seasons: hot (HS; n=204) and cool (CS; n=234). At 29 days of age, 175 chickens in each season were separated and grouped into five treatments to determine the effect of FR on productive parameters and carcass characteristics (Experiment 2), the remainder were used to calculate the productive parameters and the growth curve by season (Experiment 1). Treatments were applied between 30 and 40 days of age and consisted of *ad libitum* feeding (T₁), *ad libitum* feeding at night (T₂), and FR at levels of 30 % (T₃), 20 % (T₄) and 10 % (T₅), and were composed of five replicates of seven chickens/T (n=35 chickens/T). At 50 days of age ten chickens were slaughtered from each treatment group to analyze carcass components and abdominal fat. **Experiment 1:** the accumulated feed and water consumption were higher in the HS than CS (6,035 g and 14,512 ml vs. 5,855 g y 10,321 ml). The final body weight at 49 days was higher in CS than HS (P<0.05; 2,886 vs. 2,711 g). The feed conversion (FC) was better in the CS than HS (2.1 vs. 2.3). Mortality was similar in both seasons (P>0.05). **Experiment 2:** T₃ (5,731 g) had the lowest accumulated feed consumption in the HS. T₃ and T₄ (5,644 and 5,726 g, respectively) had the smallest feed consumption in the CS. The accumulated water consumption was similar between each treatments group in the HS (P>0.05). In the CS T₄ had the lowest water intake (P<0.05; 10,307 ml). The FR did not affect body weight, FC and

mortality between treatments in both seasons ($P>0.05$). In the HS T_3 had the lowest carcass weight (1,856 g; $P<0.05$). No differences were observed between treatments in CS ($P>0.05$). In the HS, breast (533 g), thighs (295 g) and legs (235 g) weights were lowest ($P<0.05$) in T_3 ; in the CS T_4 had the lowest breast weight (573 g). T_3 had the highest abdominal fat (73.5 g) in the HS. In the CS no differences between treatments were observed. It is concluded that the broilers reared in the CS showed better productive parameters than the HS and the FR decreased the accumulated feed and water consumption, the carcass, major cuts and increased abdominal fat weight; however, did not affect the final body weight, FC and mortality.

Key words: Broilers, feed restriction, productive parameters, carcass, environmental temperature.

1. INTRODUCCIÓN

México es uno de los principales países productores de carne de pollo, en el año 2009 produjo 2.7 millones de toneladas (UNA, 2010). La producción nacional de pollo de engorda se concentró en estados con climas fríos o templados, ubicados cerca de los grandes centros de consumo. Este tipo de climas se prefieren sobre los cálidos, porque las temperaturas bajas en el interior de las casetas son más fáciles de controlar que las temperaturas elevadas. Los pollos de engorda generalmente no se crían en climas cálidos debido a que son altamente susceptibles al estrés calórico por su rápido crecimiento, metabolismo acelerado, dietas con alto contenido de energía y por las altas densidades de población que se utilizan durante la crianza (Hernández y Petrone, 2005). Además, los pollos tienen deficiencias en sus mecanismos de disipación de calor corporal, que se acentúan por la falta de glándulas sudoríparas y presencia de plumas (Pedersen y Thomsen, 2000).

El estrés calórico afecta de manera negativa los parámetros productivos del pollo de engorda. Cuando se mantienen en lugares con altas temperaturas, disminuyen su consumo voluntario de alimento, lo que se traduce en una menor ganancia diaria de peso (Daghir, 2008). Además, una proporción de la energía ingerida se destina a la disipación de calor corporal, propiciando un incremento de la conversión alimenticia (Pedersen y Thomsen, 2000). Por otra parte, el estrés calórico durante las últimas semanas de vida aumenta la mortalidad del pollo de engorda (Pérez *et al.*, 1998).

A pesar de las dificultades de la crianza del pollo de engorda en climas cálidos, estados como Yucatán, han logrado sobresalir en el contexto nacional (UNA, 2010) al poner en práctica diferentes estrategias para aminorar los efectos del estrés calórico, tales como la adición de implementos que mejoran la ventilación, uso de materiales aislantes en la construcción de la caseta, disponibilidad continua de agua fresca, densidades de población adecuadas, crianza por sexos separados y manejo de la alimentación (Marks, 1985; Castellanos y Murguía, 1999; Hernández y Petrone, 2005; Lozano *et al.*, 2006). En este último punto, destaca el uso de la restricción alimenticia.

La restricción alimenticia representa uno de los principales métodos para controlar el estrés calórico en aves. Tal manejo puede realizarse de manera cuantitativa y cualitativa (Reyes, 2001). La restricción alimenticia cualitativa consiste en disminuir la cantidad de nutrientes aportados en un volumen de alimento (Urdaneta-Rincón, 2000). En cambio, la restricción alimenticia cuantitativa consiste en reducir la cantidad del alimento proporcionado, o disminuir la cantidad de horas en las que se proporciona el alimento (Khetani *et al.*, 2009). La reducción del alimento proporcionado es el método de restricción más utilizado, debido a que se puede realizar sin necesidad de elaborar un alimento con características diferentes al normalmente utilizado. En los trópicos, generalmente la alimentación se ofrece en las horas más frescas del día para evitar que el calor corporal derivado de la digestión del alimento agrave el efecto de las altas temperaturas ambientales (Pérez *et al.*, 1998).

La utilización de programas de restricción alimenticia ha logrado reducir la velocidad de crecimiento del pollo de engorda y con ello la incidencia de

problemas metabólicos como el síndrome ascítico (Arce *et al.*, 1992) y las deformidades en el esqueleto (Robinson *et al.*, 1992; Julian, 1998). En los últimos años, también se ha usado para reducir la deposición de grasa e incrementar la eficiencia alimenticia mediante el crecimiento compensatorio (Summers *et al.*, 1990; Robinson *et al.*, 1992; Reyes, 2001). Es importante remarcar que para no afectar los parámetros productivos la restricción alimenticia se ha utilizado generalmente durante las primeras semanas de vida, permitiendo que los pollos puedan recuperarse mediante un periodo posterior de realimentación a libre acceso (Yu y Robinson, 1992). Existen muy pocos estudios que contemplan la restricción alimenticia durante las últimas semanas de vida (Leeson *et al.*, 1992).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la temperatura ambiental en todo el ciclo de producción y la restricción alimenticia aplicada entre los días 30 y 40 de edad, sobre los parámetros productivos y características de la canal del pollo de engorda criado en dos épocas del año, en clima cálido húmedo.

2.2. Objetivos particulares

1. Determinar el efecto de la temperatura ambiental registrada durante dos épocas del año en los parámetros productivos (consumo acumulado de alimento y agua, consumo de alimento por ave por día, peso final, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y mortalidad acumulada) de pollos de engorda.
2. Evaluar el efecto de la restricción alimenticia aplicada entre los días 30 y 40 de edad sobre los parámetros productivos (consumo acumulado de alimento y agua total y por etapas, peso final y por etapas, conversión alimenticia y mortalidad acumulada) en pollos de engorda.
3. Establecer el efecto de la restricción alimenticia en las características de la canal (peso final y de la canal, peso de los cortes principales y grasa abdominal) en pollos de engorda.

3. HIPÓTESIS

1. Las temperaturas altas de la época calurosa en clima cálido húmedo afectan de manera negativa los parámetros productivos del pollo de engorda.
2. La restricción alimenticia aplicada entre los días 30 y 40 de edad, disminuye el consumo acumulado de alimento y agua sin afectar el peso final, mejorando con ello la conversión alimenticia; además disminuye la mortalidad en pollos de engorda.
3. La restricción alimenticia aplicada en pollos de engorda entre los días 30 y 40 de edad no afecta el peso de la canal y de los cortes principales pero sí disminuye la cantidad de grasa abdominal.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Panorama general de la producción del pollo de engorda en México

La producción de pollo de engorda en México se ha convertido en una de las ramas pecuarias más importantes para la economía nacional debido a que representa la forma más rápida y eficiente para producir carne de primera calidad para el consumo humano (UNA, 2010).

La carne de pollo es una de las principales fuentes de proteína de origen animal para la población de nuestro país. El consumo *per cápita* en 1994 era de 15.8 kg, mientras que en 2009 fue de 25.9 kg. A partir de 1994 la carne de pollo es la más consumida por los mexicanos debido a su menor costo con respecto a otras carnes, existencia de puntos de venta cercanos al consumidor, facilidad para prepararse en diferentes platillos y a la tendencia actual de consumir carne con bajo contenido de grasa (UNA, 2010).

La alta demanda interna ha propiciado que México produzca grandes cantidades de carne de pollo, ocupando actualmente el cuarto lugar a nivel mundial, con una producción en el año 2009 de 2.7 millones de toneladas (UNA, 2010). Sin embargo, la producción nacional de carne de pollo se encuentra muy regionalizada. Así, el 60 % de la producción es aportada por Veracruz, Jalisco, Durango, Aguascalientes, Querétaro y Puebla (SIAP, 2010).

En el estado de Oaxaca la producción de carne de pollo no es significativa. En 2008 se produjeron 10,784 toneladas, las cuales representaron el 0.42 % de la producción nacional. De la misma manera, la producción

regional (1,151 toneladas) significó el 10.6 % de la producción estatal (SIAP, 2010).

Las principales estirpes que se utilizan en la producción de pollo a nivel nacional son Arbor-Acres, Hybro, Hubbard, Peterson, Ross, Isa-Vedette y Cobb. (Quintana, 1999). Dichas estirpes son obtenidas a partir de la cruce de diferentes razas con características sobresalientes de producción y reproducción. Por lo tanto, el pollo de engorda es un animal híbrido altamente productivo gracias a la expresión de la heterosis.

4.2. Importancia del ambiente en la productividad del pollo de engorda

4.2.1. Factores ambientales a controlar en el interior de las casetas. A medida que la productividad de los pollos de engorda se ha incrementado, también la susceptibilidad a los factores ambientales (Daghir, 2008). Esto significa que para que el potencial productivo de los pollos de engorda se exprese, se requiere criarlos en un ambiente de bienestar, libre de variaciones ambientales (Estrada y Márquez, 2005). Los alojamientos o casetas juegan un papel importante al proteger a las aves de las variaciones del clima y proporcionarles un ambiente adecuado para la producción.

De acuerdo con el grado de control sobre su ambiente interno, los alojamientos pueden clasificarse como casetas de ambiente natural y casetas de ambiente controlado. En las casetas de ambiente natural, los factores ambientales internos dependen en gran medida del clima de la región en la que la caseta se encuentra ubicada y solamente se pueden controlar de manera parcial mediante un buen diseño, orientación y/o manejo de implementos

(Castañeda, 2005). En las casetas de ambiente controlado, los factores ambientales internos se controlan de manera total, mediante el uso de equipo especializado. Debido al alto costo del equipo que se utiliza para controlar el ambiente interno de las casetas, las más utilizadas en México para la producción de pollo de engorda son las de ambiente natural. Sin embargo, en ocasiones los factores ambientales con valores extremos afectan el ambiente interno de la caseta y ejercen un efecto negativo en la salud y en la productividad de las aves.

Debido a su alta productividad y a las condiciones en las que son explotadas, las aves requieren de un ambiente óptimo para desarrollarse. Los principales factores que determinan el ambiente interno de la caseta son la temperatura, humedad relativa y ventilación (Estrada y Márquez, 2005). Cada uno de estos factores se interrelaciona entre sí, de tal manera que no es posible afectar uno de ellos sin alterar a los otros. Por lo tanto, un ambiente óptimo para la producción del pollo de engorda resulta del equilibrio entre la temperatura, humedad relativa y ventilación (Banda, 2005).

4.2.1.1. Temperatura. El pollo de engorda es considerado un animal homeotermo, es decir, tiene la habilidad de mantener su temperatura corporal relativamente constante a pesar de las variaciones ambientales (Donkoh, 1989; Daghir, 2008). Cuando las aves se encuentran en temperaturas ambientales óptimas, no necesitan utilizar energía para generar o perder calor por lo que se dice que están en zona de termoneutralidad. Si la temperatura de la caseta se ubica por arriba o por debajo de la zona de termoneutralidad, los pollos

requieren aumentar su metabolismo para regular la temperatura, lo que incrementa las necesidades de energía (Randall *et al.*, 2002). A una temperatura ambiental óptima, la temperatura corporal oscila entre los 40.5 y 42 °C (Donkoh, 1989; Dagher, 2008).

La zona de termoneutralidad depende de la edad del ave (Cuadro 1). Durante las primeras semanas de vida los pollos requieren de una mayor temperatura ambiental porque sus mecanismos de termorregulación son poco eficientes y se les debe proporcionar calor artificial. A medida que las aves crecen, la temperatura óptima de crianza disminuye de manera paulatina (Hernández y Petrone, 2005). Así, la temperatura óptima al interior de la caseta para un pollito de un día de edad es de 32 °C; a medida que éste crece, su intervalo de comodidad se amplía, por lo que en las últimas semanas del ciclo productivo requiere una temperatura de 18 a 24 °C (Chaiyabutr, 2004; Hernández y Petrone, 2005). Durante las primeras semanas de crianza del pollo de engorda, la mayor preocupación debe enfocarse en proporcionarles el calor suficiente (Deeb y Cahaner, 1999). En las últimas semanas del ciclo productivo, los pollos han desarrollado mecanismos de termorregulación que les permiten soportar intervalos de temperatura ambiental más amplios.

Las aves adultas son susceptibles a las altas temperaturas debido a su cubierta de plumas, ausencia de glándulas sudoríparas y pobre irrigación de la piel (Pedersen y Thomsen, 2000; Chaiyabutr, 2004; Hernández y Petrone, 2005). El incremento de la temperatura de la caseta por arriba de la zona de termoneutralidad genera en los pollos de engorda una serie de mecanismos de disipación del calor que pueden ser pasivos (conducción, convección y

radiación) o activos (evaporación ó jadeo; Chaiyabutr, 2004; Hernández y Petrone, 2005).

Cuadro 1. Temperatura óptima al interior de la caseta de acuerdo con la edad de los pollos de engorda.

Edad (Días)	Temperatura interna de la caseta (°C)
1-3	32-35
4-7	28-32
8-14	26-30
15-21	24-28
22-28	22-26
>28	18-24

Fuente: Adaptado de Hernández y Petrone, 2005.

Los mecanismos de disipación del calor pasivos consisten en la pérdida de calor sin la participación activa del organismo del ave. Estos mecanismos son muy eficientes cuando la temperatura ambiental es menor que la temperatura corporal del pollo; por el contrario, si la temperatura ambiental aumenta la pérdida de calor disminuye (Daghir, 2008). La conducción, convección y radiación se llevan a cabo cuando el incremento moderado de la temperatura ambiental (entre 24 y 29 °C) provoca un aumento de 1 a 2 °C en la temperatura corporal del pollo (Chaiyabutr, 2004). La conducción consiste en la eliminación de calor mediante el contacto del cuerpo con superficies más frescas; este mecanismo se favorece por la tendencia que tienen los pollos a mostrar una mayor exposición corporal. La convección involucra la pérdida de calor con la participación de las capas de aire que entran en contacto con el cuerpo. La radiación consiste en la eliminación de calor por medio de ondas

electromagnéticas (Estrada y Márquez, 2005). Cuando existe un incremento moderado de la temperatura ambiental, los mecanismos disipadores de calor pasivos son suficientes para mantener la temperatura corporal dentro de sus límites fisiológicos en el ave. Sin embargo, si la temperatura ambiental sigue incrementándose, tales mecanismos pierden su eficacia.

Cuando la temperatura ambiental sobrepasa los 29 °C, el organismo de las aves comienza a participar de manera activa en la regulación de su temperatura corporal mediante el jadeo o evaporación (North, 1993). El jadeo es el mecanismo más eficiente que tienen las aves para eliminar calor corporal en forma de vapor de agua y se acompaña de mayor producción de saliva e incremento de la frecuencia respiratoria (Chaiyabutr, 2004). En los pollos criados en su ambiente óptimo, la frecuencia respiratoria por minuto es de 10-20, si la temperatura ambiental se incrementa a 32 o 36 °C, las respiraciones por minuto aumentan a 112 y 257, respectivamente (Zhou *et al.*, 1996). Si la temperatura ambiental sigue ascendiendo, el jadeo no será suficiente para disipar el calor, por lo que la temperatura corporal se incrementará provocando la muerte del ave al llegar a 45-47 °C (North, 1993; Hernández y Petrone, 2005).

4.2.1.2. Humedad. Se entiende por humedad relativa a la cantidad de agua almacenada en el aire en forma de vapor de agua. El aire tiene la capacidad de retener cierta cantidad de agua antes de que ésta se comience a precipitar, a esto se le conoce como punto de saturación (Banda, 2005). El punto de saturación del aire puede ser modificado por la temperatura ambiental.

Así, a medida que la temperatura ambiental sube, el aire tiene la capacidad de retener mayor cantidad de agua. Por esta razón, durante las épocas frescas o durante la noche, el nivel de humedad en el interior de la caseta se incrementa.

El intervalo adecuado de humedad relativa dentro de las casetas avícolas oscila entre 40 y 70 % (Banda, 2005). Los niveles bajos de humedad son frecuentes durante los primeros días de crianza y no son considerados un problema serio, ya que se pueden controlar con relativa facilidad. Sin embargo, el incremento de la humedad relativa en el interior de la caseta durante las últimas semanas del ciclo, es uno de los factores más difíciles de controlar debido a las condiciones actuales en las que se realiza la crianza de pollo de engorda. Las fuentes de humedad en el interior de la caseta son las excretas, fugas en bebederos y vapor de agua eliminado por las aves (North, 1993; Banda, 2005).

Las excretas son la principal fuente de humedad dentro de la caseta, ya que contienen entre 65 y 80 % de agua (North, 1993; Banda, 2005). Se ha calculado que un pollo elimina 5.12 kg de excremento a lo largo del ciclo de producción (Tobía y Vargas, 2000) y que tal volumen se produce principalmente en las últimas semanas de vida, por ello, son más frecuentes los problemas de humedad alta en la cama durante el final del ciclo, en comparación con el inicio de éste (Banda, 2005).

El exceso de humedad dentro de la caseta se debe a camas mojadas y apelmazadas, incremento de la producción de amoníaco y disminución o supresión del jadeo en las aves (Banda, 2005). El aumento de humedad en la cama se asocia a diferentes problemas como, mayor producción de amoníaco,

estrés, incremento de enfermedades respiratorias y problemas de patas y dermatitis (Banda, 2005). La humedad también es un factor que predispone la manifestación de coccidiosis.

Los niveles altos de humedad dentro de la caseta acompañados por temperaturas elevadas disminuyen o suprimen la capacidad de las aves para eliminar calor a través del jadeo (Daghir, 2008). También provocan que los pollos no sean capaces de jadear lo suficientemente rápido para eliminar calor; por lo que si son mantenidos en éstas condiciones sufrirán de muerte por estrés calórico agudo (North, 1993; Banda, 2005).

4.2.1.3. Ventilación. La ventilación consiste en remover el aire que ha permanecido por algún tiempo en el interior de la caseta y que ha adquirido calor, agua, gases tóxicos, polvo y olores, los cuales en su conjunto pueden resultar perjudiciales para las aves (North, 1993; Merino, 2005). Las funciones de la ventilación en la caseta avícola son el abastecimiento de oxígeno para la respiración de las aves, eliminación de gases tóxicos generados por las aves o por la combustión de las criadoras y la regulación de temperatura y humedad (North, 1993; Marrufo *et al.*, 1999; Merino, 2005). Las necesidades de aire fresco dependen de la edad de las aves. Así, un ave requiere un suministro de aire de entre 0.108 y 2.03 m³/h para la primera y octava semana de vida, respectivamente (Merino, 2005). Tal abastecimiento se logra con flujos de aire con velocidades de 1.5 a 3 m/s (Yahav *et al.*, 2001; Daghir, 2008).

Dependiendo del tipo de caseta que se trate, la ventilación se puede realizar aprovechando el flujo natural del aire o generando de manera artificial

un movimiento mecánico del mismo (North, 1993; Merino, 2005). La ventilación natural se lleva a cabo abriendo o cerrando las cortinas de las casetas para controlar el flujo del aire. La ventilación mecánica se realiza en casetas de ambiente controlado, y requiere de equipo especializado como ventiladores y extractores, los cuales generan un flujo de aire en el interior de la caseta mediante presión positiva o negativa (Daghir, 2008).

La disminución o incremento de la ventilación en la caseta ocasiona diversos problemas que se manifiestan en una disminución de la productividad o en la aparición de enfermedades (Marrufo *et al.*, 1999). Cuando la ventilación es menor a la recomendada, se comienzan a acumular en el interior de la caseta gases como amoníaco, dióxido de carbono y monóxido de carbono, los cuales causan estrés en las aves y predisponen a la aparición de enfermedades respiratorias y digestivas (Merino, 2005). Asimismo, la ventilación por debajo de los valores recomendados propicia el incremento de la temperatura y humedad en el interior de la caseta, con la manifestación de los problemas ya mencionados anteriormente. Por el contrario, un mayor flujo de aire provoca una disminución rápida de la temperatura y de la humedad interna de la caseta. Tal efecto es deseable en climas cálidos, pero indeseable en ambientes fríos, ya que se pierde calor de manera excesiva provocando un manejo adicional para regresar la temperatura y humedad a los valores óptimos (Banda, 2005). Además, cuando las corrientes de aire generadas pegan directamente en la parvada, se incrementa la aparición de enfermedades respiratorias (Marrufo *et al.*, 1999).

