

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA

Y ZOOTECNIA

TÍTULO

**EVALUACIÓN DE LA PIGMENTACIÓN CON DIFERENTES NIVELES DE ENERGIA
METABOLIZABLE Y DE XANTOFILAS AMARILLAS EN LA PIEL DEL POLLO DE
ENGORDA**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

PRESENTA

JESÚS IVÁN MUÑOZ DÍAZ

Asesores:

MVZ. MC. Benjamín Fuente Martínez

MVZ. MC. Xóchitl Hernández Velasco

México, D. F.

Noviembre 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A mis padres, Olimpia Díaz y Alfredo Muñoz por darme el regalo de la vida, por sacarme adelante y por enseñarme los valores necesarios para ser un ser humano completo.

A mi hermana, Jessy Nataly por hacer que mi vida sea más agradable cuando estoy a su lado y por ser un gran ejemplo de lucha para mi y para cualquier persona.

A ti Leslie Laguna, por compartir todo este tiempo el cual me enseñaste muchas cosas que solo con amor, comprensión y dedicación se pueden lograr y superar.

A mis tíos Sandy y Toño, porque siempre estuvieron ahí cuando los necesitaba y cuya ayuda siempre ha sido incondicional, gracias por enseñarme lo que es la calidad humana.

A mis Abuelos, Juanita e Hilario, por ayudar a mis padres a cuidarme y criarme no como un nieto, sino como a un hijo más y por soportar mis buenos y malos ratos durante toda mi vida.

A mis Abuelos, Emma y Pablo[†], porque siempre me recibieron en su casa con todo el cariño del mundo, espero se sientan orgullosos de mi.

Y a todas aquellas personas que en algún momento de mi vida me brindaron su apoyo y me ayudaron a salir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores, Benjamín Fuente Martínez y Xóchitl Hernández Velasco por abrirme las puertas y compartir sus conocimientos y amistad conmigo, y cuyo apoyo fue esencial para la realización de este trabajo. Muchas Gracias, los estimo mucho.

A mi segundo hogar que me vio crecer profesionalmente y darme muchos momentos felices los cuales llevaré en la mente y en el corazón, gracias UNAM y gracias FMVZ.

Quiero agradecer al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAv) de la FMVZ de la UNAM y al departamento de producción animal: aves de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Al Dr. Ernesto Ávila por permitirme desarrollar este trabajo dentro de las instalaciones del CEIEPAv y por los consejos que me dio para el desarrollo del mismo.

Al Dr. Manuel Quiroz por sus consejos tomados en cuenta y que sirvieron de mucho para realizar este trabajo.

Al Dr. Francisco Tirado por todos sus comentarios que me ayudaron mucho durante la realización de los experimentos.

A Meche y Mary por brindarme su apoyo durante mi estancia en el CEIEPAv.

A mi jurado: Dr. Ernesto Ávila, Dr. Carlos López, Dr. Antonio Díaz, Dr. Benjamín Fuente y al Dr. Juan Manuel Cervantes.

Y a todos los profesores que tuve durante mis estudios. Mil Gracias.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
CONTENIDO.....	IV
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Factores que afectan la pigmentación de la piel del pollo de engorda.....	5
1.1.1 Tipo de pigmento.....	5
1.1.2 Tiempo de consumo de pigmento.....	6
1.1.3 Energía Metabolizable	6
1.1.4 Vitaminas y antioxidantes	7
1.1.5 Ambiente	7
1.1.6 Sexo	7
1.1.7 Línea genética	8
1.1.8 Estado de salud.....	8
1.1.9 Captura y transporte del pollo, y procesamiento de la canal	8
1.2 Métodos por los cuales se evalúa la pigmentación en el pollo de engorda	9
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. OBJETIVOS	11
4. HIPÓTESIS.	12
5. MATERIAL Y MÉTODOS	12
6. RESULTADOS	17
7. DISCUSIÓN	20
8. CONCLUSIONES.....	22
9. LITERATURA CITADA	24

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.