4.3. Efecto del ambiente sobre los parámetros productivos del pollo de engorda

Los tres factores ambientales que se deben controlar en el interior de la caseta son temperatura, humedad relativa y ventilación. La crianza del pollo de engorda de acuerdo con los valores recomendados para cada factor favorece la expresión del potencial productivo. No obstante, cuando los pollos son criados con valores extremos o variaciones de cualquiera de los factores anteriormente señalados, el desempeño productivo de la parvada disminuye. En la actualidad, los mayores rendimientos del pollo de engorda se han logrado en casetas de ambiente controlado, en las que se han mejorado parámetros productivos como la velocidad de crecimiento, índice de conversión alimenticia, peso al mercado y mortalidad (Lacy y Czarick, 2000; Quintana, 2005). Sin embargo, la mayor parte de la producción del pollo de engorda en México se realiza en casetas de ambiente natural, en las que el ambiente interno de la caseta depende en gran medida de las variaciones climáticas en donde se encuentra ubicada la granja.

Bajo un ambiente adecuado, los pollos de engorda reducen sus requerimientos energéticos de mantenimiento, por lo que destinan una mayor parte del alimento consumido hacia la producción de carne. Se ha determinado que el rápido crecimiento del pollo de engorda actual se debe a su mayor capacidad de consumo de alimento (Barbato, 1994). Por ello, cuando las aves se encuentran dentro de su zona de temperatura ambiental óptima, exhiben su capacidad para consumir grandes cantidades de alimento, lo que se traduce en mayores ganancias de peso y pesos corporales más altos. Además, el hecho

de que no gasten energía en la disipación o generación de calor se refleja en una mejor eficiencia alimenticia.

En el Cuadro 2 se muestran las metas productivas del pollo de engorda bajo condiciones controladas (Quintana, 2005; Arceo, 2006). Los parámetros de mayor importancia dentro de la evaluación productiva de la parvada son el peso corporal a una edad determinada, la conversión alimenticia (índice de conversión) y la mortalidad. Los valores de peso final en la semana seis y siete de edad (Cuadro 2) son similares, a lo reportado por Urdaneta-Rincón y Leeson (2002), quienes reportaron para estas mismas edades pesos de 2.35 y 2.96 kg, respectivamente. Asimismo, Liew *et al.* (2003) registraron pesos corporales de 2.49 y 2.92 kg a las seis y siete semanas de edad, respectivamente.

Cuadro 2. Metas productivas del pollo de engorda en crianza mixta, bajo condiciones controladas.

Parámetros productivos	Edad en semanas			
	5	6	7	8
Peso final (kg)	1.7	2.3	2.8	3.4
Índice de conversión	1.7	1.9	1.9	2.1
Consumo de agua (ml)	-	-	10.5	-
Consumo acumulado de alimento (g)	2,868.0	4,112.0	5,405.0	7,002.0
Ganancia diaria de peso (g)	47.0	49.4	51.3	54.0
Mortalidad (%)	3.0	4.0	5.0	6.0

Fuente: Adaptado de Quintana, 2005; Arceo, 2006.

El índice de conversión señalado como meta en el Cuadro 2 es similar a lo obtenido en otros estudios. Por ejemplo, Saleh *et al.* (2005) encontraron que el índice de conversión para las semanas seis y siete en pollos de engorda machos fue de 1.74 y 1.89. Asimismo, Urdaneta-Rincón y Leeson (2002)

reportaron que la conversión alimenticia en los días 42 y 49 de edad fue de 1.70 y 1.75, respectivamente.

La mortalidad es otro de los parámetros productivos que depende de factores como manejo, instalaciones y presencia de enfermedades. Se recomienda que el nivel de mortalidad sea menor de 5 y 6 % para las semanas seis y siete de edad, respectivamente (Quintana, 2005; Arceo, 2006). Se ha observado que la mortalidad a las seis semanas de edad en pollos de engorda machos tiene un intervalo de 4.9 a 6.9 % (Saleh *et al.*, 2005). En un estudio realizado en México, en el cual se evaluaron ocho diferentes líneas de pollo de engorda, se reportó una mortalidad de 5.7 % a las siete semanas de edad (Segura, 2003).

La temperatura ambiental alta representa una ventaja en la crianza del pollo de engorda durante las primeras semanas de vida; sin embargo, a partir de la cuarta semana repercute de manera negativa en el consumo de alimento y en la eficiencia de su utilización (Simmons *et al.*, 2003). A partir de la quinta semana de vida, se ha calculado que por cada grado centígrado que la temperatura ambiental se incrementa por arriba de la zona de termoneutralidad el consumo disminuye 1.25 %; a partir de los 32 °C la reducción en el consumo de alimento es más severa, alcanzando el 5 % por cada grado centígrado que aumenta la temperatura ambiental (Singleton, 2004). Algunos autores reportaron que el incremento de la temperatura interna de la caseta de 32 a 35 °C durante las últimas semanas se asoció con una disminución de consumo de alimento del 23 al 25 % (Yalçin *et al.*, 1997; Al-Fataftah y Abu-Dieyeh, 2007).

El menor consumo de alimento en pollos de engorda sometidos a altas temperaturas se relaciona con un crecimiento más lento. Las aves tienden a disminuir su ingesta para reducir el estrés calórico (Donkoh, 1989). El incremento de la temperatura interna de la caseta de 18 a 28 °C reduce el peso corporal de los pollos de engorda 24 % (Yalçin *et al.*, 1997). Al-Fataftah y Abu-Dieyh (2007) reportaron que los pollos sometidos a temperaturas de 35 °C entre las semanas cuatro y ocho de edad, redujeron su peso corporal en un 29 %, con respecto a aquellos mantenidos a 25 °C.

Además de asociarse a menores consumos de alimento, las altas temperaturas ambientales provocan una menor eficiencia en la utilización del alimento, debido a que parte de los nutrientes ingeridos son destinados a la disipación del calor generado por el organismo del pollo. En un estudio realizado en Turquía con pollos de engorda mantenidos a 18 y 28 °C, se observaron conversiones alimenticias de 2.2 y 2.5, respectivamente (Yalçin *et al.*, 1997). Por su parte, Ramírez *et al.* (2005) al evaluar el efecto de la temperatura en pollos de engorda criados a 26 y 30 °C, a los 42 días obtuvieron conversiones de 1.6 y 2.0, respectivamente. Sin embargo, otros estudios muestran que el efecto negativo de la temperatura sobre la conversión alimenticia podría ser más severo. May y Lott (2001) notaron que durante la semana siete del periodo de crianza del pollo de engorda, el incremento de la temperatura de 18 a 30 °C aumentó la conversión alimenticia de 2.5 a 3.3. Por lo tanto, el incremento de la temperatura interna de la caseta por arriba de la temperatura ambiental óptima del ave, ocasiona un aumento de la conversión

alimenticia como resultado de la utilización de los nutrientes para disipar el calor corporal.

La temperatura ambiental alta también se asocia con incrementos en la mortalidad en pollos de engorda. La muerte de las aves como consecuencia de las temperaturas elevadas se debe a la incapacidad del organismo para eliminar el calor corporal producido. En dos estudios realizados en Jordania se tuvieron mortalidades de 0 y 2.53 % cuando los pollos fueron mantenidos a 25 °C; sin embargo, cuando la temperatura se incrementó a 35 °C las mortalidades se ubicaron entre 11.8 y 12.9 % (Abu-Dieyeh, 2006; Al-Fataftah y Abu-Dieyeh, 2007). Estos autores recomiendan que para mantener la mortalidad en niveles bajos, los pollos deben alojarse en locales con temperaturas menores de 30 °C

La disminución de la temperatura interna de la caseta por debajo de la zona de termoneutralidad ocasiona incrementos en el consumo de alimento y la conversión alimenticia (Daghir, 2008). Cuando las aves se crían en ambientes fríos, comienzan a perder una cantidad excesiva de calor, haciendo necesaria la producción de más calor corporal para no caer en hipotermia (Hernández y Petrone, 2005). El calor extra que requieren lo obtienen a partir del consumo y digestión de mayores cantidades de alimento. Sin embargo, el mayor consumo de alimento no se ve reflejado en ganancias de peso más altas, ya que una parte de los nutrientes ingeridos se destina a la producción de calor para mantener estable la temperatura corporal, y en consecuencia, la conversión alimenticia se incrementa (Daghir, 2008). Existen pocos trabajos que han estudiado el efecto de la temperatura ambiental baja sobre el desempeño productivo del pollo de engorda. Al respecto, Blahová *et al.* (2007) compararon

dos grupos de pollos machos entre los 22 y 42 días de edad. Uno de los grupos fue mantenido en zona de termoneutralidad y el otro a temperaturas entre 4 y 13 °C. La conversión alimenticia obtenida en los animales del primer grupo fue de 2.03, mientras que en los animales del segundo grupo fue de 2.12. En otro estudio, Akyuz (2009) comparó el desempeño productivo de pollos de engorda en dos estaciones diferentes del año. Los pollos criados en verano fueron mantenidos desde la segunda hasta la sexta semana de edad a temperaturas entre 25 y 27 °C, los de invierno se criaron en el mismo periodo a temperaturas entre 13 y 16 °C. Las conversiones alimenticias de los pollos criados en verano e invierno fueron de 1.7 y 2.2, respectivamente. En ambos estudios existió una mayor conversión alimenticia de los pollos mantenidos a bajas temperaturas, lo que significa que consumen mayor cantidad de alimento por cada unidad de peso que ganan.

4.4. Principales problemas que se presentan actualmente en la crianza del pollo de engorda

El avance que ha tenido el área avícola por la selección genética, ha dado como resultado pollos con un crecimiento rápido, los cuales en un periodo de seis a siete semanas están listos para el consumo humano. A pesar de que el crecimiento rápido representa una ventaja dentro de la producción de carne de pollo, también tiene consecuencias graves para la salud del ave. El pollo de engorda actual enfrenta muchos problemas que hace cincuenta años no existían, entre ellos el síndrome ascítico, defectos esqueléticos y altas mortalidades a causa del estrés calórico (Julian, 1998; Dagher, 2008).

El síndrome ascítico es un problema metabólico que se presenta a partir de la tercera semana de edad, es de origen genético y se caracteriza por la acumulación de líquido en la cavidad abdominal a consecuencia de trastornos cardiovasculares y respiratorios (López, 1991). En los pollos de engorda ésta condición patológica es originada por el metabolismo acelerado, aunado a una pobre oxigenación de la sangre a nivel pulmonar (Paasch, 1991; López, *et al.*, 1994). Cuando el intercambio gaseoso se afecta por daños en el tejido pulmonar o escasez de oxígeno, el corazón incrementa sus latidos para compensar la pobre oxigenación de la sangre (López *et al.*, 2005). A pesar de que el ventrículo derecho sufre una hipertrofia, la pared de éste se adelgaza y se vuelve flácida contribuyendo al menor flujo de sangre a los pulmones y a la circulación sistémica (Julian, 1998). La sangre comienza a estancarse en diferentes órganos y finalmente ocurre una extravasación y acumulación de fluidos en la cavidad tóraco-abdominal (López *et al.*, 2005), lo cual constituye el principal signo del síndrome ascítico.

Los defectos esqueléticos son otros de los problemas comunes en las granjas avícolas. Se ha observado que el crecimiento rápido de los pollos exige una demanda alta de nutrientes específicos que por lo general no son cubiertos totalmente por la dieta, como consecuencia, las aves pueden manifestar cojera, deformidades óseas y problemas de locomoción (Julian, 1998). Por lo tanto, la causa principal de las deformidades esqueléticas son los niveles inadecuados de minerales y vitaminas. Algunos de los defectos esqueléticos son la condrodistrofia, necrosis de la cabeza de fémur, discondroplasia tibial, perosis, síndrome de dedos torcidos y raquitismo (Julian, 1998; Calderón, 2005).

El crecimiento rápido del pollo de engorda se debe en gran parte a la selección genética, sin embargo, ésta característica ha ocasionado que sea una especie susceptible a las altas temperaturas. Se ha indicado que el crecimiento rápido que experimentan los pollos de engorda puede ser atribuido en un 70 a 90 % al incremento de su capacidad para consumir alimento (Barbato, 1994). A consecuencia del mayor consumo de alimento, el metabolismo se acelera ocasionando una mayor producción de calor corporal que en condiciones de termoneutralidad se puede eliminar de manera eficiente; no obstante, cuando la temperatura ambiental es alta, la disipación del calor se dificulta y los pollos entran en estrés calórico. Por tanto, las altas temperaturas en regiones cálidas representan un reto para la producción de carne de pollo debido a que afectan el desempeño productivo. En este contexto, en climas cálidos se ha señalado que la alimentación de las aves durante las horas del día con temperaturas más altas incrementa la mortalidad. Por tal motivo, los estudios recientes están encaminados a la búsqueda de estrategias que permitan incrementar la productividad de las aves en climas cálidos y disminuir la mortalidad.

Actualmente existe un interés creciente en la generación de alimentos de origen animal bajos en grasas, ya que el incremento de los casos de obesidad y enfermedades relacionadas ha ocasionado que la población humana tenga preferencia por las carnes magras. Se ha indicado que la producción de grasa requiere de mayor cantidad de nutrientes que la producción de carne, por lo que la disminución de la grasa corporal implica un mejor aprovechamiento del alimento y menor conversión alimenticia. Por lo tanto, el objetivo de los

avicultores es producir carne de pollo con el menor contenido de grasa (Urdaneta-Rincón y Leeson, 2002).

Para corregir lo antes mencionado, se han buscado estrategias que comprenden la selección genética y mejoras en el manejo e instalaciones. No obstante, existen algunas medidas sencillas que se aplican de manera práctica y que han demostrado su efectividad en la solución de tales problemas, una de las más utilizadas es la restricción alimenticia.

4.5. Restricción alimenticia y aplicaciones en la industria avícola

La restricción alimenticia consiste en limitar el aporte de nutrientes a un animal. Esto se logra disminuyendo la cantidad de alimento ofrecido, destinando menos tiempo a la alimentación y bajando la densidad de nutrientes en el alimento proporcionado (Daghir, 2008). Los programas de restricción alimenticia se comenzaron a aplicar en México hace 30 años, primero en reproductoras pesadas y posteriormente en pollos de engorda como una alternativa en el control de problemas metabólicos y esqueléticos (Arce *et al.*, 1992). En la actualidad, los programas de restricción alimenticia tienen el objetivo de manipular el patrón de crecimiento para aminorar los problemas que éste conlleva. Además, se ha observado que la restricción alimenticia en pollos de engorda mejora la eficiencia alimenticia y la mortalidad, y disminuye la deposición de grasa (Summers *et al.*, 1990; Arce *et al.*, 1992; Robinson *et al.*, 1992; Reyes, 2001).

4.5.1. Tipos de restricción alimenticia. El pollo de engorda actual tiene un crecimiento acelerado a partir de la tercera semana de vida debido a su capacidad para consumir mayores cantidades de alimento (Barbato, 1994). Este crecimiento rápido genera diversos problemas de salud que inciden de manera directa en los parámetros productivos del pollo de engorda (Robinson *et al.*, 1992). Sin embargo, la velocidad de crecimiento se puede disminuir utilizando restricción alimenticia cuantitativa ó cualitativa.

4.5.1.1. Restricción alimenticia cuantitativa. Este tipo de restricción alimenticia se realiza de dos formas. La primera consiste en proporcionar a cada animal una menor cantidad de alimento de lo que comería a libre acceso, para ello se requiere del pesaje continuo de alimento y de la colocación de comederos extras para asegurar que todas las aves consuman la misma cantidad de alimento (Yu y Robinson, 1992). La segunda consiste en limitar la cantidad de horas que las aves tienen acceso al alimento. Debido a su simpleza, esta última es la modalidad de restricción alimenticia más utilizada por los avicultores para controlar los problemas de síndrome ascítico y mortalidad por estrés calórico en climas cálidos (Arce *et al.*, 1992; Singleton, 2004).

4.5.1.2. Restricción alimenticia cualitativa. Consiste en proporcionar a las aves alimentos diluidos con fibras inertes, los cuales contienen una menor densidad de ciertos nutrientes en particular (Urdaneta-Rincón, 2000; Khetani *et al.*, 2009). Por tanto, las aves pueden consumir a libre

acceso un alimento que previamente fue modificado en su composición, lo que implica la ingestión de una menor cantidad de nutrientes en el mismo volumen de alimento (Tolkamp *et al.*, 2005). La ventaja de este método es que las aves sufren de menos estrés; la desventaja es que se requiere elaborar de manera exclusiva el alimento.

4.5.2. Aplicaciones de la restricción alimenticia en la crianza del pollo de engorda. Varios estudios realizados sobre restricción alimenticia en pollos de engorda indican que los mejores resultados se obtienen cuando se aplica en las primeras dos semanas de vida y no durante las semanas posteriores (Arce *et al.*, 1992; Robinson *et al.*, 1992). Asimismo, Plavnik y Hurwitz (1988) recomiendan iniciar los programas de restricción alimenticia a partir de los seis días de edad y continuarlos por no más de siete días. El propósito de aplicar la restricción alimenticia en las primeras semanas es proporcionarle al ave el tiempo suficiente para que pueda recuperarse del periodo de desnutrición. Son pocos los estudios en los que se ha aplicado restricción alimenticia durante las últimas semanas de vida. En este sentido, se ha señalado que la restricción alimenticia no se aplica de manera tardía porque los pollos no tienen tiempo suficiente para mostrar crecimiento compensatorio y el peso final es afectado de manera negativa (Yu y Robinson, 1992).

La restricción alimenticia disminuye el crecimiento de las aves y con ello la aparición de problemas metabólicos y esqueléticos (Robinson *et al.*, 1992; Yu y Robinson, 1992). Para prevenir ambos tipos de problemas, la restricción alimenticia se aplica desde la segunda hasta la cuarta semana de edad. En un

estudio realizado por Arce *et al.* (1992) se probaron diferentes modalidades de restricción alimenticia entre las que se incluyeron la restricción en niveles del 10 %, alimentación limitada a 8 h diarias y restricción en la modalidad skip-a-day (un día sí y otro no) entre los días 7-13, 15-21 y 22-28. En todos los tratamientos se logró una reducción significativa de la mortalidad en aves por síndrome ascítico. Asimismo, Robinson *et al.* (1992) evaluaron diferentes tratamientos de restricción alimenticia logrando con ello reducir la incidencia de los problemas esqueléticos de 10 a 3.5 %. En ambos trabajos los pesos finales de los pollos restringidos fueron menores en comparación con los de aquellos alimentados a libre acceso, por lo que los autores recomendaron incrementar el periodo de crianza uno o dos días para que los pollos restringidos alcancen su peso normal.

El uso de la restricción alimenticia puede modificar el patrón de crecimiento de los pollos de engorda (Urdaneta-Rincón y Leeson, 2002). Los pollos alimentados a libre acceso muestran una curva de crecimiento convexa, con un crecimiento rápido al inicio y lento en las últimas semanas. Sin embargo, la aplicación de la restricción alimenticia durante las dos primeras semanas de vida ha logrado cambiar este patrón, de tal manera que los pollos tienen un crecimiento lento al principio y rápido al final, lo que da como resultado una curva de crecimiento cóncava (Yu y Robinson, 1992). El cambio de una curva de crecimiento convexa a una cóncava resulta en una mejor conversión alimenticia, sin afectar el peso final (Zubair y Leeson, 1996). El mejor aprovechamiento del alimento por parte de las aves restringidas se asocia a los menores pesos que éstas presentan, con respecto a las alimentadas a libre

acceso. Los menores pesos corporales son el resultado de la velocidad de crecimiento más lenta e implican requerimientos de mantenimiento más bajos y un metabolismo basal más lento (Zubair y Leeson, 1994; Urdaneta-Rincón y Leeson, 2002). Todo esto trae como consecuencia que el ave sea más eficiente para transformar el alimento en carne.

La restricción alimenticia a partir de los 35 días de edad se utiliza en climas cálidos para reducir la mortalidad por estrés calórico (Lozano *et al.*, 2006). Para tal fin, la restricción alimenticia se aplica en dos modalidades. La primera consiste en proporcionar a las aves alimentos que cubran sus requerimientos de mantenimiento y generen menos calor metabólico. Se ha señalado que las dietas con alto contenido de proteína y carbohidratos, se asocian a un incremento mayor de la producción de calor corporal, en comparación con aquellas dietas ricas en grasas (Cheng *et al.*, 1997; Dagher, 2008). De acuerdo con Dagher (2008), el alimento utilizado para los pollos de engorda en clima cálido debe contener entre 1 y 2 % menos de proteína que el usado en climas templados. Mientras que la utilización de grasas en el alimento disminuye la producción de calor corporal debido a que una proporción de ésta se almacena directamente en el organismo sin ser metabolizada.

La estrategia más usada en climas cálidos para disminuir la mortalidad por estrés calórico consiste en alimentar los pollos únicamente durante las horas más frescas, con el fin de evitar que el incremento del calor metabólico coincida con las horas más calurosas del día. Se sabe que el incremento de la temperatura corporal ocurre entre 1.5 y 4 h después del consumo de alimento, por lo tanto, se recomienda retirar el alimento tres a seis horas antes de que los

pollos comiencen a mostrar signos de estrés calórico (Singleton, 2004; Dagher, 2008). También se recomiendan periodos de restricción alimenticia de doce horas, en los que el alimento se retira durante el día y se proporciona en la noche (Dagher, 2008). Sin embargo, se debe considerar que los pollos sometidos a restricción muestran pesos menores en comparación con los alimentados a libre acceso.

La restricción alimenticia también se utiliza para disminuir la deposición de grasa corporal. El aumento de la velocidad de crecimiento asociado a un mayor suministro de nutrientes incrementa la deposición de grasa en el pollo de engorda actual (Yu y Robinson, 1992). La mayor producción de grasa se debe a que con las dietas actuales, los pollos consumen más del doble de sus requerimientos de energía, lo que ocasiona que la deposición de grasa se incremente (Boekholt *et al.*, 1994). El uso de la restricción alimenticia como herramienta para disminuir la producción de grasa corporal presenta resultados contrastantes. En algunos estudios la restricción alimenticia temprana no logró reducir la deposición de grasa (Al-Taleb, 2003; Lippens *et al.*, 2000); mientras que en otros, se redujo el contenido de grasa, e incluso se incrementó la deposición de proteína en la carne (Jones y Farrell, 1992; Nielsen *et al.*, 2003). Existen pocos estudios sobre el efecto de la restricción alimenticia durante el periodo de finalización. Se ha señalado que la restricción alimenticia aplicada entre los días 35 y 49 en niveles del 0 al 50 % redujo la deposición de grasa abdominal de 3.64 a 2.97 % (Leeson *et al.*, 1992). Sin embargo, bajo este esquema de restricción, los pollos mostraron un menor peso final. Por lo tanto,

se requiere más investigación al respecto para determinar el nivel adecuado de restricción, así como su duración.

4.6. Crecimiento compensatorio

El crecimiento compensatorio se define como una aceleración del crecimiento en pollos después de haber sido sometidos a una restricción alimenticia o desnutrición (Wilson y Osbourne, 1960; Yu y Robinson, 1992). El menor consumo de alimento ocasiona que los animales acumulen menos peso corporal, en comparación con aquellos alimentados a libre acceso, por lo tanto, sus requerimientos de mantenimiento disminuyen y la eficiencia alimenticia se incrementa (Urdaneta-Rincón y Leeson, 2002).

Después de la restricción alimenticia, cuando la alimentación a libre acceso es restablecida, el animal exhibe un crecimiento acelerado y superior al observado en animales de la misma edad y raza que no fueron restringidos, lo cual permite que el ave se recupere y alcance su peso al mercado (Hornick *et al.*, 2000; Pinheiro *et al.*, 2004; Zubair y Leeson, 1996). Por lo tanto, para lograr la manifestación del crecimiento compensatorio en las aves, se recomienda aplicar la restricción alimenticia en etapas tempranas, entre la primera y tercera semana (Summers *et al.*, 1990; Zubair y Leeson, 1994).

4.6.1. Factores que influyen en el crecimiento compensatorio. Son varios los factores que influyen en la respuesta a la restricción alimenticia y su manifestación en el crecimiento compensatorio, entre ellos la duración, nivel y momento en que se aplica la restricción alimenticia, así como la duración del

periodo de alimentación posterior a la restricción (realimentación) y la calidad del alimento ofrecido. El sexo y la edad de las aves también influyen en la respuesta a la restricción alimenticia (Yu y Robinson, 1992; Zubair y Leeson, 1996; Urdaneta-Rincón, 2000).

A medida que se incrementa el periodo de la restricción alimenticia disminuye la posibilidad de que las aves muestren un crecimiento compensatorio completo y alcancen el peso al mercado a una edad adecuada. Por lo tanto, para lograr el crecimiento compensatorio sin afectar el peso final de las aves, se recomienda aplicar la restricción alimenticia durante periodos cortos. En este sentido, Plavnik *et al.* (1986) evaluaron periodos de restricción alimenticia de seis y doce días, encontrando que los periodos de seis días no afectaron el peso final en comparación con los de doce días, en los cuales el efecto fue significativo. Algunos estudios sugieren que para lograr la recuperación completa en el peso corporal del ave, la restricción alimenticia no debe ser mayor de siete y cinco días en machos y hembras, respectivamente (Ballay *et al.*, 1992).

La severidad con que se aplica la restricción alimenticia repercute en la manifestación del crecimiento compensatorio. Por eso se han evaluado diferentes niveles de restricción. Por ejemplo, Santoso *et al.* (1993) al evaluar restricciones del 25, 35, 45 y 55 % en pollos de engorda entre siete y 17 días de edad, encontraron que las restricciones del 25 y 35 % fueron las únicas que mostraron una recuperación del peso final a los 49 días. En otro estudio, la restricción alimenticia al 70 % aplicada durante la segunda semana de vida, mostró un efecto negativo en el peso final y en la composición de la canal a los

42 días de edad (Mitsuo *et al.*, 2002). Asimismo, Urdaneta-Rincón y Leeson (2002) al evaluar una restricción alimenticia del 90 % durante periodos variables entre los cinco y 30 días de edad, encontraron una recuperación total del peso final a los 49 días de edad. Por lo tanto, se puede afirmar que a medida que aumenta la restricción alimenticia, disminuye la recuperación del peso final y la expresión del crecimiento compensatorio en pollos de engorda.

La edad a la que se aplica la restricción alimenticia influye en el crecimiento compensatorio. Se ha señalado que los mejores resultados de la restricción alimenticia se logran cuando ésta se aplica durante las primeras semanas de vida, debido a que el periodo de alimentación después de la restricción es suficiente para que ocurra la recuperación del peso corporal de las aves (Urdaneta-Rincón y Leeson, 2002). En este sentido, Plavnik y Hurwitz (1988) sugirieron que para evitar un efecto negativo de la restricción alimenticia sobre el peso final a los 49 días, su aplicación debe comenzar a los seis días de edad y no extenderse por más de siete días. Durante la etapa de finalización no se recomienda la restricción alimenticia debido al corto tiempo que tienen las aves para recuperarse. En este contexto, se señaló que la utilización de la restricción alimenticia entre los 28 y 56 días de edad disminuyó el peso final (Benyi y Habi, 1998). Asimismo, Cristofori *et al.* (1997) evaluaron periodos de restricción alimenticia entre siete y 21 días y de 21 a 35 días de edad, sin lograr la recuperación del peso final de las aves el día 49.

La duración del periodo de realimentación y las condiciones en las que ésta se desarrolla, son factores decisivos que determinan el éxito de los programas de restricción alimenticia. Se considera que los pollos sometidos a

siete días de restricción alimenticia requieren, al menos una semana de realimentación para alcanzar el crecimiento compensatorio (Yu *et al.*, 1990). Se ha observado que al incrementar los niveles de proteína en la dieta de realimentación no se afecta el peso final ni la eficiencia alimenticia (Plavnik y Hurwitz, 1989); no obstante, la adición de aminoácidos esenciales se refleja en mayores pesos finales (Jones y Farrell, 1992). Es importante mencionar que en la mayoría de los estudios en los que se evaluó el crecimiento compensatorio se utilizaron alimentos convencionales, lo que indica que la recuperación del peso corporal de los animales se debió a un incremento en el consumo de alimento y no a la modificación de la composición de la dieta.

Otros factores que afectan la expresión del crecimiento compensatorio son el sexo y la línea genética. Los pollos de engorda machos muestran un crecimiento compensatorio más rápido, en comparación con las hembras de la misma edad (Plavnik y Hurwitz, 1991; Santoso *et al.*, 1993). Esto se debe a que de manera natural los machos tienen un crecimiento más rápido y producen menos grasa corporal que las hembras. La utilización de diversas líneas genéticas en estudios de restricción alimenticia ha mostrado resultados contrastantes. Sin embargo, se logró demostrar que las líneas de crecimiento rápido manifiestan un menor crecimiento compensatorio, en comparación con aquellas de crecimiento lento (Yu y Robinson, 1992; Zubair y Leeson, 1996).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización

El estudio se realizó en marzo de 2008 a febrero de 2009, en el centro experimental de la Universidad del Papaloapan, ubicado en Loma Bonita, Oaxaca, en las coordenadas 18° 06' Latitud Norte y 95° 53' Longitud Oeste, a una altura de 30 msnm. El clima del lugar es cálido húmedo con lluvias abundantes en verano. La temperatura y precipitación anual promedio son de 25 °C y 1,845 mm, respectivamente (García, 2004).

5.2. Manejo general

Se evaluaron dos ciclos de producción, ambos tuvieron una duración de 49 días. El primer ciclo se realizó durante la época calurosa (marzo y abril del 2008), a una temperatura ambiental promedio de 30.1 °C ± 4.2. El segundo ciclo se efectuó en la época fresca (enero y febrero del 2009) y la temperatura promedio fue de 27.1 °C ± 4.1.

Se utilizaron 438 pollos machos de un día de edad, de la línea comercial Cobb 500 (204 pollos en la época calurosa y 234 en la época fresca). En ambos ciclos de producción los pollos se mantuvieron con iluminación durante las 24 h del día. Las aves se vacunaron contra la enfermedad de Newcastle a los 12 días de edad. Durante la etapa de iniciación (1 a 21 días), los pollos fueron alimentados con alimento comercial en presentación granulada con 22 % de proteína cruda (PC) y 3,100 kcal de energía metabolizable (EM); para la etapa

de finalización (22 a 49 días) se utilizó alimento con 18 % de PC y 3,200 kcal de EM. El alimento se proporcionó a las 7:00 y 17:30 h.

Durante las primeras cuatro semanas las aves se alojaron en un rodete de metal, provisto con calefacción eléctrica, cuatro comederos tipo tolva con capacidad de nueve kg de alimento cada uno y diez bebederos de iniciación con capacidad de cuatro litros. En el día 28 de edad, 175 pollos fueron transferidos a 25 corrales de 1 m² (1 m x 1 m), la densidad de población utilizada fue de siete pollos por corral.

5.3. Tratamientos y diseño experimental

El estudio estuvo constituido por dos experimentos, en cada uno de ellos se evaluaron dos ciclos de producción.

5.3.1. Experimento 1. Efecto de la temperatura ambiental sobre los parámetros productivos en pollos de engorda, en clima cálido. Los cálculos de parámetros productivos y curva de crecimiento se realizaron durante los primeros 29 días utilizando la información de todos los pollos. A partir del día 30 los parámetros productivos y la curva de crecimiento se calcularon considerando los datos obtenidos de 29 y 59 pollos para la época calurosa y fresca, respectivamente.

5.3.2. Experimento 2. Efecto de la restricción alimenticia sobre los parámetros productivos y características de la canal en pollos de engorda, en clima cálido. Para ello, se utilizaron 175 pollos en cada época que se

asignaron a cinco tratamientos, los cuales consistieron en un grupo testigo (T_1), el cual se alimentó a libre acceso, alimentación a libre acceso únicamente durante la noche (T_2) y restricción alimenticia en tres niveles: 30 % (T_3), 20 % (T_4) y 10 % (T_5). Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar, con cinco repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue de siete pollos y la cantidad diaria de alimento que se proporcionó a los animales de cada tratamiento se calculó con base en el consumido del grupo testigo en el día anterior, dicho consumo se consideró el 100 %.

A partir del día 41 de edad hasta el día 49, los pollos que se sometieron a restricción alimenticia se alimentaron a libre acceso. Para determinar el peso de la canal, los principales cortes y grasa abdominal, al final del experimento (día 50 de edad), se realizó el pesaje individual de las aves y se seleccionaron dos pollos con un peso más próximo al promedio de cada repetición. Antes del sacrificio, los animales seleccionados se sometieron a un ayuno de ocho horas. Posteriormente al eviscerado, las canales se enfriaron en hielo y su evaluación se realizó dentro de las primeras tres horas después del sacrificio. El peso de la canal se determinó después de retirar plumas, patas, cabeza y vísceras.

5.4. Medición y evaluación de variables

Para fines del presente trabajo se utilizó una báscula de la marca Eura de 40 kg, con un margen de error de 2.5 g para el pesaje de los pollos, alimento y la canal. Para el pesaje de la grasa abdominal se empleó una balanza analítica de la marca OHAUS modelo Scout Pro SP2001. La medición de agua se realizó con dos probetas de 1 litro, graduadas cada 10 ml.

En el Experimento 1 se evaluaron las siguientes variables:

Consumos acumulados de alimento (g) y agua (ml): se estimaron para todo el ciclo de producción a partir de la sumatoria del consumo promedio diario de alimento y agua por ave.

Consumo de alimento por ave por día (g): se obtuvo al dividir el consumo acumulado de alimento por ave entre los días que duró el ciclo de producción.

Conversión alimenticia: se obtuvo al dividir la cantidad de alimento consumido por ave entre el peso corporal que ganó durante todo el ciclo de producción.

Consumo diario de alimento (g) y agua (ml): se calculó mediante la diferencia entre la cantidad de alimento y agua ofrecida y la cantidad de alimento y agua no consumida, en un periodo de 24 h.

Ganancia diaria de peso (g): al peso final se le restó el peso inicial y el resultado se dividió entre el número de días que duró el ciclo de producción.

Peso final (g): se obtuvo el promedio del pesaje individual de los pollos al día 49.

Mortalidad acumulada (%): se estimó al dividir el número de pollos muertos entre el número de pollos iniciados, el resultado se multiplicó por 100.

Temperatura ambiental (°C): se registró diariamente la temperatura interna de la caseta a intervalos de dos horas. La evaluación de esta variable contempló la obtención de las temperaturas promedio, mínima y máxima.

En el Experimento 2 se evaluaron los consumos diarios de alimento y agua y temperatura ambiental. Adicionalmente se evaluaron:

Consumos acumulados de alimento (g) y agua totales y por etapas (ml): se estimó a partir de la sumatoria del consumo promedio diario de alimento y agua por ave, durante las diferentes etapas (cero a 29 días, restricción alimenticia y realimentación) ó todo el ciclo de producción.

Peso corporal a los 30 y 40 días de edad (g): se sacó el promedio diario de los pesos individuales de los pollos.

Ganancia de peso por etapas (g): se calculó restando el peso final menos el peso inicial de las aves en cada etapa (cero a 29 días, restricción alimenticia y realimentación).

Conversión alimenticia: se evaluaron las conversiones alimenticias por etapas y totales. La conversión alimenticia por etapas (cero a 29 días, restricción alimenticia y realimentación) se obtuvo al dividir la cantidad de alimento consumido por ave en toda la etapa entre el peso corporal que ganó. La conversión alimenticia total se calculó al dividir el consumo acumulado de alimento por ave entre el peso ganado por ave durante todo el ciclo de producción.

Mortalidad acumulada (%): se estimó al dividir el número de pollos muertos entre el número de pollos iniciados, el resultado se multiplicó por 100.

Peso final (g): se obtuvo el promedio del pesaje individual de los pollos al día 49 ó al día 50 en la evaluación de la canal.

Peso de la canal (g): peso del pollo una vez desangrado y retiradas las plumas, cabeza, patas y vísceras.

Peso de los cortes principales (g): se determinó por separado el peso de la pechuga, piernas y muslos.

Grasa abdominal (g): se diseccionó y se pesó la grasa ubicada alrededor de los órganos tóraco-abdominales tales como corazón, proventrículo, ventrículo, intestinos y riñones. No se consideró la grasa localizada alrededor de la cloaca.

5.5. Análisis estadístico

La información obtenida en el Experimento 1 se analizó con estadística descriptiva (media, varianza y desviación estándar). El peso final y la mortalidad se analizaron mediante análisis de varianza y Ji cuadrada, respectivamente.

Los datos obtenidos en el Experimento 2 se sometieron a un análisis de varianza para probar diferencias entre tratamientos, con base en un diseño experimental completamente al azar. La comparación de medias de los tratamientos se efectuó mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Además, se realizó un análisis de correlación para estimar el grado de asociación entre temperatura ambiental, consumo de alimento, consumo de agua y peso corporal. Los análisis se realizaron utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2004).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Experimento 1. Efecto de la temperatura ambiental sobre los parámetros productivos en pollos de engorda, en clima cálido

6.1.1. Parámetros productivos. Los resultados obtenidos en ambos ciclos de producción indican que los pollos criados durante la época fresca tuvieron menor consumo acumulado de alimento y mayor peso final (Cuadro 3), lo que determinó que la conversión alimenticia fuera más baja, en comparación con los pollos criados en la época calurosa (2.1 vs 2.3). Asimismo, el consumo de alimento por ave por día fue menor en la época fresca (119.0 vs 123.0 g). Resultados similares fueron reportados por Al-Fataftah y Abu-Dieyeh (2007), quienes criaron pollos de la línea Isa Vedette a diferentes temperaturas; observaron que el peso final disminuyó (2.5, 2.2 y 1.8 kg) y la conversión alimenticia aumentó (2.17, 2.45 y 2.95) conforme se incrementó el nivel de temperatura (25, 30 y 35 °C, respectivamente). Es importante mencionar que en el estudio antes citado, los pollos del grupo testigo estuvieron ligeramente arriba de la temperatura ambiental óptima (18 a 24 °C), mientras que en el presente trabajo las temperaturas promedio alcanzadas durante la época fresca y calurosa fueron de 27 y 30 °C, respectivamente (Figura 1). Los pollos criados en la época fresca estuvieron más cerca de la temperatura de termoneutralidad, en comparación a los criados durante la época calurosa. Por tanto, los efectos de la temperatura ambiental sobre los parámetros productivos de los pollos en la época fresca fueron menos severos con relación a los de la época calurosa.

Cuadro 3. Parámetros productivos de pollos de engorda machos, criados en dos épocas del año, en clima cálido húmedo.

Parámetro productivo	Época calurosa (marzo-abril) 2008	Época fresca (enero-febrero) 2009
Consumo acumulado de agua (ml)	14,512.0	10,321.0
Consumo acumulado de alimento (g)	6,035.0	5,855.0
Peso final (g)*	2,711.0b	2,886.0a
Conversión alimenticia	2.3	2.1
Consumo de alimento/ave/día (g)	123.0	119.0
Ganancia diaria de peso (g)	54.0	58.0
Mortalidad (%)*	11.0a	7.0a

a, b= Literales diferentes dentro de cada línea, indican diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

*El peso final y la mortalidad fueron los únicos parámetros que se pudieron cuantificar de manera individual, por lo cual se sometieron a análisis de varianza y prueba de Ji cuadrada, respectivamente, para buscar diferencias entre épocas.

El consumo acumulado de agua por ave fue mayor durante la época calurosa, en comparación con la fresca (14,512.0 vs 10,321.0 ml) (Cuadro 3; Cuadro 2A). Se ha indicado que los principales factores que afectan el consumo de agua son el consumo de alimento y las temperaturas ambientales (Lott *et al.*, 2003; Singleton, 2004). En el presente estudio, los pollos criados en la época calurosa consumieron en promedio cuatro litros más de agua durante todo el ciclo productivo, en comparación con los criados en la época fresca. Esto se debió principalmente a que durante la época calurosa la temperatura ambiental promedio fue 3 °C más alta y el consumo acumulado de alimento fue superior en casi 200 g. Ambos factores ocasionaron un mayor consumo de agua.

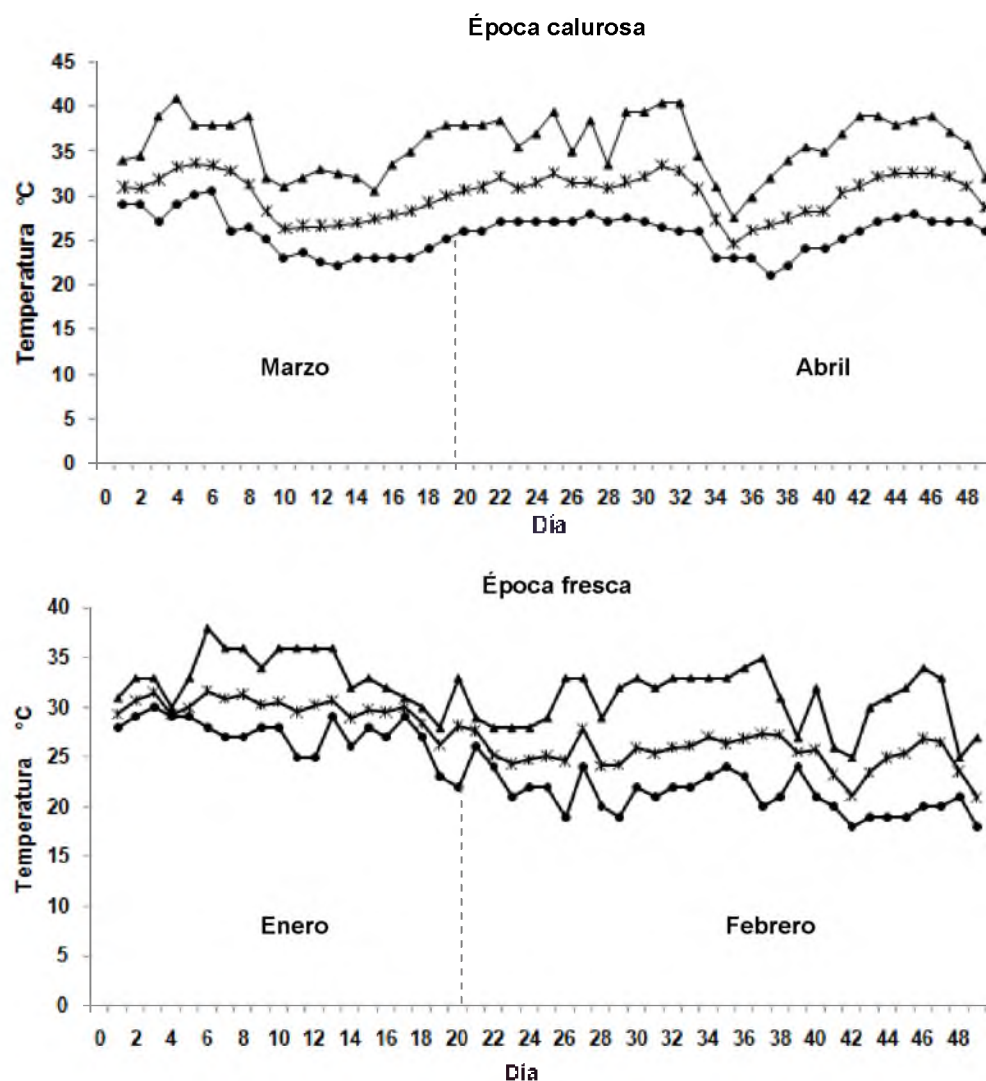


Figura 1. Temperatura mínima (—●—Mín), máxima (—▲—Máx) y promedio (—×—Promedio) durante la crianza de pollos de engorda en dos épocas del años.