Cuadro 1 Composición de las dietas experimentales para pollos de engorda de 3 a 7 semanas alimentados con diferente nivel de EM	27
Cuadro 2 Composición de las dietas experimentales para pollos de engorda de 3 a 7 semanas de edad alimentados con diferentes concentraciones de pigmento	28
Cuadro 3 Consumo de alimento y pigmento, y pigmentación de la piel de pollo alimentado con diferentes niveles de energía metabolizable.....	29
Cuadro 4 Pigmentación de la piel de pollo de engorda macho y hembra <i>in vivo</i> y en canal con de 24 horas en refrigeración que fueron alimentados con diferentes niveles de energía metabolizable	30
Cuadro 5 Amarillamiento de la piel de pollos de engorda hembras y machos alimentados con diferentes niveles de EM y 85 ppm de pigmento	31
Cuadro 6 Parámetros productivos a los 49 días de edad en pollos de engorda alimentados con diferentes niveles de xantofilas amarillas de <i>Tagetes erecta</i>	32
Cuadro 7 Coloración de la piel en pollos alimentados con 75 ppm de xantofilas amarillas en un periodo de 28 días	33
Cuadro 8 Pigmentación en pollos alimentados con 108, 141 y 162 ppm de xantofilas amarillas en un periodo de 15 días	33
Figura 1. Resultados de pigmentación amarilla de la piel del pollo de engorda alimentados con diferentes concentraciones de EM por sexo	34
Figura 2. Disminución de la pigmentación en días de la piel del pollo de engorda en ambos sexos al suspender el consumo de xantofilas amarillas.....	34
Figura 3. Pigmentación de la piel del pollo macho con diferentes concentraciones de xantofilas amarillas	35
Figura 4. Coloración de la piel del pollo hembra con diferentes concentraciones de xantofilas amarillas	35
Figura 5. Pigmentación de la piel del pollo de engorda a los 49 días de edad alimentados con diferentes concentraciones de pigmento amarillo	36

RESUMEN

Jesús Iván Muñoz Díaz: **EVALUACIÓN DE LA PIGMENTACIÓN CON DIFERENTES NIVELES DE ENERGIA METABOLIZABLE Y DE XANTOFILAS AMARILLAS EN LA PIEL DEL POLLO DE ENGORDA** (Bajo la dirección del MVZ MC Benjamín Fuente Martínez y de la MVZ MC Xóchitl Hernández Velasco).

Se realizaron 2 experimentos en pollos de engorda de 3 a 7 semanas de edad. En el primero, se evaluó el efecto de la coloración amarilla en la piel del pollo de engorda al adicionar diferentes cantidades de Energía Metabolizable (EM): 2800, 3000, 3200 y 3400 kcal/kg; en el segundo, se evaluó la coloración de la piel al adicionar diferentes concentraciones de xantofilas amarillas de *Tagetes erecta* en dietas sorgo + pasta de soya (0, 75, 108, 141 y 162 ppm) a pollos con una pigmentación deficiente. Los resultados del primer experimento mostraron que la adición de niveles altos de EM no afecta el consumo de alimento y por lo tanto tampoco el consumo de pigmento; sin embargo, si se observó un efecto lineal positivo en la pigmentación amarilla de la piel del pollo, viéndose aumentada en dos unidades de amarillamiento (UA) por cada 100 kcal/kg que se aumentó en la dieta. Las hembras mostraron un incremento de 3.77 UA en comparación con los machos. En el segundo experimento, los pollos tratados con diferentes concentraciones de xantofilas amarillas, los parámetros productivos no mostraron diferencia significativa entre ninguno de los tratamientos ($P>0.05$). Las aves tratadas con 75 ppm de xantofilas amarillas durante 4 semanas, mostraron un incremento de 0.59 UA, mientras que al detener la inclusión de pigmento, se

observó una disminución de 0.11 UA por día; los tratamientos con 141 y 162ppm fueron los que obtuvieron una mejor coloración amarilla *in vivo* en 15 días de consumo de pigmento (semana 6 y 7).

1. INTRODUCCIÓN

En la última década, la avicultura se ha ubicado como una de las ramas pecuarias más importantes en nuestro país debido a que es la principal industria transformadora de proteína animal. Su creciente participación en el producto interno bruto sectorial ha favorecido un crecimiento del 94% desde 1994 hasta 2008, con una producción de 2.7 millones de toneladas de pollo en el último.¹

En la industria avícola mexicana, uno de los aspectos de mayor relevancia económica, es la pigmentación de la piel y tarsos del pollo.^{2,3} La apariencia visual, especialmente el color, es una de las características más importantes de los alimentos y determina la elección o el rechazo del producto por el consumidor. Esto también ocurre en los productos avícolas, en los cuales el color de la piel juega un rol fundamental para la comercialización y aceptación del producto.^{4,5} Debido a lo anterior se adiciona pigmentantes a la dieta del pollo para mejorar su presentación.^{5,6} La avicultura de antaño no tuvo esta necesidad, ya que el color deseado era proporcionado por los alimentos que incluían una mayor cantidad de maíz amarillo. Además, la selección genética de estirpes de rápido crecimiento, ha conducido a un menor tiempo en el ciclo productivo del pollo, por lo que es necesario adicionar al alimento productos ricos en xantofilas y esto representa un alto costo del total de la dieta (entre 8 y 10%); sin embargo, actualmente existe una mayor dependencia y uso de pigmentos o xantofilas.

La mayoría de las empresas ha puesto mucho más atención a los procesos de producción, esto porque el consumidor mexicano es cada vez más exigente y

demanda productos inocuos, frescos, bien pigmentados, con buen peso, tamaño y apariencia.⁷

Respecto a los ingredientes pigmentantes se deben considerar dos aspectos clave que son: el tipo de carotenoides y los productos comerciales que los tienen. Existen una gran variedad de xantofilas, pero no todas tienen el mismo valor pigmentante para la piel del pollo, y no siempre son sustituibles unas por otras, en lo que respecta al color que resulta de su uso.⁸ Actualmente en México, las principales fuentes naturales concentradas de xantofilas empleadas para la formulación de raciones en avicultura son carotenoides de flor de cempasúchitl, carotenoides sintéticos y frutos del género *Capsicum*.⁹

La flor de cempasúchitl en México, es la fuente de luteína natural más utilizada para la industria avícola hoy en día. Los pétalos se trituran formando una pasta pulverizada, posteriormente se realiza la extracción (con solventes) y se obtiene una oleoresina (carotenoides esterificados con ácidos grasos); el producto obtenido es saponificado (hidrólisis alcalina), obteniendo así luteína en su forma libre entre otros pigmentos.¹⁰

Para la pigmentación del pollo de engorda es necesario que las xantofilas de *Tagetes erecta* sean saponificadas. Las diferencias entre la eficiencia pigmentante de un producto saponificado y otro que no lo es, se relaciona con la madurez del aparato digestivo del pollo, el cual no tiene la cantidad suficiente de lipasas y bilis para digerir completamente las xantofilas de su forma diéster a sus formas libres, sino hasta después de las 8 semanas de vida. Por lo que requieren ser

saponificados, sin embargo estos productos tienen una menor estabilidad tanto en la dieta como dentro del organismo del ave, razón por la cual se les agregan antioxidantes para protegerlos.⁸

La cantidad de pigmento que se requiere adicionar a los alimentos de las aves representa un costo considerable para los productores y el consumidor, por lo que es importante entender el proceso de pigmentación y algunos de los factores que lo afectan tanto positiva como negativamente.³

1.1 Factores que afectan la pigmentación de la piel del pollo de engorda.

El lograr una pigmentación adecuada en la piel del pollo de engorda, no depende únicamente de la concentración de pigmento agregado a la dieta. El éxito o fracaso de cualquier estrategia pigmentante dentro de las granjas avícolas es el resultado de la interacción de muchos factores, algunos de ellos se señalan a continuación.

1.1.1 Tipo de pigmento

Los carotenoides son sustancias liposolubles, en general siguen la misma ruta de la digestión de los lípidos.¹¹ Principalmente se asimilan a nivel del duodeno y parte proximal del yeyuno y el resto son absorbidos en la porción anterior y media del íleon. Esta absorción es promovida en presencia de ácidos y sales biliares.^{3, 10, 12,13}

Para desempeñar su función pigmentante, los carotenoides son transportados por la sangre, almacenados en hígado, y depositados en órganos y tejidos blanco como: grasa corporal, piel y tarsos.³ De acuerdo con lo anterior, la capacidad

pigmentante está relacionada con el grado de asimilación a nivel del intestino delgado en primer lugar, y en segundo lugar por la afinidad específica o preferencia de cada carotenoide por depositarse en un tejido determinado.^{3, 10, 14}