La mortalidad fue estadísticamente similar en ambas épocas ($P>0.05$; Cuadro 3). Sin embargo, se observó que aquella registrada durante la época calurosa fue numéricamente mayor a la de la época fresca (11 vs 7 %). Un efecto parecido al anterior fue observado por Al-Fataftah y Abu-Dieyeh (2007), quienes reportaron tasas de mortalidad de 2.5 y 11.8 % cuando las temperaturas de crianza fueron de 25 y 35 °C, respectivamente. Dichos autores

concluyeron que para evitar altas tasas de mortalidad, la temperatura ambiental no debe exceder los 30 °C. En este estudio la mortalidad en ambas épocas fue superior al 5 %, valor considerado como meta en las unidades de producción de ambiente controlado (Quintana, 2005), ya que se realizó en alojamientos de ambiente natural, donde la temperatura y la humedad relativa de la caseta fueron determinadas, en gran parte, por las condiciones ambientales exteriores. La mayor mortalidad durante la época calurosa, se debió a problemas distintos a las temperaturas altas tales como infección del saco vitelino y micotoxicosis; únicamente se registró un pollo muerto por estrés calórico.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo indican que durante la época calurosa los pollos consumieron más alimento y ganaron menos peso durante todo el ciclo (Cuadro 3). Resultados diferentes fueron reportados por otros autores, quienes encontraron que a medida que la temperatura ambiental se incrementa, el consumo de alimento disminuye (Estrada y Márquez, 2005; Sandoval *et al.*, 2006; Akyuz, 2009). La discrepancia de resultados entre este y otros estudios se atribuyó a diferencias en los pesos iniciales y a las temperaturas de crianza presentes en ambas épocas (Figura 1).

Los pesos iniciales de los pollitos criados durante la época calurosa fueron superiores a los de la época fresca (48.3 vs 42.3 g; Cuadro 1A). Esto ocasionó que tuvieran un crecimiento más rápido y mayores pesos corporales en ese mismo lapso. Se ha señalado que el peso inicial es muy importante en pollos de engorda, ya que se relaciona de manera directa con el desempeño productivo y peso final (Mogyca-Leandro *et al.*, 2006). Conforme se incrementa el peso corporal aumenta el consumo de alimento, lo cual explica el mayor consumo por

los pollos en la época calurosa durante las primeras cinco semanas. Sin embargo, se observó que el efecto del peso inicial sobre la velocidad de crecimiento de los pollos no fue constante en la época calurosa. A partir de la sexta semana, el consumo de alimento de los pollos fue menor, en comparación con los de la época fresca, y en consecuencia, registraron menor ganancia de peso (Cuadro 1A). Lo anterior se atribuyó a que las altas temperaturas registradas en la época calurosa fueron benéficas durante las primeras semanas de vida. Es de destacar que los pollos de engorda requieren de temperaturas altas a edades tempranas, ya que son incapaces de producir calor corporal. Después de la cuarta semana, los pollos empluman en su totalidad, sus mecanismos de termorregulación están desarrollados y producen calor de manera constante (Hernández y Petrone, 2005). A partir de ese momento las altas temperaturas afectan negativamente el comportamiento productivo reflejándose en una disminución del consumo de alimento y ganancia de peso (Daghir, 2008).

Las altas temperaturas registradas en la época calurosa beneficiaron el desempeño productivo de los pollos durante las primeras cinco semanas, pero lo afectaron durante las últimas dos semanas del ciclo de producción, posiblemente porque utilizaron parte de la energía ingerida para su termorregulación y no para producir carne. Asimismo, las bajas temperaturas registradas durante las últimas dos semanas del ciclo de producción (Figura 1) en la época fresca provocaron mayor consumo de alimento y mayor ganancia de peso.

6.1.2. Curva de crecimiento. Durante las primeras cinco semanas, los pollos criados en la época calurosa tuvieron pesos corporales mayores ($P < 0.05$) en comparación con los criados en la época fresca. A los 42 días de edad no se encontraron diferencias de peso entre ambas épocas ($P > 0.05$), pero al día 49 el peso de los pollos criados en la época calurosa fue inferior ($P < 0.05$) a los de la época fresca (Figura 2).

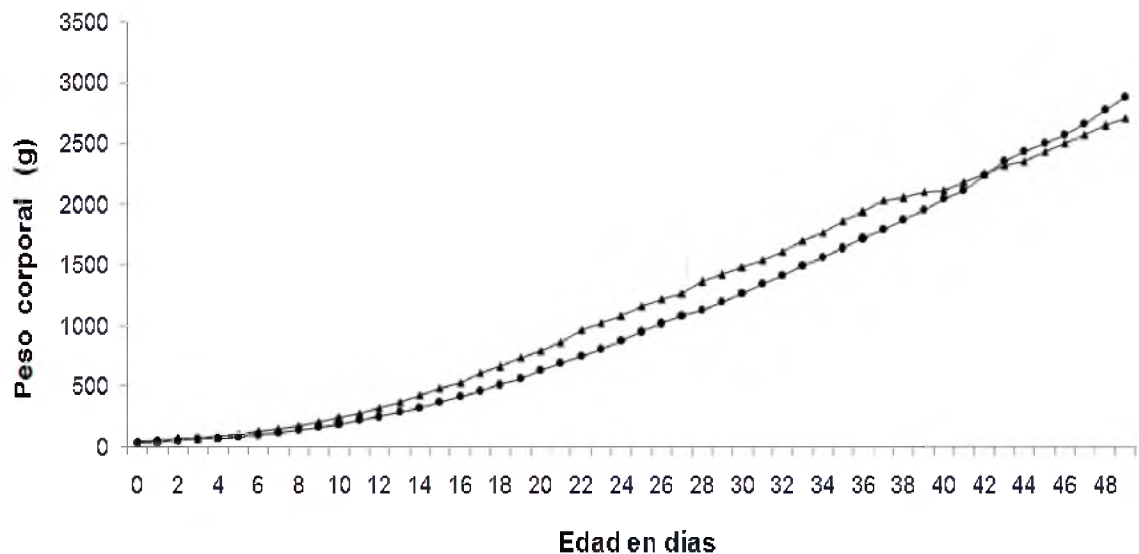


Figura 2. Curva de crecimiento de pollos de engorda machos criados durante la época calurosa (▲) y época fría (●) en clima cálido húmedo.

El mayor peso corporal de los pollos registrado durante las primeras cinco semanas de la época calurosa, se debió a que tuvieron un mayor peso inicial, ya que se ha señalado que en pollos de engorda, el peso inicial se correlaciona positivamente con el peso alcanzado durante las semanas posteriores del ciclo de producción (Hernández *et al.*, 2005; Mogyca-Leandro *et al.*, 2006). Se ha determinado que por cada g menos de peso inicial, los pollos muestran un peso final de las seis a ocho semanas equivalente de 2 a 13 g menos del que deberían haber alcanzado (Wilson, 1991); es decir, que entre más peso tengan

los pollos al inicio de la crianza, mayor será el peso final a una edad determinada. Contrario a lo anterior, el mayor peso inicial de los pollos criados en la época calurosa no se reflejó en el peso final. Se ha señalado que después de las cuatros semanas de vida las temperaturas ambientales altas tienen un efecto negativo sobre el desempeño productivo del pollo de engorda, ya que a esta edad las aves producen de manera constante calor corporal como resultado de su metabolismo acelerado (Hernández y Petrone, 2005), y en consecuencia son más susceptibles al estrés calórico. Así, los pollos criados en la época calurosa tuvieron una menor ganancia de peso durante las últimas semanas, debido a que la temperatura ambiental promedio excedió en 6 °C la zona de termoneutralidad. Además, las aves gastaron más energía para disipar el calor excedente.

6.2. Experimento 2. Efecto de la restricción alimenticia sobre los parámetros productivos y características de la canal en pollos de engorda, en clima cálido

6.2.1. Consumo acumulado de alimento y agua.

6.2.1.1. Consumo acumulado de alimento. Para su análisis, el consumo de alimento se dividió en tres etapas. La primera etapa correspondió al periodo comprendido entre el día cero y 29 de edad, en la cual el consumo acumulado de alimento se obtuvo incluyendo todos los pollos. En esta etapa se observó que durante la época calurosa se registró un consumo acumulado de 2,613 g, mientras que en la época fresca el consumo fue de 2,264 g, por lo tanto, los pollos criados durante la época calurosa consumieron 349 g más de

alimento en comparación con los criados en la época fresca (Cuadro 4). Como consecuencia de lo anterior, los pollos criados durante la época calurosa presentaron mayor peso corporal, con un valor promedio de 1,486 g, mientras que los de la época fresca registraron un peso corporal promedio de 1,275 g en el día 30 (Cuadros 7). En este sentido, se ha señalado que el consumo de alimento guarda una relación directa con el peso corporal (O'Sullivan *et al.*, 1992). En un estudio realizado por Pym y Nicholls (1979), encontraron que el coeficiente de correlación entre peso corporal y consumo de alimento en pollos de engorda va de 0.7 a 0.9, en ambientes controlados. Por lo tanto, los pollos con mayor peso corporal tienden a consumir una mayor cantidad de alimento. En el presente trabajo, los pollos criados en la época calurosa tuvieron un peso inicial superior a los criados durante la época fresca; lo cual ocasionó que durante la etapa de 0 a 29 días los primeros tuvieran la capacidad de consumir mayor cantidad de alimento y lograr un crecimiento más rápido, en comparación con los segundos.

La segunda etapa consistió en la aplicación de la restricción alimenticia y abarcó del día 30 al 40 de edad. Durante la época calurosa, se observaron diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$) para el consumo acumulado de alimento, donde el mayor consumo (1,753 g) se registró en el tratamiento T₁, seguido por T₅, T₂, T₄ y T₃, con valores de 1,610, 1,571, 1,421 y 1,245 g, respectivamente (Cuadro 4). En la época fresca también se observaron diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$) con consumos acumulados de 1,706, 1,547, 1,494, 1,337 y 1,171 g, para los tratamientos T₁, T₂, T₅, T₄ y T₃, respectivamente.

Cuadro 4. Consumo acumulado de alimento total y por etapas en pollos de engorda machos sometidos a diferentes niveles de restricción alimenticia, durante la época calurosa (EC) y época fresca (EF).

Tratamientos ¹	Consumo acumulado de alimento (g)															
	Día 0-29 ²				Restricción alimenticia (Día 30-40)				Realimentación (Día 41-49)				Total			
	EC		EF		EC		EF		EC		EF		EC		EF	
	g	% ³	g	% ³	g	% ³	g	% ³	g	% ³	g	% ³	g	% ³	g	% ³
T ₁	2,613	100	2,264	100	1,753a	100	1,706a	100	1,637b	100	1,895d	100	6,003a	100	5,865b	100
T ₂	2,613	100	2,264	100	1,571b	90	1,547b	91	1,745b	107	2,066c	109	5,928a	100	5,877b	100
T ₃	2,613	100	2,264	100	1,245d	71	1,171e	69	1,874a	114	2,209a	117	5,731b	95	5,644c	96
T ₄	2,613	100	2,264	100	1,421c	81	1,337d	78	1,867a	114	2,125bc	112	5,901a	98	5,726c	98
T ₅	2,613	100	2,264	100	1,610b	92	1,494c	88	1,737b	106	2,189ab	115	5,960a	99	5,947a	100
Promedio	2,613	100	2,264	100	1,520	87	1,451	85	1,772	108	2,097	111	5,904	98	5,812	99

a, b, c, d = Literales diferentes dentro de cada columna, indican diferencia estadística significativa (Tukey, P<0.05).

¹ T₁= alimentación *ad libitum*, T₂= alimentación *ad libitum* durante la noche, T₃= restricción alimenticia en 30 %, T₄= restricción alimenticia en 20 % y T₅= restricción alimenticia en 10 %.

² Consumo acumulado de alimento calculado considerando todos los pollos (EC, n=204 y EF, n=234).

³ Porcentaje de consumo de alimento con relación al grupo testigo.

El tratamiento T₁ (alimentación a libre acceso) tuvo el mayor consumo de alimento, lo cual se esperaba, ya que dichos pollos tuvieron acceso al alimento en todo momento, mientras que en los otros tratamientos hubo restricción del alimento en los niveles indicados previamente.

El tratamiento T₂ que consistió en alimentación únicamente durante la noche fue el que siguió en mayor consumo al tratamiento T₁. La principal razón por la que se incluyó este tratamiento fue para determinar si este régimen de alimentación afecta el consumo diario de alimento por ave, ya que en climas cálidos la alimentación durante las horas más frescas es una de las medidas más utilizadas para controlar el estrés calórico. En este trabajo, el periodo de restricción fue de 10.5 h (de 7:00 a.m. a 5:30 p.m.), lo que indica que los pollos tuvieron libre acceso al alimento durante un periodo de 13.5 h.

Algunos autores evaluaron el efecto de la restricción de alimento, limitando la cantidad de horas en que los pollos son alimentados. En este sentido, se ha afirmado que en periodos de seis horas de alimentación, los pollos consumen una cantidad de alimento significativamente menor, en comparación con aquellos alimentados a libre acceso (Classen y Riddell, 1989). Otros autores probaron periodos de restricción alimenticia de 12 horas, en pollos de engorda mantenidos a temperaturas entre 29 y 32 °C; encontraron que al restringir el alimento durante los horarios diurnos las aves mejoraron la conversión alimenticia, ganancia de peso y peso final (Donkoh *et al.*, 1989; Pérez *et al.*, 1998).

Los resultados de este estudio indican que 13.5 h de acceso al alimento son suficientes para que los pollos consuman cantidades similares o ligeramente superiores al 90 %, con respecto a aquellos alimentados a libre acceso (Cuadro 4); no obstante, se observó una reducción del peso corporal en el día 40 de 6 y 8 % en los pollos criados durante las épocas calurosa y fresca, respectivamente (Cuadro 5A). Esto se debió a que el consumo de alimento del tratamiento T₂ durante los primeros días de restricción alimenticia fue bajo, con respecto al tratamiento T₁, mientras que en los últimos días en ambos tratamientos, se observaron consumos similares ($P>0.05$; Figura 3).

Lo anterior se atribuye a que en el inicio de la restricción alimenticia los pollos del tratamiento T₂ no habían desarrollado un mecanismo de adaptación, lo que impidió compensar la restricción con un mayor consumo durante la noche. Sin embargo, conforme pasaron los días, los animales adquirieron la capacidad de consumir en un menor lapso de tiempo cantidades similares a los pollos alimentados a libre acceso. Los consumos acumulados de alimento en los tratamientos T₅, T₄ y T₃ fueron diferentes en ambas épocas ($P<0.05$), ya que diariamente se ajustó la cantidad de alimento proporcionado, tomando como referencia el consumo del tratamiento testigo.

La tercera etapa correspondió a la alimentación a libre acceso después de la restricción (realimentación) inició el día 41 y finalizó el día 49. En ésta etapa se encontraron diferencias entre tratamientos para el consumo acumulado de alimento en ambas épocas ($P<0.05$). Durante la época calurosa los tratamientos T₃ y T₄ presentaron los mayores consumos de alimento acumulado, con valores de 1,874 y 1,867 g, respectivamente (Cuadro 4),

mientras que los tratamientos T₂, T₅ y T₁ mostraron menores consumos de alimento acumulado, con valores de 1,745, 1,737 y 1,637 g, respectivamente. En la época fresca los mayores consumos acumulados de alimento ocurrieron con los tratamientos T₃ y T₅, con valores de 2,209 y 2,189 g, respectivamente.

Las aves sometidas a restricción alimenticia tienden a consumir mayor cantidad de alimento durante el periodo de realimentación, en comparación con aquellas alimentadas sin restricción. Esto fue demostrado por González *et al.* (2000), quienes sometieron a un grupo de pollos a una restricción alimenticia diaria del 25 %, entre los días siete y 21 de edad. Al finalizar el experimento (día 49), encontraron que el grupo restringido consumió únicamente 5.9 % menos de alimento que las aves alimentadas a libre acceso. En el presente estudio los pollos de los tratamientos sometidos a restricción alimenticia presentaron los mayores consumos de alimento durante la realimentación en ambas épocas (Cuadro 4), lo cual les permitió ganar más peso durante esta etapa e igualar sus pesos corporales con los pollos del tratamiento testigo en el día 49.

Independientemente de la restricción alimenticia, los pollos criados durante la época calurosa consumieron menos alimento en el periodo de realimentación, en comparación con los de la época fresca. Estos resultados pueden ser atribuidos a las altas temperaturas ambientales registradas durante el ciclo de producción. En la época calurosa se registraron temperaturas promedio superiores a 30 °C; mientras que en la época fresca la temperatura promedio osciló entre 21 y 28 °C (Figura 3).

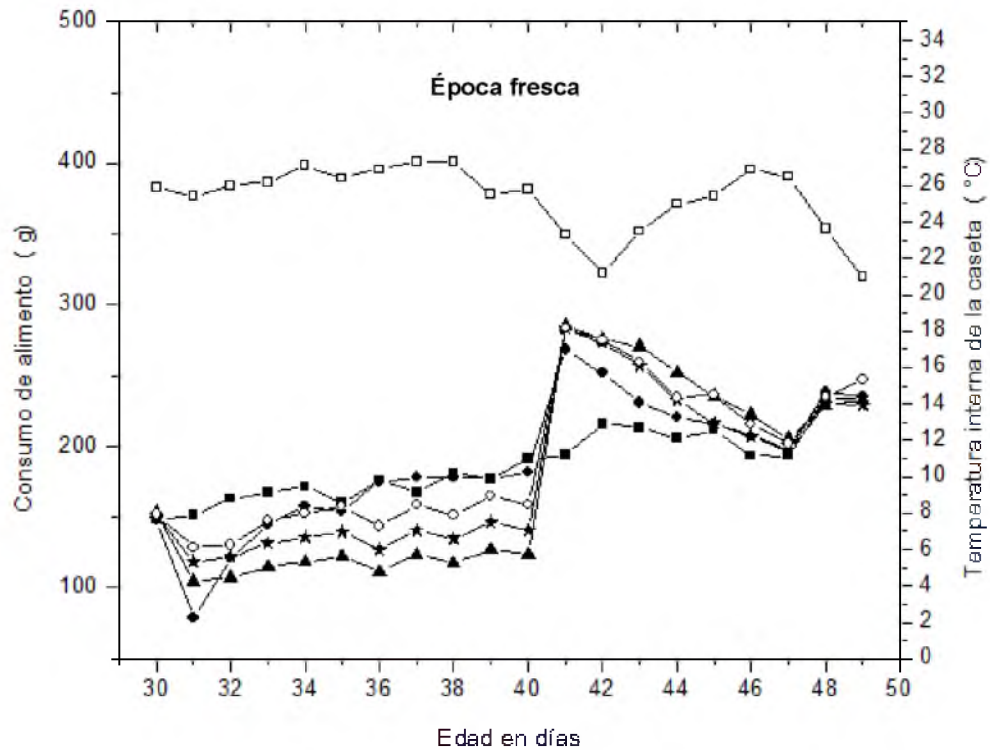
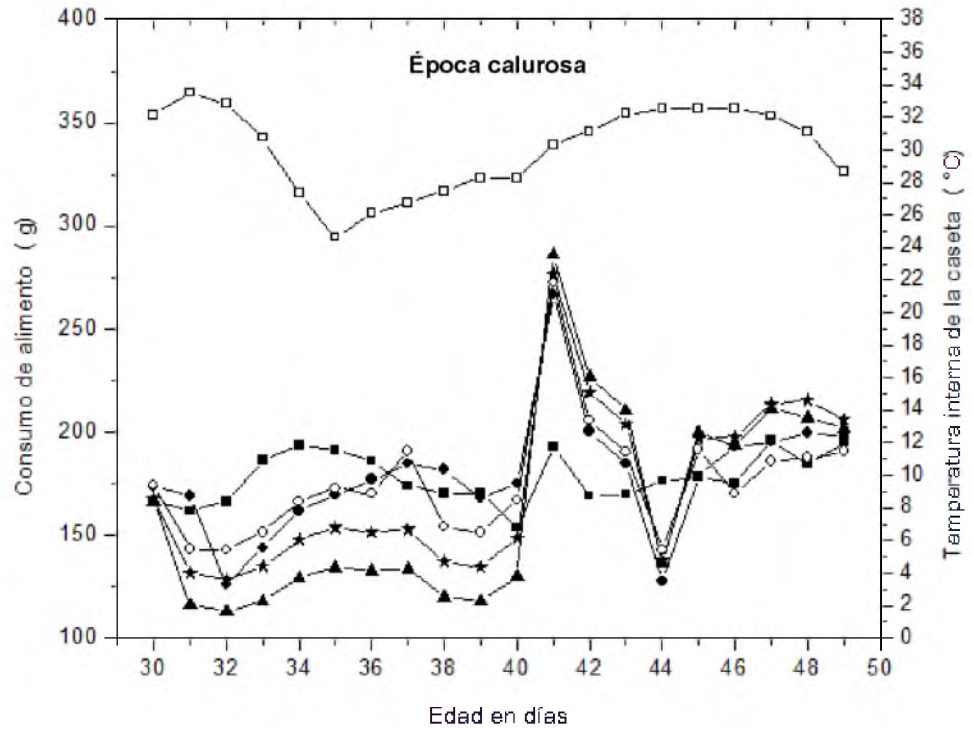


Figura 3. Consumo de alimento (g) por ave en relación con la temperatura (°C; -□-) en pollos de engorda sometidos a diferentes niveles de alimentación en dos épocas del año (-■- T₁), (-●- T₂), (-▲- T₃), (-★- T₄) y (-○- T₅).