1.1.2 Tiempo de consumo de pigmento

Producir en la piel del pollo de engorda un color adecuado para su comercialización requiere tiempo, debido a que la deposición de pigmento es un proceso lento y acumulativo, es decir mientras más días se proporcione a las aves alimento con pigmento amarillo, mayor va a ser el depósito de éste en la piel; sin embargo, la oxidación de las xantofilas dentro del tracto digestivo de las aves también se incrementa conforme el ave tenga mayor edad.¹⁵ De tal manera que el periodo de inclusión de pigmento en el alimento durante 3 a 4 semanas antes del procesamiento del pollo, ha sido adecuado para alcanzar la pigmentación requerida para su comercialización.¹⁶

1.1.3 Energía Metabolizable

La adición de grasas como fuentes concentradas de EM en las dietas, con el fin de incrementar el nivel energético de la ración, es hoy una práctica industrial extendida en el campo de la alimentación de aves. La energía es uno de los nutrimentos con mayor influencia para lograr una productividad eficiente en las aves, por lo que las necesidades energéticas pueden determinarse mediante el análisis de los parámetros productivos de animales alimentados con diferentes niveles energéticos.^{17,18} Los lípidos promueven la pigmentación por absorción y acumulación, sus efectos dependen del tipo de lípido a usar; por ejemplo, el aceite

de soya mejora la pigmentación mientras que lípidos de origen animal como la manteca, tienen un efecto negativo.¹⁹

1.1.4 Vitaminas y antioxidantes

Ambos pueden afectar positiva o negativamente el grado de pigmentación. Un ejemplo claro está en la vitamina E, si el nivel de ésta no es suficiente en los tejidos, el organismo utilizará los carotenoides como antioxidantes y de esta manera proteger a los tejidos, por lo que habrá una disminución de los depósitos de carotenoides, teniendo así una pigmentación deficiente en el pollo.⁸

Otra vitamina que afecta la pigmentación es la vitamina A, cuyos niveles superiores a los 25,000 U.I./kg se reflejarán en un progresivo deterioro en la pigmentación, esto está relacionado a la competitividad existente entre la vitamina A y los carotenoides.^{8, 20, 21}

1.1.5 Ambiente

Cualquier factor ambiental que afecte el consumo de alimento, influirá en el consumo de pigmento. Sin embargo las principales variables ambientales asociadas a la pigmentación son el estrés, la temperatura y la duración e intensidad de la iluminación.²¹

1.1.6 Sexo

Las hembras tienen mayor capacidad de pigmentación que los machos, dado que su cantidad de grasa subcutánea es mayor. Esta característica es una de las razones económicas por las cuales algunas empresas realizan crianzas por sexos separados.²¹

1.1.7 Línea genética

Las distintas cruzas genéticas que se han desarrollado, pueden contribuir a que existan variaciones en el grado de pigmentación; sin embargo, en la actualidad, la mayoría de las casas genéticas de estirpes pesadas han superado este problema.²¹

1.1.8 Estado de salud

La primera condición para alcanzar el grado de pigmentación deseado, es trabajar con parvadas sanas. La tasa de deposición de carotenoides en la grasa y el tejido subcutáneo puede ser disminuida gravemente por un mal estado de salud de las aves, o cualquier enfermedad que disminuya el consumo de alimento o cause el rechazo en el consumo de alimento. Las reservas de grasa son las primeras que se utilizan como fuente de energía durante enfermedades que provoquen lesiones en el intestino y afecten los mecanismos de absorción; así como, los sistemas de transporte y eliminación. Además, se ha reportado que enfermedades que producen diuresis como micotoxicosis, principalmente las causadas por micotoxinas nefrotóxicas, el pigmento en piel puede afectarse.^{8, 22}

1.1.9 Captura y transporte del pollo, y procesamiento de la canal

El estrés y golpes durante la captura y transporte, el aturdimiento, la temperatura del tanque de escaldado, el desplume mecánico y las condiciones durante el enfriamiento, influyen en el color final de la canal.²

Un mal desangrado se reflejará en una coloración rojo-rosácea en algunas partes de la canal. Esto puede disminuirse si se revisan aspectos tan esenciales como el voltaje, amperaje del aturridor y el tiempo de desangrado.²

El proceso de escaldado y desplume es un punto de alto riesgo, donde puede perderse la buena pigmentación lograda durante el ciclo de vida del pollo. La temperatura mayor a 53° C, y un tiempo elevado de permanencia en los tanques, pueden provocar la pérdida de cerca del 30% de los depósitos subcutáneos de xantofilas.²

La presión ejercida por los dedos de las máquinas desplumadoras y su dureza pueden desprender una parte de la cutícula de la piel y dañar la presentación. En parvadas con mala uniformidad puede incrementarse el daño de la cutícula.²

1.2 Métodos por los cuales se evalúa la pigmentación en el pollo de engorda

Debido a la gran importancia de la pigmentación en la producción avícola, se han desarrollado diferentes metodologías por las cuales se puede evaluar la pigmentación de la piel del pollo de engorda. Actualmente, el colorímetro de reflectancia es el más utilizado debido a sus múltiples ventajas, las principales son: evita la variación de resultados entre distintos evaluadores ya que mide de manera objetiva la pigmentación de la piel del pollo, posee patrones de referencia, y los resultados obtenidos se expresan en forma numérica y escala continua. Una desventaja es el costo relativamente alto del equipo.²³

Para llevar a cabo este procedimiento es necesario contar con un colorímetro de reflectancia, el cual puede medir una gran gamma de colores; sin embargo, en el caso de las mediciones para la piel del pollo de engorda, se miden 3 variables: L-luminosidad, a-enrojecimiento y b-amarillamiento.¹²

La luminosidad califica la presencia de luz, en una escala del 0-100, donde 0 es negro absoluto y 100 es blanco total.¹²

El enrojecimiento, mide las variables del eje de los rojos a verdes, los cuales oscilan entre -60 a +60, donde los valores negativos corresponden a los colores verdes mientras que los valores positivos a los rojos.^{24, 25}

El amarillamiento mide las variables del eje de los amarillos-azules, dentro de un rango de -60 a +100, siendo los azules los valores negativos y los amarillos los positivos.^{24, 25}

2. JUSTIFICACIÓN

En la industria avícola mexicana, uno de los problemas de mayor importancia económica al finalizar el ciclo productivo del pollo es no alcanzar la pigmentación cutánea que exige el mercado.^{2, 8} Existen muchos factores que pueden influir en la pigmentación amarilla de la piel del pollo, algunos de los cuales pueden ser modificables. En el presente estudio se evaluó la relación que existe entre la administración de diferentes niveles de energía metabolizable y dosis distintas de pigmento en la dieta y como influyen estas variables en el pigmento cutáneo del pollo de engorda.

Para llevar a cabo este procedimiento es necesario contar con un colorímetro de reflectancia, el cual puede medir una gran gamma de colores; sin embargo, en el caso de las mediciones para la piel del pollo de engorda, se miden 3 variables: L-luminosidad, a-enrojecimiento y b-amarillamiento.¹²

La luminosidad califica la presencia de luz, en una escala del 0-100, donde 0 es negro absoluto y 100 es blanco total.¹²

El enrojecimiento, mide las variables del eje de los rojos a verdes, los cuales oscilan entre -60 a +60, donde los valores negativos corresponden a los colores verdes mientras que los valores positivos a los rojos.^{24, 25}

El amarillamiento mide las variables del eje de los amarillos-azules, dentro de un rango de -60 a +100, siendo los azules los valores negativos y los amarillos los positivos.^{24, 25}

2. JUSTIFICACIÓN

En la industria avícola mexicana, uno de los problemas de mayor importancia económica al finalizar el ciclo productivo del pollo es no alcanzar la pigmentación cutánea que exige el mercado.^{2, 8} Existen muchos factores que pueden influir en la pigmentación amarilla de la piel del pollo, algunos de los cuales pueden ser modificables. En el presente estudio se evaluó la relación que existe entre la administración de diferentes niveles de energía metabolizable y dosis distintas de pigmento en la dieta y como influyen estas variables en el pigmento cutáneo del pollo de engorda.

3. OBJETIVOS

- Evaluar el efecto de la adición de diferentes niveles de EM en la dieta, sobre la pigmentación amarilla de la piel de pollos de engorda alimentados con xantofilas saponificadas de flor de cempasúchil.
- Medir la coloración en la piel del pollo de engorda al adicionar pigmento amarillo de *Tagetes erecta* a diferentes concentraciones en la dieta de finalización, después de un problema de mala pigmentación en la parvada.

4. HIPÓTESIS.

1.- Al adicionar mayores cantidades de EM en las dietas de finalización del pollo de engorda con una cantidad constante de pigmento amarillo, se logra mayor coloración de la piel del pollo *in vivo* al final del ciclo y en canal.