La temperatura óptima de crianza en los pollos de engorda durante las últimas semanas se ubica entre los 18 y 24 °C (Quintana, 2005), por tanto, temperaturas superiores a 25 °C disminuyen el consumo de alimento y la ganancia de peso (Al-Fataftah y Abu-Dieyeh, 2007). Las menores temperaturas ambientales registradas en la época fresca ocasionaron que los pollos tuvieran mayor consumo de alimento y mejor desempeño productivo, en comparación con los de la época calurosa durante la etapa de realimentación.

El análisis global del consumo acumulado de alimento durante todo el ciclo de producción mostró diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$), en ambas épocas (Cuadro 4). En la época calurosa el menor consumo acumulado de alimento se registró en el tratamiento T₃ (5,731 g); mientras que en los otros tratamientos no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$). Durante la época fresca el mayor consumo acumulado de alimento se registró en el tratamiento T₅ (5,947 g), seguido por los tratamientos T₁ (5,865 g) y T₂ (5,877 g) y, finalmente, los menores consumos se obtuvieron en los tratamientos T₄ (5,726 g) y T₃ (5,644 g). En general, los pollos sometidos a un mayor nivel de restricción tuvieron menores consumos globales de alimento, en ambas épocas (Cuadro 4). Estos resultados concuerdan con los reportes de varios autores, quienes al aplicar programas de restricción alimenticia de 12 a 35 días de edad obtuvieron menor consumo acumulado de alimento en pollos de engorda (Cangar *et al.*, 2008; Khetani *et al.*, 2009). Los porcentajes de consumo de alimento de los diferentes tratamientos con relación al tratamiento testigo (T₁), durante la época calurosa fueron de 100, 95, 98 y 99 % para los tratamientos T₂, T₃, T₄ y T₅, respectivamente. En cambio, en la época fresca los consumos

de alimento con respecto al tratamiento testigo fueron de 100, 96, 98 y 100 % para los tratamientos T₂, T₃, T₄ y T₅, en el mismo orden (Cuadro 4).

En ambas épocas se calcularon los coeficientes de correlación entre temperatura ambiental y consumo acumulado de alimento. Los valores obtenidos fueron 0.06 y -0.66 para las épocas calurosa y fresca, respectivamente (Cuadro 5). La correlación baja entre temperatura ambiental y consumo de alimento en la época calurosa, se explica porque la restricción alimenticia coincidió con las temperaturas más agradables para los pollos, lo que disminuyó su consumo voluntario, mientras que en la etapa de realimentación, los consumos fueron afectados negativamente por las altas temperaturas. En la época fresca, la correlación entre ambas variables fue negativa, lo que indica que a medida que disminuyó la temperatura ambiental se incrementó el consumo de alimento.

Cuadro 5. Correlaciones entre temperatura ambiental, peso corporal y consumos de alimento y agua en pollos de engorda sometidos a diferentes niveles de restricción alimenticia.

Variables	Consumo de agua		Peso corporal		Temperatura ambiental	
	EC	EF	EC	EF	EC	EF
Consumo de alimento	0.68	0.80	0.51	0.77	0.06	-0.66
Consumo de agua			0.55	0.59	0.50	-0.50
Peso corporal					0.21	-0.52

EC= época calurosa, EF= época fresca.

6.2.1.2. Consumo acumulado de agua. Se evaluó en las mismas etapas que el consumo acumulado de alimento. Durante la primera etapa (0 y 29 días de edad) se obtuvo el mismo consumo acumulado de agua en los diferentes tratamientos (Cuadro 6), ya que todos los pollos permanecieron juntos durante dicho periodo. No obstante, se encontró que el consumo de agua fue mayor en la época calurosa, en comparación con la época fresca (6,033 vs 4,000 ml). El mayor consumo de agua en la época calurosa se debió a que las temperaturas ambientales fueron más elevadas (Figura 1), aunado a un mayor consumo de alimento.

El consumo acumulado de agua durante la segunda etapa o restricción alimenticia (día 30 al 40 de edad) fue diferente entre tratamientos, en ambas épocas ($P < 0.05$). Para la época calurosa los mayores consumos de agua se registraron en los tratamientos T₁, T₅ y T₂ (4,006, 3,836 y 3,721 ml, respectivamente), seguidos por los tratamientos T₄ (3,591 ml) y T₃ (3,331 ml) (Cuadro 6). Un comportamiento similar al anterior se tuvo durante la época fresca, donde los mayores consumos acumulados de agua ocurrieron en los tratamientos T₂, T₁ y T₅ (3,303, 3,297 y 3,253 ml, respectivamente), mientras que los tratamientos T₃ y T₄ registraron consumos de 2,909 y 2,868 ml (Cuadro 6).

El consumo de agua guarda una estrecha relación con el consumo de alimento (Pedersen y Thomsen, 2000). En este sentido, se ha estimado una correlación de 0.98 entre consumo de alimento y consumo de agua en pollos criados en condiciones óptimas de temperatura (Lott *et al.*, 2003).

Cuadro 6. Consumo acumulado de agua total y por etapas en pollos de engorda machos sometidos a diferentes niveles de restricción alimenticia, durante la época calurosa (EC) y época fresca (EF).

Tratamientos ¹	Consumo acumulado de agua (ml)							
	Día 0-29 ²		Restricción alimenticia (Día 30-40)		Realimentación (Día 41-49)		Total	
	EC	EF	EC	EF	EC	EF	EC	EF
T ₁	6,033	4,000	4,006a	3,297a	3,907b	3,093d	13,945a	10,389b
T ₂	6,033	4,000	3,721ab	3,303a	4,203ab	3,384c	13,957a	10,687a
T ₃	6,033	4,000	3,331c	2,909b	4,519a	3,809a	13,883a	10,718a
T ₄	6,033	4,000	3,591b	2,868b	4,431a	3,439bc	14,055a	10,307b
T ₅	6,033	4,000	3,836ab	3,253a	4,302a	3,644ab	14,170a	10,897a
Promedio	6,033	4,000	3,697	3,126	4,272	3,474	14,002	10,600

a, b, c, d = Literales diferentes dentro de cada columna, indican diferencia estadística significativa (Tukey, P<0.05).

¹T₁= alimentación *ad libitum*, T₂= alimentación *ad libitum* durante la noche, T₃= restricción alimenticia en 30 %, T₄= restricción alimenticia en 20 % y T₅= restricción alimenticia en 10 %.

² Consumo acumulado de alimento calculado considerando todos los pollos (EC, n=204 y EF, n=234).

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que los grupos de pollos que consumieron mayor cantidad de alimento durante la etapa de restricción alimenticia tuvieron los mayores consumos de agua, independientemente de la época (Cuadro 6).

Durante la tercera etapa o realimentación (día 41 a 49 de edad), se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el consumo acumulado de agua ($P < 0.05$; Cuadro 6). En la época calurosa los tratamientos T_1 y T_2 registraron los consumos de agua más bajos (3,907 y 4,203 ml, respectivamente). Durante la época fresca el tratamiento testigo (T_1) registró el menor consumo de agua (3,093 ml), en comparación con los tratamientos T_3 , T_5 , T_4 y T_2 (3,809, 3,644, 3,439 y 3,384 ml, respectivamente).

El análisis global de los consumos acumulados de agua en ambas épocas indicó que todos los grupos de pollos criados en la época calurosa tuvieron un consumo acumulado de agua estadísticamente similar ($P > 0.05$), mientras que en la época fresca los tratamientos T_1 (10,389 ml) y T_4 (10,307 ml) mostraron un menor consumo, en comparación con los demás tratamientos (Cuadro 6).

La cantidad de agua consumida por los pollos en este experimento con relación al consumo de alimento, en la época calurosa fue de 2.32:1, 2.35:1, 2.42:1, 2.38:1 y 2.38:1; para los tratamientos T_1 , T_2 , T_3 , T_4 y T_5 ; mientras que para la época fresca fue de 1.77:1, 1.82:1, 1.90:1, 1.80:1 y 1.83:1 (Cuadro 4A).

A una temperatura óptima los pollos de engorda consumen de 1.6 a 2 veces más agua que la cantidad de alimento (Brake *et al.*, 1992; Singleton, 2004). Los valores obtenidos en la época fresca concuerdan con los resultados citados anteriormente, pero los de la época calurosa superan el intervalo antes

mencionado. Sin embargo, las temperaturas ambientales alcanzadas en este estudio en ambas épocas, excedieron la temperatura óptima para la crianza del pollo de engorda (Figura 4).

El consumo de agua se relacionó altamente con el consumo de alimento y con la temperatura ambiental. Los coeficientes de correlación entre consumo de agua y consumo de alimento fueron de 0.68 y 0.80 para la época calurosa y fresca, respectivamente (Cuadro 5). Asimismo, los valores obtenidos entre consumo de agua y temperatura ambiental fueron de 0.50 y -0.50, para las épocas anteriormente indicadas.

Estos resultados sugieren que existe mayor grado de asociación entre el consumo de agua y alimento. Así, Estrada y Márquez (2005) sostuvieron que el consumo de agua, depende en gran parte, de la disponibilidad y consumo de alimento. En un estudio realizado en pollos reproductores con periodos de restricción de agua y alimento, se encontró que el consumo de agua era más dependiente de la disponibilidad de alimento que el consumo de alimento a la disponibilidad de agua (Marks y Brody, 1984). Tal resultado se corroboró en el presente experimento, ya que los coeficientes de correlación entre consumo de agua y consumo de alimento fueron más altos y constantes en ambas épocas, mientras que el coeficiente de correlación entre consumo de agua y temperatura ambiental fue diferente para cada época (Cuadro 5).

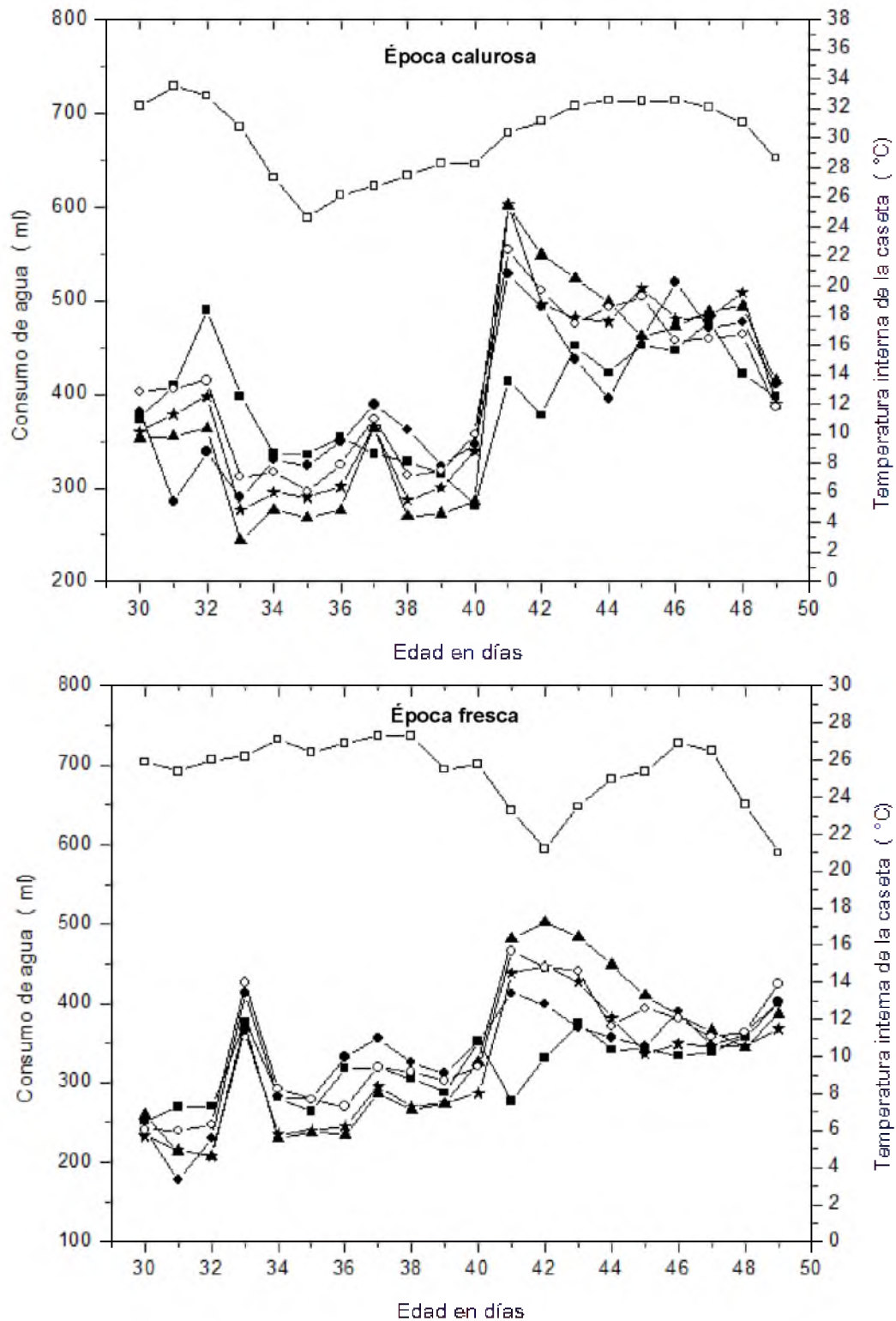


Figura 4. Consumo de agua (ml) por ave con respecto a la temperatura (°C; -□-) en pollos de engorda sometidos a diferentes niveles de alimentación en dos épocas del año (-■- T1), (-●- T2), (-▲- T3), (-★- T4) y (-○- T5).

6.2.2. Peso corporal. Los pesos iniciales (día 0) de los pollos criados durante la época calurosa fueron mayores a los criados durante la época fresca (48 vs 42 g; Cuadro 7). El peso inicial en los pollos es muy importante porque guarda una correlación positiva con el desempeño productivo y el peso corporal final (Hernández *et al.*, 2005). En pollos de la línea AgRoss 308, se calcularon los coeficientes de correlación entre peso inicial y peso corporal a 14, 21, 40 y 47 días de edad, con valores de 0.89, 0.83, 0.52 y 0.46, respectivamente (Mogyca-Leandro *et al.*, 2006). La diferencia de pesos iniciales entre los pollitos utilizados en este estudio, se debió a que los de la época calurosa fueron hijos de reproductoras ubicadas en la última parte de la curva de postura, mientras que los pollitos de la época fresca se obtuvieron de huevos de reproductoras en el inicio de su ciclo de postura. Los pesos corporales registrados al día 30 (inicio de la restricción alimenticia) fueron estadísticamente similares ($P>0.05$) entre tratamientos en ambas épocas (Cuadro 7). Esto se debió a que antes de aplicar los tratamientos a las unidades experimentales, se asignaron a cada unidad aves con un peso corporal promedio similar.

En el día 30, la diferencia de peso corporal de los pollos criados durante la época calurosa con relación a los de la época fresca fue de 211 g, lo cual se atribuye a los mayores pesos iniciales y consumos de alimento superiores. Además, las altas temperaturas registradas en la época calurosa durante los primeros 30 días del ciclo de producción pudieron ser benéficas y favorecer un mejor desempeño productivo de los pollos, ya que se ha indicado que en esta etapa requieren temperaturas entre 26 y 32 °C, debido a su incapacidad para

generar calor corporal, durante las primeras cuatro semanas de vida (Hernández y Petrone, 2005).

Al final de la etapa de restricción alimenticia (día 40), se encontraron diferencias entre tratamientos para el peso corporal en ambas épocas ($P < 0.05$). Durante la época calurosa, el mayor peso corporal se registró en el tratamiento T₁ (2,125 g), seguido por los tratamientos T₂ (1,995 g), T₅ (1,990 g), T₄ (1,880 g) y T₃ (1,803 g). En la época fresca el tratamiento T₁ tuvo el peso corporal más alto (2,070 g) y lo siguieron los tratamientos T₂ (1,912 g) y T₅ (1,863 g), mientras que los pesos menores se registraron en los tratamientos T₄ (1,786 g) y T₃ (1,645 g; Cuadro 7 y Figura 1A). El tratamiento T₁ presentó los mayores pesos corporales en ambas épocas, los demás tratamientos registraron pesos corporales menores.

La reducción del peso corporal en porcentaje al día 40 para los diferentes tratamientos, en comparación con los pesos del tratamiento testigo durante la época calurosa y época fresca fue de 6 y 8 % para T₂; 15 y 21 % para T₃; 12 y 14 % para T₄; 6 y 10 % para T₅, respectivamente (Cuadro 5A). La reducción en peso corporal fue similar a la reportada en pollos de la línea Hybro sometidos a niveles de restricción alimenticia de 15 y 30 %, con reducción del peso corporal de 11 y 16 %, respectivamente (Benyi y Habi, 1998). Sin embargo, la restricción alimenticia del estudio señalado se aplicó entre los 28 y 56 días de edad, mientras que en el presente estudio se realizó entre los 30 y 40 días de edad.

Cuadro 7. Pesos corporales de pollos de engorda machos sometidos a diferentes niveles de restricción alimenticia durante la época calurosa y época fresca en clima cálido húmedo.

Tratamientos ¹	Día 0 ²	Día 30	Día 40	Día 49
Época calurosa				
T ₁	48 ± 3.7	1,483 ± 80.5a	2,125 ± 214.8a	2,711 ± 212.3a
T ₂	48 ± 3.7	1,492 ± 104.1a	1,995 ± 182.4b	2,706 ± 241.9a
T ₃	48 ± 3.7	1,485 ± 97.2a	1,803 ± 127.4c	2,623 ± 227.9a
T ₄	48 ± 3.7	1,475 ± 111.0a	1,880 ± 118.6c	2,647 ± 164.0a
T ₅	48 ± 3.7	1,496 ± 90.4a	1,990 ± 144.9b	2,735 ± 199.1a
Promedio	48	1,486	1,959	2,684
Época fresca				
T ₁	42 ± 4.1	1,262 ± 154.6a	2,070 ± 231.6a	2,886 ± 304.4a
T ₂	42 ± 4.1	1,249 ± 174.9a	1,912 ± 222.9b	2,855 ± 288.5a
T ₃	42 ± 4.1	1,297 ± 136.9a	1,645 ± 167.5c	2,722 ± 261.4a
T ₄	42 ± 4.1	1,277 ± 178.7a	1,786 ± 230.9bc	2,790 ± 321.9a
T ₅	42 ± 4.1	1,287 ± 202.5a	1,863 ± 250.4b	2,905 ± 284.9a
Promedio	42	1,275	1,855	2,832

a, b, c, d = Literales diferentes dentro de cada columna, indican diferencia estadística significativa (Tukey, P<0.05).

¹T₁= alimentación *ad libitum*, T₂= alimentación *ad libitum* durante la noche, T₃= restricción alimenticia en 30 %, T₄= restricción alimenticia en 20 % y T₅= restricción alimenticia en 10 %.

² Peso promedio, considerando todos los pollos (EC, n=204 y EF, n=234).

Se ha estimado que los pollos cubren sus necesidades nutricionales de mantenimiento consumiendo aproximadamente el 35 % de lo que consumen a libre acceso (Plavnik y Hurwitz, 1989). En la práctica, una restricción de ese nivel no generaría ninguna ganancia de peso. En este estudio, al comparar la ganancia de peso entre tratamientos en ambas épocas, se encontró una reducción en esta variable que durante la etapa de restricción fue de 22 y 18 % en el tratamiento T₂; 50 y 57 % en T₃; 37 y 37 % en T₄; y 23 y 29 % en T₅, para la época calurosa y fresca, respectivamente (Cuadro 5A).