2.- Al adicionar mayores concentraciones de pigmento amarillo a las dietas de finalización de pollos de engorda cuando se presentó un problema de mala pigmentación, se logra una recuperación de la coloración amarilla de la piel del pollo en un menor tiempo.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (C.E.I.E.P.Av.) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, el cual se localiza en la calle de Salvador Díaz Mirón No. 89, Colonia Santiago Zapotitlán de la Delegación Tláhuac, Distrito Federal, a una altura de 2250 m.s.n.m. entre los paralelos 19°15' latitud Oeste. Las condiciones ambientales son: clima templado húmedo Cw, siendo enero el mes más frío y mayo el más caluroso, con temperatura promedio anual de 16°C y una precipitación pluvial anual media de 747 mm.²⁶

4. HIPÓTESIS.

1.- Al adicionar mayores cantidades de EM en las dietas de finalización del pollo de engorda con una cantidad constante de pigmento amarillo, se logra mayor coloración de la piel del pollo *in vivo* al final del ciclo y en canal.

2.- Al adicionar mayores concentraciones de pigmento amarillo a las dietas de finalización de pollos de engorda cuando se presentó un problema de mala pigmentación, se logra una recuperación de la coloración amarilla de la piel del pollo en un menor tiempo.

5. MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (C.E.I.E.P.Av.) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, el cual se localiza en la calle de Salvador Díaz Mirón No. 89, Colonia Santiago Zapotitlán de la Delegación Tláhuac, Distrito Federal, a una altura de 2250 m.s.n.m. entre los paralelos 19°15' latitud Oeste. Las condiciones ambientales son: clima templado húmedo Cw, siendo enero el mes más frío y mayo el más caluroso, con temperatura promedio anual de 16°C y una precipitación pluvial anual media de 747 mm.²⁶

Experimento 1

La prueba se realizó en una caseta experimental de ambiente natural con jaulas de desarrollo dispuestas en baterías Petersime® de 68 X 68cm, donde se alojaron 48 pollos de engorda, Ross 308, mixtos (mitad machos y mitad hembras) de 3 semanas de edad con un peso promedio de 650g ± 20.

Se empleó un diseño completamente al azar de 4 tratamientos, con 3 repeticiones de 4 pollos (2 hembras y 2 machos) cada una. Las dietas fueron elaboradas con base en sorgo + pasta de soya y xantofilas amarillas saponificadas de flor de cempasúchil y cubrieron las necesidades de proteína y aminoácidos esenciales de acuerdo con los requerimientos señalados por el manual de la estirpe²⁸ (Cuadro 1). El agua y el alimento se proporcionaron *ad libitum*.

Los tratamientos fueron los siguientes:

1. Dieta de finalización con 2800 kcal/kg de EM y 85 ppm de xantofilas de *Tagetes erecta*.
2. Dieta de finalización con 3000 kcal/kg de EM y 85 ppm de xantofilas de *Tagetes erecta*.
3. Dieta de finalización con 3200 kcal/kg de EM y 85 ppm de xantofilas de *Tagetes erecta*.
4. Dieta de finalización con 3400 kcal/kg de EM y 85 ppm de xantofilas de *Tagetes erecta*.

Al inicio del experimento (tres semanas de edad), se realizó una lectura basal de la coloración amarilla de la piel en la región aptérica pectoral lateral derecha (vena de la grasa), con un colorímetro de reflectancia Minolta CR400. Posteriormente se registraron la luminosidad, unidades en rojos y amarillos *in vivo* cada tercer día por un periodo de 28 días. Al final de la prueba, se sacrificaron todas las aves, se procesaron y se les midió la coloración de la piel en la zona de la pechuga, en el lado derecho, a las 24 hrs de refrigeración. A los datos obtenidos de las variables de coloración se les realizó un análisis de regresión lineal simple, mediante el siguiente modelo²⁹:

$$Y=\beta_0+\beta_1 (EM)+\beta_2 (\text{Sexo})$$

Donde:

Y=variable de respuesta

β_0 =ordenada al origen

β_1 y β_2 = coeficientes de regresión

EM=Energía Metabolizable en Kcal/kg en el alimento

Sexo=Hembra: 1; Macho: 0

Experimento 2

El trabajo se realizó en una caseta de ambiente natural donde se alojaron 320 pollos de engorda mixtos de 3 semanas de edad de la estirpe Ross 308 previamente alimentados con una dieta con base sorgo más pasta de soya y

65ppm de xantofilas amarillas. Se empleó un diseño completamente al azar de 4 tratamientos con 4 repeticiones de 20 pollos cada una, por sexos separados.