No se encontró efecto de los tratamientos para el peso final, a los 49 días, en ambas épocas ($P > 0.05$). Lo anterior indica que durante el periodo de realimentación, los pollos sometidos a un mayor nivel de restricción alimenticia experimentaron crecimiento compensatorio, lo cual les permitió recuperar su peso, con respecto a los pollos alimentados *ad libitum*. El crecimiento compensatorio se expresa después de un periodo de desnutrición (Tůmová *et al.*, 2002).

Otros factores que influyeron para que el crecimiento compensatorio fuera más evidente en los pollos utilizados en este estudio, son el sexo de los animales, duración y nivel de la restricción alimenticia y las condiciones de la realimentación. En el presente experimento se utilizaron pollos machos, ya que se ha determinado que éstos exhiben una mayor habilidad para recuperar su peso corporal después de un periodo de desnutrición, en comparación con las hembras (Plavnik y Hurwitz, 1991). Estos mismos autores mencionaron que los machos pueden soportar más días de restricción alimenticia, en comparación con las hembras, sin que se afecte su peso final.

En este trabajo se verificó que la aplicación y duración de la restricción alimenticia favorecieron la manifestación del crecimiento compensatorio en los pollos utilizados. No obstante, la mayoría de los estudios realizados han evaluado periodos de restricción alimenticia antes de las cuatro semanas de edad, para que los pollos tengan el tiempo suficiente para exhibir en su totalidad el crecimiento compensatorio (Deaton, 1995; Tůmová *et al.*, 2002; Urdaneta-Rincón y Leeson, 2002). Aunque la restricción alimenticia se realizó a una edad avanzada, los pollos al final del ciclo de producción no sufrieron reducción significativa de su peso corporal, posiblemente porque el periodo de restricción fue únicamente de diez días, lo cual evitó mayor diferencia de pesos corporales al final de esa etapa. Lo anterior indica que el periodo de realimentación de nueve días fue suficiente para que los pollos expresaran un crecimiento compensatorio.

Los coeficientes de correlación entre consumo de alimento y peso corporal fueron de 0.51 y 0.77 para la época calurosa y fresca, respectivamente (Cuadro 5). Lo anterior indica que durante el periodo de realimentación las aves sometidas a mayores niveles de restricción alimenticia consumieron menos alimento en relación con el peso que ganaron. Este resultado concuerda con lo reportado por González *et al.* (2000), quienes señalaron que el logro del crecimiento compensatorio radica en el incremento del consumo de alimento y mejoramiento de la conversión alimenticia.

Aunque no existió diferencia estadística entre tratamientos para el peso final a los 49 días, se observó que los mayores niveles de restricción alimenticia (30 y 20 %) se asociaron con menores pesos corporales. Para la época

calurosa la diferencia en peso entre los pollos más pesados (T_5) con los de menor peso (T_3) fue de 112 g; mientras que en la época fresca la diferencia entre los pollos más pesados (T_5) y los menos pesados (T_3) fue de 183 g (Cuadro 7). Estos resultados concuerdan con los de Urdaneta-Rincón y Leeson (2002), quienes al aplicar en pollos de la estirpe Ross una restricción alimenticia del 10 % en periodos de diferente duración entre los días cinco y 30 no encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos, pero sí diferencias numéricas, para el peso corporal a 42 y 49 días de edad.

6.2.3. Conversión alimenticia. En la primera etapa (0-29 días), los tratamientos tuvieron el mismo valor de conversión alimenticia debido a que todos los pollos permanecieron juntos. No obstante, la conversión alimenticia fue ligeramente mejor en la época calurosa, en comparación con la época fresca (1.82 vs 1.84; Cuadro 8). Esta pequeña diferencia se atribuyó a que los pollos de la época calurosa tuvieron mayores consumos de alimento y pesos corporales, en comparación con los de la época fresca (Cuadros 4 y 7). Estos resultados difieren de lo observado en Turquía por Akyuz (2009), quien al evaluar el desempeño productivo de pollos de la línea Ross 308 obtuvo conversiones alimenticias de 1.36 para el verano y 2.08 para el invierno en la semana cuatro de edad, con temperaturas promedio para ambas épocas de 28.5 y 20.5 °C, respectivamente.

Cuadro 8. Conversión alimenticia por etapas de pollos de engorda machos sometidos a diferentes niveles de restricción alimenticia en dos épocas del año: época calurosa (EC) y época fresca (EF).

Tratamientos ¹	Día 0 al 29 ²		Restricción alimenticia (Día 30 al 40)		Realimentación (Día 41 al 49)		Total	
	EC	EF	EC	EF	EC	EF	EC	EF
T ₁	1.82	1.84	2.73c	2.12c	2.81a	2.34a	2.32a	2.06a
T ₂	1.82	1.84	3.13bc	2.34bc	2.47ab	2.20ab	2.30a	2.09a
T ₃	1.82	1.84	3.94a	3.38a	2.33b	2.05b	2.30a	2.11a
T ₄	1.82	1.84	3.55ab	2.65b	2.43b	2.12b	2.33a	2.08a
T ₅	1.82	1.84	3.28bc	2.60b	2.34b	2.10b	2.28a	2.08a
Promedio	1.82	1.84	3.28	2.62	2.48	2.16	2.31	2.08

a, b, c, d = Literales diferentes dentro de cada columna, indican diferencia estadística significativa (Tukey, P<0.05).

¹T₁= alimentación *ad libitum*, T₂= alimentación *ad libitum* durante la noche, T₃= restricción alimenticia en 30 %, T₄= restricción alimenticia en 20 % y T₅= restricción alimenticia en 10 %.

²Conversión alimenticia, considerando todos los pollos (EC, n=204 y EF, n=234).

En el presente estudio, las temperaturas ambientales promedio registradas para las épocas calurosa y fresca durante la primera etapa (0-29 días), fueron de 30.3 y 28.3 °C, respectivamente. Tales valores se encontraron dentro del intervalo de temperatura óptima recomendada para dicha etapa, por tanto, se consideró que la temperatura no afectó la conversión alimenticia.

Durante la segunda etapa que consistió en restricción alimenticia (30-40 días) se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para ambas épocas ($P < 0.05$). En la época calurosa el mayor valor de conversión alimenticia (3.94) se obtuvo en el tratamiento T_3 , valor que fue similar ($P > 0.05$) al tratamiento T_4 (3.55), pero diferente y superior ($P < 0.05$) a los valores obtenidos con los tratamientos T_5 , T_2 y T_1 (3.28, 3.13, 2.73, respectivamente). Para la época fresca, el mayor valor de conversión alimenticia (3.38) se presentó en el tratamiento T_3 , valor que fue diferente y superior ($P < 0.05$) a los demás tratamientos (Cuadro 8).

De acuerdo con los resultados obtenidos, las mejores conversiones alimenticias más altas se registraron en los pollos alimentados a libre acceso, mientras que las peores conversiones ocurrieron con los niveles más altos de restricción alimenticia. Resultados similares fueron reportados por Benyi y Habi (1998), quienes evaluaron restricción alimenticia en niveles de 15 y 30 % en grupos de aves, y encontraron una conversión alimenticia de 2.2 y 2.3, respectivamente, valores que fueron numéricamente mayores al grupo testigo (2.1). Sin embargo, otros autores (Ballay *et al.*, 1992; Jones y Farrell, 1992; Cangar *et al.*, 2008; Khetani *et al.*, 2009) reportaron resultados diferentes a los obtenidos en el presente estudio. El incremento de la conversión alimenticia

conforme se aumentó el nivel de restricción de alimento se atribuyó a que una vez cubiertos los requerimientos de mantenimiento, los pollos sometidos a un mayor nivel de restricción alimenticia tuvieron menos nutrientes para utilizarlos en la producción de carne.

En la tercera etapa o de realimentación (del día 41 al 49) se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para conversión alimenticia en ambas épocas ($P < 0.05$). Para la época calurosa el valor más alto de conversión alimenticia (2.81) se observó en el tratamiento T_1 ($P < 0.05$), valor que fue estadísticamente similar ($P > 0.05$) al obtenido con el tratamiento T_2 (2.47), pero diferente y superior ($P < 0.05$) a los valores obtenidos en los demás tratamientos. Un comportamiento similar al anterior, se encontró para la época fresca, donde el valor más alto de conversión alimenticia (2.34) ocurrió con el tratamiento T_1 , valor que fue similar ($P < 0.05$) al obtenido con el tratamiento T_2 (2.20), pero diferente y superior a los demás tratamientos. En ambas épocas se observó que todos los niveles de restricción alimenticia presentaron los valores más bajos de conversión alimenticia (Cuadro 8). Estos resultados indican que los pollos sometidos a restricción alimenticia mejoran su conversión alimenticia durante la etapa de realimentación. Resultados similares fueron reportados por Urdaneta-Rincón y Leeson (2002), quienes al restringir el consumo de alimento en niveles de 10 %, durante periodos de diferente duración comprendidos entre el día 5 y 30, encontraron una mejora en la conversión alimenticia, con un valor de 1.88 para el mayor periodo de restricción. En el presente experimento la restricción de alimento mejoró la conversión alimenticia durante la

realimentación, lo que indica que los pollos en esta etapa utilizaron de manera más eficiente el alimento para transformarlo en carne.

No se encontró efecto del nivel de restricción en la conversión alimenticia total ($P > 0.05$), en ambas épocas (Cuadro 8). Estos resultados indican que después de la restricción de alimento, los pollos recuperaron su peso corporal final, lo cual se debió a un incremento en el consumo de alimento y no a la mejor eficiencia en el aprovechamiento del mismo. Se observó que los valores de conversión alimenticia en la semana siete de edad, para ambas épocas, son superiores a lo reportado por Quintana (2005), quien encontró una conversión alimenticia de 1.92. Sin embargo, la conversión alimenticia mencionada por este autor se obtuvo en crías mixtas desarrolladas en instalaciones con ambiente controlado, mientras que en el presente estudio se utilizaron pollos machos y la crianza se llevó a cabo en caseta con ambiente natural, lo cual representó un mayor gasto de energía para regular la temperatura corporal del ave.

En general, el valor promedio de la conversión alimenticia durante la época calurosa fue mayor al de la época fresca (2.3 vs 2.08; Cuadro 8). Esto se debió a la baja temperatura ambiental registrada durante la época fresca, lo cual favoreció un mayor consumo de alimento y mejor aprovechamiento del mismo. Resultados similares fueron reportados por Cooper y Washburn (1998), quienes encontraron conversiones alimenticias de 2.05 y 2.37 en pollos criados a 21 y 32 °C, respectivamente. Por lo tanto, se puede afirmar que las temperaturas óptimas de crianza favorecen una mejor conversión alimenticia.

Independientemente de la época del año, los valores de conversión alimenticia obtenidos en este estudio (Cuadro 8) son similares a los reportados por otros autores. Pérez *et al.* (1998) obtuvieron conversiones alimenticias de 2.11, 2.13 y 2.23 en pollos de engorda que estuvieron a 29 °C alimentados en horarios de 5:00 am a 5:00 pm, 5:00 pm a 5:00 am y 7:00 am hasta agotárseles su ración. Al-Fataftah y Abu-Dieyeh (2007) lograron conversiones alimenticias de 2.17 y 2.45 en pollos criados a 25 y 30 °C, respectivamente. La similitud de resultados entre éste y otros estudios, se debe a que las líneas genéticas actuales exhiben un mejor comportamiento productivo; además, los alimentos contienen los nutrientes necesarios para lograr un buen crecimiento y desarrollo de los animales, por lo que su uso no es una limitante en el crecimiento de las aves. Asimismo, las condiciones ambientales en que se desarrollaron los trabajos anteriormente citados y el presente estudio fueron muy similares.

6.2.4. Mortalidad. No se encontraron diferencias entre tratamientos para esta variable, en ambas épocas ($P > 0.05$; Cuadro 9). Resultados similares fueron reportados en otros estudios en los que se evaluó el efecto de la restricción alimenticia. Así, Benyi y Habi (1998) probaron la restricción alimenticia a niveles de 15 y 30 % en pollos de engorda sin encontrar diferencias para mortalidad. Un efecto similar al anterior fue reportado por Urdaneta-Rincón y Leeson (2002), quienes aplicaron una restricción alimenticia en aves entre los días 14 y 29 de edad.

La mortalidad promedio registrada en la época calurosa fue mayor a la de la época fresca (13.7 vs 1.14 %). Esta diferencia se atribuye a las altas

temperaturas ambientales alcanzadas durante la época calurosa. Este resultado coincide con lo observado por Al-Fataftah y Abu-Dieyeh (2007), quienes al evaluar el efecto de la temperatura de 25 y 35 °C en el comportamiento productivo de pollos de engorda, entre la semana cuatro y ocho de edad, encontraron mortalidades de 2.5 y 11.8 %, respectivamente.

Cuadro 9. Mortalidad de pollos de engorda machos sometidos a diferentes niveles de restricción alimenticia criados en dos épocas del año en clima cálido húmedo.

Tratamientos ¹	Mortalidad (%)			
	Época calurosa		Época fresca	
	Número	Porcentaje	Número	Porcentaje
T ₁	7/35	20.0a	2/35	5.7a
T ₂	4/35	11.4a	0/35	0.0a
T ₃	3/35	8.6a	0/35	0.0a
T ₄	4/35	11.4a	0/35	0.0a
T ₅	6/35	17.1a	0/35	0.0a
Total	24/175	13.7	2/175	1.1

a, b, c, d = Literales diferentes dentro de cada columna, indican diferencia estadística significativa (Tukey, P<0.05).
¹T₁= alimentación *ad libitum*, T₂= alimentación *ad libitum* durante la noche, T₃= restricción alimenticia en 30 %, T₄= restricción alimenticia en 20 % y T₅= restricción alimenticia en 10 %.

6.2.5. Características de la canal y contenido de grasa abdominal

6.2.5.1. Características de la canal. En el Cuadro 10 se presentan el peso final, peso de la canal, peso de los principales cortes (pechuga, muslos y piernas) y peso de la grasa abdominal. Se encontraron diferencias entre tratamientos para el peso final al día 50, en ambas épocas (P<0.05). En la época calurosa, el peso final mayor se obtuvo con el tratamiento T₁ (2,827 g), valor que fue similar (P<0.05) a los pesos obtenidos con los tratamientos T₂, T₄ y T₅ (2,776, 2,723 y 2,775 g, respectivamente), pero diferente y superior

($P < 0.05$) al valor obtenido con el tratamiento T_3 , el cual presentó un valor de 2,657 g. Un comportamiento similar al anterior se observó para la época fresca, donde el valor más alto de peso final (2,987 g) se obtuvo con el tratamiento T_1 , valor que fue diferente y superior ($P < 0.05$) al obtenido con el tratamiento T_3 (2,785 g), pero similar ($P > 0.05$) a los demás tratamientos. La diferencia en el peso final entre T_1 y T_3 fue de 170 y 202 g para las épocas calurosa y fresca, respectivamente.

Es importante señalar que a pesar de que en el día 49 de edad no se encontraron diferencias en el peso corporal de las aves, en el día 50 el peso final mostró diferencias significativas entre tratamientos. La diferencia en el comportamiento de dichas variables se debió a que para el peso corporal al día 49 se consideraron los pesos de siete pollos por tratamiento, mientras que para peso final al día 50 sólo se consideraron los pesos de dos pollos más cercanos al promedio.

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el peso de la canal durante la época calurosa ($P < 0.05$). El valor más alto (2,012 g) se obtuvo en el tratamiento T_1 , valor que fue estadísticamente similar a los obtenidos con los tratamientos T_2 , T_4 y T_5 (1,951, 1,918 y 1,918 g, respectivamente), pero diferente y superior ($P < 0.05$) al valor obtenido en el tratamiento T_3 (1,856 g; Cuadro 10). Estos resultados corroboran el hecho de que los pollos que tuvieron mayor peso final también mostraron mayores pesos de la canal. Se sabe que existe una relación directa entre el peso final y peso en canal y que el coeficiente de correlación entre ambas variables es de 0.89 (García, 2009).

Cuadro 10. Características de la canal y contenido de grasa abdominal en pollos de engorda sometidos a diferentes niveles de restricción durante la época calurosa y época fresca en clima cálido húmedo.

Tratamientos ¹	Peso final G	Peso en canal ²		Peso de los principales cortes ³						Grasa abdominal ²	
		g	%	Pechuga		Muslos		Piernas		g	%
				g	%	g	%	g	%		
Época calurosa											
T ₁	2,827a	2,012a	71	585a	29	326a	16	252a	13	55b	2.0
T ₂	2,776ab	1,951ab	70	577a	30	318ab	16	235b	12	61ab	2.2
T ₃	2,657b	1,856b	70	533b	29	295c	16	235b	13	74a	2.8
T ₄	2,723ab	1,918ab	70	539b	28	316ab	16	245ab	13	62ab	2.3
T ₅	2,775ab	1,918ab	69	558ab	29	306bc	16	247ab	13	64ab	2.3
Promedio	2,751	1,931	70	558	29	311	16	243	13	63	2.3
Época fresca											
T ₁	2,987a	2,129a	71	619a	29	345a	16	267ab	13	47a	1.6
T ₂	2,924ab	2,105a	72	622a	30	343a	16	254b	12	43a	1.5
T ₃	2,785b	2,023a	73	581ab	29	321a	16	256ab	13	43a	1.5
T ₄	2,831ab	2,035a	72	573b	28	336a	17	261ab	13	46a	1.6
T ₅	2,962a	2,146a	72	624a	29	342a	16	276a	13	44a	1.5
Promedio	2,898	2,087	72	604	29	337	16	263	13	44	1.5

a, b, c, d = Literales diferentes dentro de cada columna, indican diferencia estadística significativa (Tukey, P<0.05).

¹T₁= alimentación *ad libitum*, T₂= alimentación *ad libitum* durante la noche, T₃= restricción alimenticia en 30 %, T₄= restricción alimenticia en 20 % y T₅= restricción alimenticia en 10 %.

² Calculado con relación al peso final.

³ Calculado con relación al peso de la canal.

No obstante que en la época fresca los pollos pertenecientes al tratamiento T₃ tuvieron menor peso final, en comparación con los del tratamiento T₁, al analizar el peso en canal no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos. Lo anterior se debe a que los pollos del tratamiento T₃ exhibieron un mayor rendimiento en canal que los del tratamiento T₁ (73 vs 71 %; Cuadro 10), lo cual puede atribuirse a las bajas temperaturas y a la restricción alimenticia. Se ha señalado que la crianza del pollo de engorda por arriba de las temperaturas óptimas disminuye la proporción de carne (Lu *et al.*, 2007) e incrementa la deposición de grasa abdominal (Temim *et al.*, 2000), lo cual se manifiesta en mayor rendimiento en canal. Asimismo, se ha observado que el rendimiento en canal se incrementa conforme lo hace el nivel de restricción alimenticia (Leeson *et al.*, 1992).

El mayor rendimiento en canal del tratamiento T₃ con relación al tratamiento T₁ durante la época fresca, puede atribuirse a que las bajas temperaturas registradas durante la realimentación propiciaron un mayor consumo de alimento en los pollos del tratamiento T₃, lo cual permitió un mayor crecimiento compensatorio, y en consecuencia, mayor rendimiento en canal.

En un análisis general, se encontró que el porcentaje del peso de la canal, promedio fue menor en la época calurosa, en comparación con la época fresca (70 vs 72 %; Cuadro 10). Esta diferencia se puede atribuir a la mayor temperatura ambiental registrada en la época calurosa, la cual ocasionó un menor consumo de alimento en la etapa de realimentación. Los porcentajes del peso de la canal registrados en ambas épocas son similares a los reportados por otros autores. Havenstein *et al.* (2003), reportaron un rendimiento en canal

de 72 % al día 42 de edad en pollos de engorda, mientras que, Quintana (2005) señaló que el rendimiento en canal recomendado para pollos de siete semanas de edad debe ser de 68 %, sin incluir el peso del cuello.

Con relación al peso de los principales cortes para ambas épocas, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el peso de pechuga ($P < 0.5$). Se observó que en la época calurosa, los mayores valores se registraron con los tratamientos T_1 y T_2 (585 y 577 g, respectivamente), mientras que el menor peso se obtuvo con el tratamiento T_3 (533 g). El peso de la pechuga en el tratamiento T_1 superó en 8.9 % al del tratamiento T_3 (Cuadro 10). En la época fresca, el mayor peso de pechuga (624 g) se obtuvo con el tratamiento T_5 , valor que fue similar a los obtenidos con los tratamientos T_2 , T_1 y T_3 (622, 619 y 581 g, respectivamente), pero diferente y superior ($P < 0.05$) al obtenido con el tratamiento T_4 (573 g). De esta manera el peso de la pechuga de los pollos del tratamiento T_5 superó en 8.2 % al de los pollos del tratamiento T_4 .

Independientemente de la época, los tratamientos con mayor nivel de restricción alimenticia tuvieron los menores pesos de pechuga. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Urdaneta-Rincón y Leeson (2002), quienes encontraron que el peso de pechuga disminuyó significativamente con niveles de 5, 10 y 15 % de restricción alimenticia. En el presente estudio se observó que aunque los pesos de pechuga fueron superiores en la época fresca, en comparación con la época calurosa, el porcentaje promedio de pechuga con relación al peso de la canal fue de 29 % para ambas épocas (Cuadro 10). Este valor fue ligeramente superior al 27 % reportado como meta productiva en el

pollo de engorda de siete semanas de edad (Quintana, 2005). No obstante, se debe considerar que en este estudio se utilizaron únicamente pollos machos, los cuales tienen mayor crecimiento muscular, en comparación con las hembras, ya que la meta antes mencionada se recomendó para crianzas mixtas.

En cuanto al peso de los muslos se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), para la época calurosa. Durante la época calurosa el mayor valor (326 g) se logró con el T₁, valor que fue similar a los obtenidos con el T₂ y T₄ (318 y 316 g, respectivamente), pero diferente y superior a los valores obtenidos con T₅ y T₃ (306 y 295 g, respectivamente; Cuadro 10). Estos resultados difieren con lo reportado en otros estudios, donde se encontró que la restricción alimenticia no tuvo efecto sobre el peso de los muslos (Urdaneta-Rincón y Leeson, 2002; Suárez-García *et al.*, 2004). Para la época fresca no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el peso de los muslo ($P > 0.05$). Una respuesta similar encontraron Urdaneta-Rincón y Leeson (2002) y Suárez-García *et al.* (2004). La diferencia de resultados entre épocas se puede atribuir a la temperatura ambiental registrada durante la etapa de realimentación. En ambas épocas el peso de los muslos representó el 16 % del peso de la canal (Cuadro 10). Este resultado es similar al reportado por Leeson y Summers (1980), quienes encontraron que el peso de los muslos representó el 17 % del peso de la canal en pollos de siete semanas de edad.

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el peso de piernas en ambas épocas ($P < 0.05$). En la época calurosa el mayor peso se registró en el tratamiento T₁ (252 g) y los menores en los tratamientos T₂ y T₃,

los cuales presentaron un valor de 235 g (Cuadro 10). En la época fresca el mayor peso se registró en T₅ (276 g) y el menor en T₂ (254 g; Cuadro 10). Se observó que el tratamiento con mayor nivel de restricción alimenticia tuvo el peso más bajo, en ambas épocas. Estos resultados difieren con lo reportado por Suárez-García *et al.* (2004), quienes al aplicar varios niveles de restricción alimenticia entre el día siete y 28 de edad, no encontraron efecto en el peso de las piernas al día 56. Sin embargo, se debe considerar que en el presente estudio se utilizó un periodo de realimentación más corto, el cual no permitió que se diera una recuperación plena de los pollos restringidos. En ambas épocas, el rendimiento de piernas fue de 13 %, con relación al peso de la canal (Cuadro 10), valor que es similar al 13.4 y 12.3 % reportado para pollos de siete semanas de edad (Leeson y Summers, 1980; Havenstein *et al.*, 2003).

En términos generales, se puede afirmar que la restricción alimenticia afecta negativamente el peso de los principales cortes, ya que los tratamientos con mayor nivel de restricción presentaron los pesos más bajos, en comparación con el tratamiento testigo.

6.2.5.2. Contenido de grasa abdominal. Se encontraron diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$) para ésta variable en la época calurosa, mientras que en la época fresca los contenidos de grasa abdominal fueron similares entre tratamientos ($P > 0.05$). En la época calurosa se acumuló mayor cantidad de grasa abdominal en los pollos del tratamiento T₃, en comparación con los del tratamiento T₁ (74 vs 55 g; Cuadro 10). Este resultado difiere con el reporte de Urdaneta-Rincón y Leeson (2002), quienes no encontraron un efecto

de la restricción alimenticia sobre la deposición de grasa abdominal a los 42 y 49 días de edad. En otros estudios, se mencionó que la restricción alimenticia durante las primeras cuatro semanas de vida disminuyó la deposición de grasa abdominal a los 49 y 56 días de edad (Leeson *et al.*, 1992; Khantaprab *et al.*, 1997; Benyi y Habi, 1998; Al-Taleb, 2003). La mayor deposición de grasa en los tratamientos sometidos a restricción alimenticia podría obedecer a un proceso adaptativo, conocido como programación metabólica, el cual se pudo derivar de la falta de nutrientes durante el periodo de restricción alimenticia (Patel y Srinivasan, 2002; Saffar y Khajali, 2010). Dicho proceso probablemente originó un incremento en la acumulación de reservas grasas para tratar de anticiparse a la deficiencia de energía en etapas subsecuentes. El hecho de que los pollos del tratamiento T₃ fueran sometidos a un mayor nivel de restricción alimenticia (30 %), aunado a las altas temperaturas durante las últimas semanas pudieron haber influido en la presentación del fenómeno antes mencionado.

Independiente del tratamiento, los pollos de la época calurosa mostraron mayor contenido de grasa abdominal, en comparación con la época fresca (2.3 vs 1.5 %; Cuadro 10). Se ha indicado que las altas temperaturas ambientales favorecen la deposición de grasa abdominal y reducen el crecimiento en pollos de engorda (Cahaner y Leenstra, 1992; Estrada y Márquez, 2005). Al respecto, Howlider y Rose (1987) determinaron que por cada grado por arriba de la temperatura óptima para pollos de engorda, la cantidad de grasa en la canal y grasa abdominal incrementan 0.8 y 1.6 %, respectivamente. Por tanto, en el presente estudio las altas temperaturas registradas durante las últimas semanas de crianza, en la época calurosa, influyeron negativamente en el

comportamiento productivo de los pollos, incrementando la deposición de grasa abdominal.

Se ha observado que después de un periodo de restricción alimenticia, los pollos comienzan a acumular cantidades elevadas de grasa abdominal una semana después de comenzar la realimentación (Furlan, 1996, citado por Fernanda-Giachetto *et al.*, 2003). En el presente estudio la etapa de realimentación duró nueve días, tiempo suficiente para que los pollos incrementaran sus reservas grasas. Las cantidades de grasa abdominal reportadas en este trabajo son muy similares a las encontradas por Urdaneta-Rincón y Leeson (2002), quienes al emplear tratamientos de restricción alimenticia de diferentes duraciones observaron que el porcentaje de grasa abdominal, con respecto al peso vivo osciló entre 1.7 y 2.2 %. En otro estudio, Al-Taleb (2003) al aplicar restricciones alimenticias en niveles de 5 a 15 % encontró que la grasa abdominal correspondió al 1.7 y 2.6 % del peso final. Se ha estimado que la cantidad de grasa abdominal corresponde del 1 al 5 % del peso vivo (Leeson y Summers, 1980; Havenstein *et al.*, 2003). Sin embargo, en el presente estudio no se consideró la grasa ubicada alrededor de la cloaca, lo que pudo influir en la cuantificación final.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

1. Las temperaturas altas registradas durante la época calurosa afectaron de manera negativa los parámetros productivos de los pollos de engorda; las aves criadas durante la época calurosa mostraron un crecimiento más rápido durante las primeras cinco semanas y más lento durante las últimas dos semanas, en comparación con los de la época fresca.
2. La restricción alimenticia aplicada entre los días 30 y 40 de edad en niveles de 30 y 20 %, disminuyó los consumos acumulados de alimento sin afectar los consumos acumulados de agua, peso final, conversión alimenticia y mortalidad acumulada en pollos de engorda.
3. La restricción alimenticia aplicada entre los días 30 y 40 de edad durante la época calurosa redujo el peso de la pechuga, muslo y pierna cuando se aplicó en niveles de 30 %, en la época fresca solo disminuyó el peso de la pechuga cuando los pollos se restringieron en niveles del 20 %; sin embargo, no afectó el peso final y de la canal y la cantidad de grasa abdominal.

7.2 Recomendaciones

1. Las altas temperaturas registradas en Loma Bonita, Oaxaca, durante los meses más calurosos (marzo y abril) son benéficas para el desempeño productivo de los pollos de engorda en las primeras cinco semanas, sin embargo, para evitar efectos negativos de la temperatura en la productividad, durante las últimas semanas del ciclo de producción, se recomienda criar a las aves durante los meses más frescos del año (septiembre a febrero) y los meses más calurosos del año se pueden aprovechar para realizar la limpieza y desinfección de las instalaciones o para criar a los pollos en su etapa inicial.
2. La alimentación de las aves únicamente durante la noche (7:00 p.m. a 7:00 a.m.), no afectó los parámetros productivos del pollo de engorda a las siete semanas de edad, por lo que puede aplicarse en los pollos criados bajo condiciones ambientales locales para reducir la mortalidad por estrés calórico sin afectar el rendimiento productivo.
3. Los tratamientos de restricción alimenticia aplicados entre los días 30 y 40 en este estudio permitieron que los animales manifestaran crecimiento compensatorio. Para evitar un efecto negativo en el peso final se recomienda suspender la restricción alimenticia nueve días antes del sacrificio de las aves (día 49).
4. Se debe realizar más investigación sobre el desempeño productivo del pollo de engorda criado bajo condiciones locales, misma que en un futuro puede aplicarse para incrementar la productividad en ésta especie.

8. LITERATURA CITADA

- Abu-Dieyeh, Z. H. M. 2006. Effect of high temperature per se on growth performance of broilers. *Int. J. Poult. Sci.* 5:19-21.
- Akyuz, A. 2009. Effects of some climates parameters of environmentally uncontrollable broilers houses on broiler performance. *J. Anim. Vet. Adv.* 8:2608-2612.
- Al-Fataftah, A. A., Abu-Dieyeh Z. H. M. 2007. Effect of chronic heat stress on broiler performance in Jordan. *Int. Poult. Sci.* 6:64-70.
- Al-Taleb, S. S. 2003. Effect of early feed restriction of broiler's on productive performance and carcass quality. *On Line J. Biol. Sci.* 3:607-611.
- Arce, M. J., Berger M. M., López C. C. 1992. Control of ascites syndrome by feed restriction techniques. *J. Appl. Poult. Res.* 1:1-5.
- Arceo, J. 2006. El agua como nutriente en pollos de engorda. Consultado en Febrero del 2010. Disponible en: www.virbac.com.mx.
- Ballay, M., Dunnington E. A., Gross W. B., Siegel P. B. 1992. Restricted feeding and broiler performance: Age at initiation and length of restriction. *Poult. Sci.* 71:440-447.
- Banda, C. A. 2005. Humedad en las casetas de pollo de engorda. En: Serrano A. R. C., Hernández V. X. (Eds). *Sistema de producción animal I. Vol. 1. Aves.* 2ª ed. División Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 53-64.
- Barbato, G. F. 1994. Genetic control of food intake in chickens. *J. Nut.* 124:1341-1348.
- Benyi, K., Habi H. 1998. Effects of food restriction during the finishing period on the performance of broiler chickens. *Poult. Sci.* 39:423-425.
- Blahová, J., Dobšíková R., Straková E., Suchý P. 2007. Effect of low environmental temperature on performance and blood system in broiler chickens (*Gallus domesticus*). *Acta Vet. Brno.* 76:17-23.
- Boekholt, H. A., Van Der Grinten Ph., Schreurs V. V. A. M., Los M. J. N., Leffering C. P. 1994. Effect of dietary energy restriction on retention of protein, fat and energy in broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 35:603-614.
- Brake, J. D., Chamblee T. N., Schultz C. D., Peebles E. D., Thaxton J. P. 1992. Daily feed and water consumption of broiler chicks. *J. Appl. Poultry Res.* 1:160-163.

- Cahaner, A., Leenstra F. 1992. Effects of high temperature on growth and efficiency of male and female broilers from lines selected for high weight gain, favorable feed conversion, and high or low fat content. *Poult. Sci.* 71:1237-1250.
- Calderón, A. N. L. 2005. Enfermedades asociadas a la nutrición de las aves. En: Serrano A. R. C., Hernández V. X. (Eds). Sistema de producción animal I. Vol. 2. Aves. 2ª ed. División Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 399-415.
- Cangar, O., Aerts J. M., Vranken E., Berckmans D. 2008. Effects of different target trajectories on the broiler performance in growth control. *Poult. Sci.* 87:2196-2207.
- Castañeda, S. M. P. 2005. Infraestructura de las explotaciones avícolas. En: Serrano A. R. C., Hernández V. X. (Eds). Sistema de producción animal I. Vol. 1. Aves. 2ª ed. División Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 1-20.
- Castellanos, R. A. F., Murguía, O. M. L. 1999. Evaluación de un probiótico para el control de *Salmonella* en pollos de engorda en Yucatán. *Vet. Méx.* 30:243-248.
- Chaiyabutr, N. 2004. Physiological reactions of poultry to heat stress and methods to reduce its effects on poultry production. *Thai J. Vet. Met.* 34:1830.
- Cheng, T. K., Hamre M. L., Coon C. N. 1997. Effect of environmental temperature, dietary protein, and energy levels on broiler performance. *J. Appl. Poult. Res.* 6:1-17.
- Classen, H. L., Riddell C. 1989. Photoperiodic effects on performance and leg abnormalities in broiler chickens. *Poult. Sci.* 68:873-879.
- Cooper, M. A., Washburn K. W. 1998. The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress. *Poult. Sci.* 77:237-242.
- Cristofori, C., Meluzzi A., Giordani G., Sirri F. 1997. Early and late quantitative feed restriction of broilers: effects on productive traits and carcass fatness. *Arch. Gefl.* 61:162-166.
- Daghir, N. J. 2008. Poultry production in hot climates. 2º ed. London, UK. 464 p.
- Deaton, J. W. 1995. The effect of early feed restriction on broiler performance. *Poult. Sci.* 74:1280-1286.

- Deeb, N., A. Cahaner, 1999. The effects of naked neck genotypes, ambient temperature, feeding status and their interactions on body temperature and performance of broilers. *Poult. Sci.* 78:1341-1346.
- Donkoh, A. 1989. Ambient temperature: a factor affecting performance and physiological response of broiler chickens. *Int. J. Biom.* 33:259-265.
- Donkoh, A., Comeort, Atuahene C., Kese A. 1989. Effects of feeding regimen and lighting pattern on the performance of broiler chickens in hot, humid tropics: *Brit. Poult. Sci.* 30:403-406.
- Estrada P. M., Márquez G. S. M. 2005. Interacción de los factores ambientales con la respuesta del comportamiento productivo en pollos de engorde. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 18:246-257.
- Fernanda-Giachetto, P., Nomura G. E., Aparecido F. J. Tiraboschi F. M. I. Furlan R. L., Macari M. 2003. Performance and hormonal profile in broiler chickens fed with different energy levels during post restriction period. *Pesq. Agropec. Bras.* 38:697-702.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 5ª ed. Universidad Autónoma de México. México, D. F. 90 p.
- García, R. A. 2009. Efecto del *Hydrocyanic acidum* en el rendimiento de la canal y de los cortes primarios de pollos para abasto línea genética Cobb 500. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca. Oaxaca de Juárez, México. 88 p.
- González, A. J. M., Suárez A. M. E., Pró-Martínez A., López C. C. 2000. Restricción alimenticia y salbutamol en el control del síndrome ascítico en pollos de engorda: 1. Comportamiento productivo y características de la canal. *Agrociencia* 34:283-292.
- Havenstein, G. B., Ferket P. R., Qureshi M. A. 2003. Carcass composition and yield of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poult. Sci.* 82:1509-1518.
- Hernández, V. X., Petrone G. V. M. 2005. Temperatura de la caseta de pollo de engorda. En: Serrano A. R. C., Hernández V. X. (Eds). Sistema de producción animal I. Vol. 1. Aves. 2ª ed. División Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 21-39.
- Hernández, V. X., Petrone G. V. M., Fuente M. B. 2005. Calidad del pollito. En: Serrano A. R. C., Hernández V. X. (Eds). Sistema de producción animal I. Vol. 1. Aves. 2ª ed. División Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 81-103.

- Hornick, J. L., Van Eenaem C., Gerard O., Dufrasne I., Istasse L. 2000. Mechanisms of reduced and compensatory growth. *Domest. Anim. Endocrinol.* 19:121-132.
- Howliger, M. A. R., Rose S. P. 1987. Temperature and the growth of broilers. *World's Poult. Sci. J.* 43:228-237.
- Jones, G. P. D., Farrell D. J. 1992. Early-life food restriction of broiler chickens. II. Effects of food restrictions on the development of fat tissue. *British Poult. Sci.* 33:589-601.
- Julian, R. J. 1998. Rapid growth problems: ascites and skeletal deformities in broilers. *Poult. Sci.* 77:1773-1780.
- Kethani, T. L., Nkukwana T. T., Chimonyo M., Muchenje V. 2009. Effect of quantitative feed restriction on broiler performance. *Trop. Anim. Health. Prod.* 41:379-384.
- Khantaprab, S., Nikki T., Nobukuni K. 1997. Effect of restricted feed intake on the growth of muscle and the fat deposition in broiler chickens. *Jpn. Poult. Sci.* 34:363-372.
- Lacy, M., Czarick M. 2000. Ambiente Controlado en Galpones de Pollos. *Ven. Avíc.* 16:21-24.
- Leeson, S., Summers J. D. 1980. Production and carcass characteristics of the broiler chicken. *Poult. Sci.* 59:786-798.
- Leeson, S., Summers J. D., Caston, L. J. 1992. Response of broilers to feed restriction or diet dilution in the finisher period. *Poult. Sci.* 71:2056-2064.
- Liew, P. K., Zulkifli I., Hair-Beto M., Omar A. R., Israf D. A. 2003. Effects of early age feed restriction and heat conditioning on heat shock protein 70 expression, resistance to infectious bursal disease, and growth in male broiler chickens subjected to heat stress. *Poult. Sci.* 82:1879-1885.
- Lippens, M., Room G., De Groote G., Decuypere E. 2000. Early and temporary quantitative food restriction of broiler chickens. 1. Effects on performance characteristics, mortality and meat quality. *British Poult. Sci.* 41:343-354.
- López, C. C. 1991. Investigaciones sobre el síndrome ascítico en pollos de engorda. *Cienc. Vet.* 5:13-48.
- López, C. C., Arce M. J., Ávila G. E., Hargis B. M. 1994. Manual del productor para el control del síndrome ascítico III. U. S. Feed Grains Council. pp. 7-31.
- López, C. C., Arce M. J., Ávila G. E., Camacho F. D., Charles N. M. L. 2005. Síndrome ascítico. En: Serrano A. R. C., Hernández V. X. (Eds). Sistema de producción animal I. Vol. 1. Aves. 2ª ed. División Sistema Universidad

Abierta y Educación a Distancia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 347-383.

- Lott, B. D., Dozier W. A., Simmons J. D., Roush W. B. 2003. Water flow rates in commercial broiler houses. *Poult. Sci.* 82:14.
- Lozano, C., De Basilio, A., Oliveros I., Álvarez R., Irina C., Denis B., Yahav. S., Picard M. 2006. Is sequential feeding a suitable technique to compensate for the negative effects of tropical climate en finishing broilers. *Anima. Res.* 55:71-76.
- Lu, Q., Wen J., Zhang H. 2007. Effect of chronic heat exposure on fat deposition and meat quality in two genetic types of chicken. *Poult. Sci.* 86:1059-1064.
- Marks, H. L., Brody T. 1984. Intakes of feed and water following restriction in selected and non selected broilers. *Poult. Sci.* 63:2307-2317.
- Marks, H. L. 1985. Sexual dimorphism in early feed and water intake of broiler. *Poult. Sci.* 64:425-428.
- Marrufo, V. D., Quintana L. J. A., Castañeda S. M. P. 1999. Efecto de la ventilación por presión positiva sobre los parámetros productivos de pollo de engorda, durante siete semanas en casetas de ambiente natural. *Vet. Méx.* 30:98-103.
- May, J. A.; Lott B. 2001. Relating weight gain and feed gain of male and female broilers to rearing temperature. *Poult. Sci.* 80:581-584.
- Merino, G. R. 2005. Ventilación en las casetas avícolas. En: Serrano A. R. C., Hernández V. X. (Eds). *Sistema de producción animal I. Vol. 1. Aves.* 2ª ed. División Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 41-52.
- Mitsuo, S. S., Giachetto P. F., Braga M. E., Macari M., Furlán R. L. 2002. Efeito da restricao alimentar quantitativa sobre o ganho compensatório e composicao da carcaca de frangos. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília 37:903-908.
- Mogyca-Leandro, N. S., Pereira C. W. C., Stringhini J. H., Peres-Da C.C., Barcelos C. M., Silva M. M. 2006. Influencia do peso inicial de pintos de cortes sobre o desempenho e o rendimento de carcaca de frangos e a viabilidade económica da producao. *R. Bras. Zootec.* 35:2314-2321.
- Nielsen, B. L., Litherland M., Noddegaard F. 2003. Effects of qualitative and quantitative feed restriction on the activity of broiler chickens. *Appl. Anim. Behaviour Sci.* 83:309-323.
- North, M. O. 1993. *Manual de producción avícola.* 3ª ed. Editorial el manual moderno. México, D. F. 829 p.