Para la etapa de finalización las dietas fueron elaboradas con base en sorgo + pasta de soya con 0, 75, 108, 141 y 162 ppm de xantofilas amarillas de *Tagetes erecta* y libres de micotoxinas, cubriendo las necesidades de proteína y aminoácidos esenciales de acuerdo con los requerimientos señalados por el manual de la estirpe (Cuadro 2).²⁸ Las aves fueron provistas de alimento y agua *ad libitum*.

Los tratamientos fueron como sigue:

1. Dieta finalización o testigo con 75 ppm de xantofilas durante la semana 3 a 7 de edad.
2. Dieta finalización con 108 ppm de xantofilas durante la semana 6 y 7 de edad.
3. Dieta finalización con 141 ppm de xantofilas durante la semana 6 y 7 de edad.
4. Dieta finalización con 162 ppm de xantofilas durante la semana 6 y 7 de edad.

Durante las semanas 4 y 5, los tratamientos 2, 3 y 4 recibieron dieta sin pigmento. (Cuadro 2)

Se registraron los datos de la pigmentación igual que el experimento 1 *in vivo* por 28 días, y se midió dos veces por semana durante el tiempo que duró la prueba. También se registraron la ganancia de peso, consumo de alimento y se calculó la conversión alimenticia.

A los datos de luminosidad, unidades en rojos y amarillos de la piel, se les realizó un análisis de regresión lineal simple mediante el siguiente modelo.²⁹

$$Y = \beta_0 + \beta_1(tx) + \beta_2(tcp) + \beta_3(\text{sexo})$$

Donde:

Y=Variable de la respuesta

β_0 =Ordenada al origen

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ =Coeficiente de regresión

Tx=Cantidad de pigmento en el alimento en ppm

Tcp=Días de consumo de pigmento

Sexo=Hembras: 1; Machos: 0

A los parámetros productivos se les realizó un análisis de varianza mediante el siguiente modelo²⁹:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ij(k)}$$

Donde:

Y_{ij} =Variable de respuesta

α_i =efecto del i-esimo tratamiento

β_j =efecto del j-esimo sexo

$\epsilon_{ij(k)}$ =error experimental

6. RESULTADOS

Experimento 1

El consumo de alimento y en consecuencia el consumo de pigmento no fueron afectados por la concentración de EM en la dieta ($P>0.05$) (Cuadro 3).

En el Cuadro 4, se muestra el efecto de la alimentación con una misma cantidad de xantofilas amarillas (85 ppm) de flor de *Tagetes erecta* con diferentes niveles de energía metabolizable en la pigmentación de la piel del pollo de engorda (machos y hembras) *in vivo* y en canal con 24 horas de refrigeración. En lo que corresponde a la pigmentación de la piel del pollo mixto *in vivo* (b), se encontró un efecto lineal con los diferentes niveles de EM en la dieta y se explicó por la ecuación: $Y = -44.91 \pm 8.65 + 0.02 \pm 0.002(EM)$ ($R^2=68.80$) ($P<0.01$); donde Y=unidades de amarillamiento de la piel del pollo (b), indica que por cada 100 kcal de EM/kg de incremento en la dieta, se aumenta en 2 UA la en la piel del pollo *in vivo*. Este incremento en la coloración amarilla de la piel del pollo al aumentar los niveles de energía en la dieta fue consistente en la canal a las 24 horas de refrigeración y se explicó por la ecuación: $Y = -52.74 \pm 11.14 + 0.029 \pm 0.003$ (nivel de EM) ($R^2=65.31$) ($P<0.01$). Al evaluar la variable de sexo, se observó que al final del ciclo las hembras pigmentaron en promedio 3.77 unidades de amarillos más que los machos, independientemente del nivel de EM que se utilice en la fase de finalización y empleando el mismo nivel de pigmento amarillo en la dieta (85ppm de xantofilas amarillas de *Tagetes*) y es explicado por la ecuación: $Y = -46.55 \pm 7.67 + 0.02 \pm 0.002$ (nivel de EM) + 3.77 ± 1.12 (sexo) ($R^2=68.80$) ($P<0.01$) (Figura 1).