- O'Sullivan, N. P., Dunukgton A. E., Siegel B. P. 1992. Correlated responses in lines of chickens divergently selected for fifty-six-day body weight. 1. Growth, feed intake, and feed utilization. *Poult. Sci.* 71:590-597.
- Paasch, M. L. 1991. Desarrollo de algunas investigaciones sobre el síndrome ascítico en México. *Cien. Vet.* 5:1-11.
- Patel, M. S., Srinivasan M. 2002. Metabolic programming: Causes and consequences. *J. Biol. Chem.* 277:1629-1632.
- Pedersen, S., Thomsen M. G. 2000. Heat and moisture production of broilers kept on straw bedding. *Agric. Eng. Res.* 75:177-186.
- Pérez, M. C. A., Bríñez W., Romero N. B. 1998. Efecto del horario de alimentación sobre la mortalidad y conversión en pollos de engorde. *Rev. Cient.* 8:303-307.
- Pinheiro, D. F., Cruz V. C., Sartori J. R., Vicetini-Paulino M. L. 2004. Effect of early feed restriction and enzyme supplementation on digestive enzyme activities in broilers. *Poult. Sci.* 83:1544-1550.
- Plavnik, I., McMurtry J. P., Rosebrough R. W. 1986. Effects of early feed restriction in broilers. 1. Growth performance and carcass composition. *Growth* 50:68-76.
- Plavnik, I., Hurwitz S. 1988. Early feed restriction in chicks: effects of age, duration, and sex. *Poult. Sci.* 67:384-390.
- Plavnik, I., Hurwitz S. 1989. Effect of dietary protein, energy and feed pelletgh on the response of chicks to early feed restriction. *Poult. Sci.* 68:1118-1125.
- Plavnik, I., Hurwitz S. 1991. Response of broiler chickens and turkey poults to food restriction of varied seventy during early life. *Br. Poult. Sci.* 32:343-352.
- Pym, R., Nicholls P. 1979. Selection for food conversion in broilers: Direct and correlated responses to selection for bodyweight gain, food consumption and food conversion ratio. *Br. Poult. Sci.* 20:73-86.
- Quintana, L. J. A. 1999. Avitecnia. Manejo de las aves domésticas más comunes. 3ª ed. Editorial Trillas, México, D. F. 384 p.
- Quintana, L. J. A. 2005. Producción de pollo de engorda en sus diferentes etapas. En: Serrano A. R. C., Hernández V. X. (Eds). Sistema de producción animal I. Vol. 1. Aves. 2ª ed. División Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 65-80.
- Ramírez, R., Oliveros Y., Figueroa R., Trujillo V. 2005. Evaluación de algunos parámetros productivos en condiciones ambientales controladas y

sistemas convencional en una granja comercial de pollos de engorde. *Rev. Cient.* 15:49-56.

- Reyes, S. E. 2001. Diferentes niveles de lisina en dietas para pollos de engorda con dos programas de alimentación, su efecto sobre la uniformidad y rendimientos de la canal, con análisis econométrico para estimar los niveles óptimos biológicos y económicos. Tesis de Doctorado. Universidad de Colima, Colima, México. 95 p.
- Robinson, F. F., Classen H. L., Hanson J. A., Onderka D. K. 1992. Growth performance, feed efficiency and incidence of skeletal and metabolic disease in full-feed and feed restricted broiler and roaster chickens. *J. Appl. Poult. Res.* 1:33-41.
- Saffar, A., Khajali F. 2010. Application of meal feeding and ski-a-day feeding with or without probiotics for broiler chickens grown at high-altitude to prevent ascites mortality. *Amer. J. Anim. & Vet. Sci.* 5:13-19.
- Sandoval, G. L.; Revidatti, F., Terraes, J. C., Fernández, R. J.; Asiain, M. V. y Sindik, M. 2006. Variables productivas en pollos machos semi-pesados criados bajo diferentes condiciones térmicas. *Rev. FAVE-Cienc. Vet.* 5:1-2.
- Santoso, U., Tanaka K., Ohtani S., Youn B. S. 1993. Effects of early feed restriction on growth performance and body composition in broilers. *Asian Austr. J. Anim. Sci.* 6:401-410.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute Inc. 2004. SAS/IML[®] 9.1 user's guide. Cary, NC:USA.
- Saleh, E. A., Watkins S. L., Waldroup A. L., Waldroup P. W. 2005. Effects of early quantitative feed restriction on live performance and carcass composition of male broilers grown for further processing. *J. Appl. Poult. Res.* 14:87-93.
- Segura, J. C. 2003. Comportamiento de ocho híbridos comerciales de pollos de ceba, criados en el trópico mexicano en instalaciones abiertas y controladas ambientalmente. *Rev. Cub. de Cienc. Agric.* 37:409-414.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2010. Servicio mensual de la producción pecuaria. Consultado en Enero del 2010. Disponible en: www.siap.gob.mx.
- Simmons, J. D., Lott B. D., Miles D. M. 2003. The effects of high air velocity on broiler performance. *Poult. Sci.* 82:232-234.
- Singleton, R. 2004. Hot weather broiler and breeder management. In *Asian. Poult. Magaz.* pp. 26-29.

- Suárez-García, L., Fuentes R. J. M., Torres H. M., López D. S. 2004. Efecto de la restricción alimenticia sobre el comportamiento productivo de pollos de engorde. *Rev. Agr.* 1:24-30.
- Summers, J. D., Sparrt D., Atkinson J. L. 1990. Restricted feeding and compensatory growth for broilers. *Poult. Sci.* 69:1855-1861.
- Tobía, C., Vargas E. 2000. Evaluación de las excretas de pollos de engorda (pollinaza) en la alimentación animal. 1. Disponibilidad y composición química. *Agron. Cost.* 24:47-53.
- Tolkamp, B. J., Sandilands V., Kyriazakis I. 2005. Effects of qualitative feed restriction during rearing on the performance of broiler breeders during rearing and lay. *Poult. Sci.* 84:1286-1293.
- Tůmová, E. Skrivan M., Skrivanova V., Kacerovska L. 2002. Effects of early feed restriction on growth in broiler chickens, turkeys and rabbits. *Czech J. Anim. Sci.* 47:418-428.
- Unión Nacional de Avicultores (UNA). 2010. Indicadores económicos. Consultado en Enero del 2010. Disponible en: <http://www.una.org.mx>.
- Urdaneta-Rincón, M. 2000. Mild feed restriction and compensatory growth in the broiler chicken. Thesis of Master of Science. University of Guelph, Canadá. 109 p.
- Urdaneta-Rincón, M., Leeson S. 2002. Quantitative and qualitative feed restriction on growth characteristics of male broiler chickens. *Poult. Sci.* 81:679-688.
- Wilson, P., Osbourne D. 1960. Compensatory growth after under nutrition in mammals and birds. *Biol. Rev.* 35:324-363.
- Wilson, H. R. 1991. Interrelationships of egg size, chick size, posthatching growth and hatchability. *World's Poult. Sci.* 47:5-20.
- Yalçın, S., Settar P., Ozkan S., Cahaner A. 1997. Comparative evaluation of three commercial broiler stocks in hot versus temperature climates. *Poult. Sci.* 76:921-929.
- Yahav, S., Straschnow A., Vax E., Razpakovski V., Shinder D. 2001. Air velocity alters broiler performance under harsh environmental conditions. *Poult. Sci.* 80:724-726.
- Yu, M. W., Robinson F. E., Clandinin M. T., Bodnar L. 1990. Growth and body composition of broiler chickens in response to different regimens of feed restriction. *Poult. Sci.* 69:2074-2081.
- Yu, M. W., Robinson F. E., 1992. The application of short-term feed restriction to broiler chicken production: A review. *J. Appl. Poult. Res.* 1:147-153.

- Zhou, W. T., Fujita M., Ito T., Yamamoto S. 1996. Effects of intermittent short term acclimation to 32 °C on some thermoregulatory response and standing behavior of laying hens exposed acutely to 36 °C. *Japan. Poult. Sci.* 33:221-229.
- Zubair, A. K., Leeson S. 1994. Effect of varying period of early nutrient restriction on growth compensation and carcass characteristics of male broilers. *Poult. Sci.* 73:129-136.
- Zubair, A. K., Leeson S. 1996. Compensatory growth in the broiler chicken: a review. *World's Poult. Sci. J.* 52:189-201.

9. APÉNDICE

Cuadro 1A. Registro semanal de producción de pollos de engorda machos de la línea Cobb 500, durante la época calurosa (marzo-abril) y época fresca (enero-febrero), en clima cálido húmedo.

Edad en semanas	Mortalidad acumulada (%)	Consumo de alimento/ave/día (g)	Consumo acumulado alimento/ave (g)	Peso por ave (g)	Incremento de Peso (g)	Conversión alimenticia
Época calurosa						
0	0.0	0.0	0.0	48.3	0.0	0.0
1	3.5	21.7	152.1	159.4	111.1	1.4
2	3.5	61.5	430.8	430.9	271.6	1.6
3	4.9	103.5	724.5	866.4	435.5	1.7
4	4.9	140.2	981.4	1,364.3	497.9	1.9
5	7.7	178.5	1,228.2	1,861.2	497.0	2.5
6	10.5	172.8	1,209.5	2,255.6	394.4	3.1
7	10.5	186.9	1,308.3	2,710.9	455.2	2.9
Total	10.5	123.2	6,034.7	2,710.9	2,662.6	2.3
Época fresca						
0	0.0	0.0	0.0	42.3	0.0	0.0
1	1.1	16.7	117.1	121.6	79.3	1.5
2	4.0	50.9	356.4	329.0	186.2	1.7
3	5.1	86.4	604.5	694.1	365.2	1.7
4	6.9	127.6	893.4	1,131.8	437.5	2.0
5	6.9	155.5	1,088.7	1,640.2	508.6	2.1
6	6.9	186.4	1,304.8	2,244.3	604.0	2.2
7	6.9	212.8	1,489.6	2,886.1	641.8	2.3
Total	6.9	119.5	5,854.1	2,886.1	2,843.8	2.1

Cuadro 2A. Proporción entre los consumos de alimento y agua en pollos de engorda machos de la línea Cobb5 00, durante la época calurosa (marzo-abril) y época fresca (enero-febrero), en clima cálido húmedo.

Semana	Consumo de alimento (g)	Consumo de agua (ml)	Proporción alimento:agua
Época calurosa			
1	152.1	441.2	1:2.9
2	430.8	951.3	1:2.2
3	724.5	1,857.5	1:2.6
4	981.4	2,409.3	1:2.5
5	1,228.2	2,885.7	1:2.4
6	1,209.5	2,698.5	1:2.2
7	1,308.3	3,268.7	1:2.5
Total	6,034.7	14,512.2	1:2.5
Época fresca			
1	117.1	284.1	1:2.4
2	356.4	686.6	1:1.9
3	604.5	1,128.0	1:1.9
4	893.4	1,665.1	1:1.9
5	1,088.7	1,886.2	1:1.7
6	1,304.8	2,216.8	1:1.7
7	1,489.6	2,454.6	1:1.7
Total	5,854.5	10,321.4	1:1.8

Cuadro 3A. Consumos acumulados de alimento y agua por etapa en pollos de engorda machos de la línea Cobb 500 sometidos a diferentes niveles de restricción alimenticia, durante la época calurosa (marzo-abril) y época fresca (enero-febrero), en clima cálido húmedo.

Tratamientos ¹	Restricción alimenticia (Día 30-40)			Realimentación (Día 41-49)		
	Alimento (g)	Agua (ml)	Proporción alimento:agua	Alimento (g)	Agua (ml)	Proporción alimento:agua
Época calurosa						
T ₁	1,753.4	4,006.0	1:2.3	1,636.6	3,906.8	1:2.1
T ₂	1,571.0	3,721.3	1:2.4	1,744.5	4,202.9	1:2.4
T ₃	1,244.7	3,331.1	1:2.7	1,873.5	4,519.4	1:2.4
T ₄	1,421.1	3,590.5	1:2.5	1,867.2	4,431.4	1:2.4
T ₅	1,610.3	3,835.6	1:2.4	1,736.8	4,301.6	1:2.5
Promedio	1,520.1	3,696.9	1:2.4	1,771.7	4,272.4	1:2.3
Época fresca						
T ₁	1,706.0	3,296.6	1:2.1	1,895.4	3,092.7	1:1.6
T ₂	1,546.7	3,303.4	1:2.3	2,066.1	3,383.9	1:1.6
T ₃	1,171.3	2,909.4	1:2.9	2,209.1	3,809.1	1:1.7
T ₄	1,336.8	2,868.3	1:2.6	2,125.0	3,439.3	1:1.6
T ₅	1,494.1	3,252.9	1:2.5	2,188.9	3,643.9	1:1.7
Promedio	1,450.9	3,126.1	1:2.5	2,096.9	3,473.8	1:1.7

¹ T₁= alimentación *ad libitum*, T₂= alimentación *ad libitum* durante la noche, T₃= restricción alimenticia en 30 %, T₄= restricción alimenticia en 20 % y T₅= restricción alimenticia en 10 %.

Cuadro 4A. Consumos acumulados totales de alimento y agua en pollos de engorda machos de la línea Cobb 500 sometidos a diferentes niveles de restricción alimenticia, durante la época calurosa (marzo-abril) y época fresca (enero-febrero), en clima cálido húmedo.

Tratamientos ¹	Consumo acumulado (Día 0-29)		Consumo acumulado (Día 30-49)		Consumo acumulado total (Día 1-49)		Proporción alimento:agua
	Alimento (g)	Agua (ml)	Alimento (g)	Agua (ml)	Alimento (g)	Agua (ml)	
Época calurosa							
T ₁	2,612.6	6,032.6	3,390.0	7,912.8	6002.6	13,945.4	1:2.3
T ₂	2,612.6	6,032.6	3,315.5	7,924.2	5928.1	13,956.8	1:2.4
T ₃	2,612.6	6,032.6	3,118.2	7,850.5	5730.7	13,883.1	1:2.4
T ₄	2,612.6	6,032.6	3,288.3	8,021.9	5900.9	14,054.5	1:2.4
T ₅	2,612.6	6,032.6	3,347.1	8,137.2	5959.7	14,169.8	1:2.4
Promedio	2,612.6	6,032.6	3,291.8	7,969.2	5904.4	14,001.9	1:2.4
Época fresca							
T ₁	2,263.8	4,000.0	3,601.4	6,389.3	5,865.2	10,389.1	1:1.8
T ₂	2,263.8	4,000.0	3,612.8	6,687.3	5,876.7	10,687.1	1:1.8
T ₃	2,263.8	4,000.0	3,380.4	6,718.5	5,644.3	10,718.3	1:1.9
T ₄	2,263.8	4,000.0	3,461.8	6,307.6	5,725.7	10,307.4	1:1.8
T ₅	2,263.8	4,000.0	3,683.0	6,896.8	5,946.8	10,896.6	1:1.8
Promedio	2,263.8	4,000.0	3,547.8	6,599.9	5,811.7	10,599.7	1:1.8

¹ T₁= alimentación *ad libitum*, T₂= alimentación *ad libitum* durante la noche, T₃= restricción alimenticia en 30 %, T₄= restricción alimenticia en 20 % y T₅= restricción alimenticia en 10 %.

Cuadro 5A. Pesos corporales y ganancias de peso en pollos de engorda machos de la línea Cobb 500 sometidos a diferentes niveles de restricción alimenticia, durante la época calurosa (marzo-abril) y época fresca (enero-febrero), en clima cálido húmedo.

Tratamiento ¹	Pesos corporales (g)						Ganancia de peso (g)					
							Restricción alimenticia Día 30-40		Realimentación Día 41-49		Total	
	Día 30	%	Día 40	%	Día 49	%	Peso	%	Peso	%	Peso	%
Época calurosa												
T ₁	1,482.9	100	2,125.3	100	2,710.9	100	642.4	100	585.6	100	2,662.6	100
T ₂	1,492.3	101	1,995.1	94	2,705.9	100	502.8	78	710.8	121	2,657.6	99
T ₃	1,485.0	100	1,803.4	85	2,622.7	97	318.4	50	819.3	140	2,574.4	97
T ₄	1,475.3	99	1,880.4	88	2,646.6	98	405.1	63	766.2	131	2,598.3	98
T ₅	1,496.3	101	1,989.7	94	2,734.7	101	493.4	77	745.0	127	2,686.4	100
Promedio	1,486.3	100	1,958.7	92	2,734.7	99	472.4	74	725.4	124	2,635.8	99
Época fresca												
T ₁	1,262.4	100	2,070.0	100	2,886.1	100	807.6	100	816.1	100	2,843.8	100
T ₂	1,249.1	99	1,912.1	92	2,855.3	99	663.0	82	943.2	116	2,813.0	98
T ₃	1,297.0	103	1,645.1	79	2,722.3	94	348.1	43	1,077.2	132	2,680.0	94
T ₄	1,277.4	101	1,786.3	86	2,789.6	97	508.9	63	1,003.3	123	2,747.3	97
T ₅	1,287.4	102	1,862.9	90	2,905.4	101	575.5	71	1,042.5	128	2,863.1	100
Promedio	1,274.7	100	1,855.3	90	2,831.7	98	580.6	72	976.4	120	2,789.4	98

¹ T₁= alimentación *ad libitum*, T₂= alimentación *ad libitum* durante la noche, T₃= restricción alimenticia en 30 %, T₄= restricción alimenticia en 20 % y T₅= restricción alimenticia en 10 %.

El porcentaje se calculó con relación al grupo testigo.

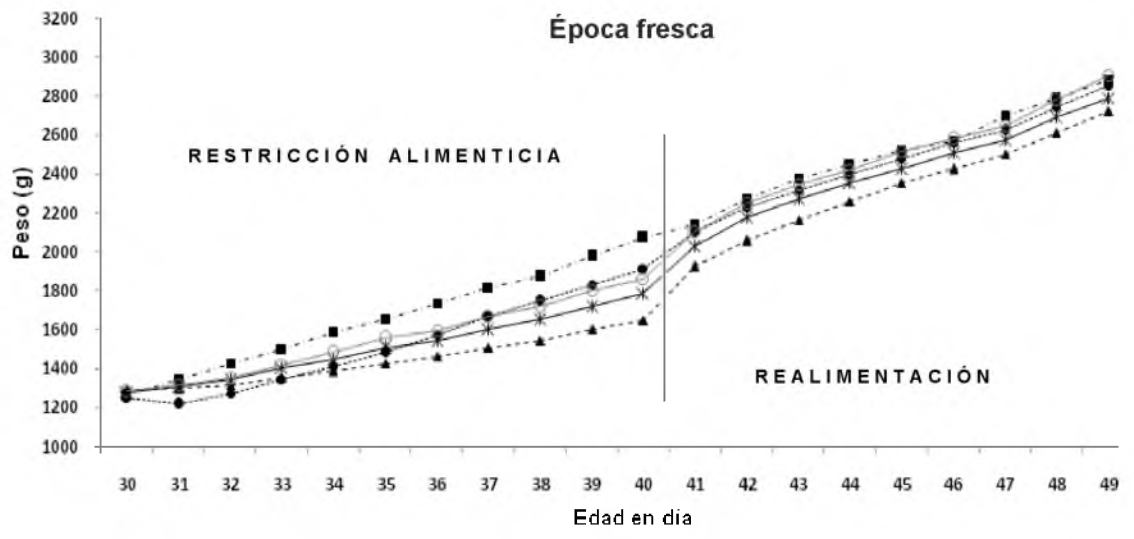
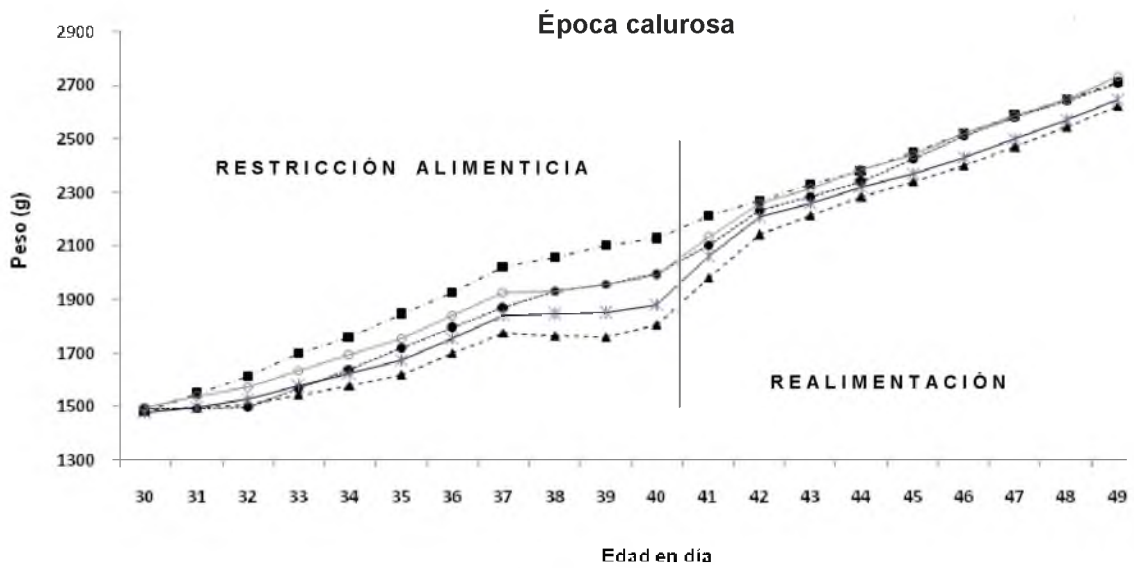


Figura 1A. Efecto de la restricción alimenticia y la realimentación sobre el peso corporal en pollos de engorda sometidos a diferentes niveles de restricción en dos épocas, calurosa (marzo-abril) y fresca (enero-febrero), (—■— T1), (---●--- T2), (·····▲····· T3), (—*— T4) y (—○— T5).