En relación al tiempo de consumo de xantofilas amarillas se observó que las hembras ganaron en promedio 1.77 unidades de amarillo más por cada unidad de amarillos que ganó el macho al final de la prueba (Cuadro 5). Además, se observó que la piel del pollo de engorda se pigmentó 0.13 UA mas por día, por cada 100 kcal de EM que se adicionaron en la dieta. Lo anterior es explicado por la ecuación: $Y = -41.62 \pm 2.06 + 0.13 \pm 0.001(\text{nivel de EM}) + 1.77 \pm 0.294(\text{sexo}) + 0.594 \pm 0.016(\text{tiempo de consumo de xantofilas en la dieta})$

Experimento 2

Los resultados correspondientes a la ganancia de peso, consumo de alimento, índice de conversión alimenticia, no mostraron diferencia estadística ($P > 0.05$) entre los tratamientos, mientras que en la variable consumo de pigmento, el tratamiento con 162 ppm consumió más pigmento, que el de 108 y para los tratamientos de 75 y 141, no hubo diferencia alguna (Cuadro 6) ($P < 0.08$).

Los resultados finales en la coloración de la piel del pollo para los tratamientos 1(75ppm), 2(108ppm), 3(141ppm) y 4(162ppm) se muestran en los Cuadros 7 y 8. La coloración amarilla en la piel del pollo *in vivo* para la dieta testigo (75 ppm) mostró un incremento promedio diario de los 21 a los 49 días de edad de 0.59 UA para ambos sexos $Y = 7.2 \pm 0.63 + 0.59 \pm 0.03(\text{tcp}) + 1.50 \pm 0.060(\text{sexo})$, las hembras en general pigmentaron 1.5 UA más que los machos. Cuando se dejó de proporcionar las xantofilas amarillas de *Tagetes erecta*, en la dieta de los tratamientos 2, 3 y 4, por dos semanas (21 a 35 días de edad), hubo una disminución de 0.11 puntos de amarillamiento en la piel del pollo de engorda por cada día que las aves no consumían pigmento, teniendo un efecto mas severo ($P < 0.05$) en las hembras

(1.46 unidades) $Y=5.85\pm 1.05-0.11\pm 0.042(\text{tcp})+1.46\pm 0.32(\text{sexo})$ ($R^2=0.7$) (Figura 2). Al proporcionar dosis altas de pigmento en la dieta durante las semanas 6 y 7 antes de finalizar la prueba y procesar al pollo, se encontró un mejor amarillamiento con las dosis más altas, como se observó en los tratamientos de 141 y 162ppm en comparación con el tratamiento con 108 ppm de pigmento amarillo (Cuadros 7 y 8). En relación al sexo del ave, las hembras pigmentaron mejor, ganando 1.73 puntos de amarillos más ($P<0.05$) que los machos $Y=1.21\pm 1.54+0.026\pm 0.01(\text{Tx})+1.14\pm 0.060(\text{tcp})+1.73\pm 0.45(\text{sexo})$ ($R^2=0.7$) (Figuras 3 y 4).

Al comparar los resultados de la pigmentación final por sexo de los tratamientos con 108, 141, 162 ppm de xantofilas amarillas contra el tratamiento testigo, se observó una pigmentación similar en las hembras y los machos de los tratamientos con 141 y 162 ppm de xantofilas y las del tratamiento testigo. (Cuadros 7, 8 y Figura 5)

7. DISCUSIÓN

Experimento 1

En la lectura inicial de la coloración amarilla se observó que no hubo diferencia significativa entre tratamientos ($P > 0.01$) al iniciar la prueba, lo que indica que el incremento de EM en la dieta mediante la adición de mayor cantidad de aceite de soya y manteniendo una concentración igual de xantofilas amarillas saponificadas en el alimento, tuvo un efecto benéfico en la coloración amarilla de la piel del pollo de engorda tanto *in vivo* como a las 24 horas de refrigeración.

Los resultados *in vivo* encontrados en este estudio difieren de resultados reportados por Alpízar *et. al.*²⁷ quienes encontraron que cantidades de 2990, 3030 y 3150 kcal/kg de EM, no generaron ninguna diferencia en la pigmentación cutánea, esto puede deberse a que las cantidades de EM utilizadas en ese experimento fueron muy similares entre sí, mientras que en el presente trabajo la diferencia en la EM entre las dietas fue de 200 kcal consiguiendo evidenciar un incremento de dos puntos de amarillo en la piel del pollo de engorda *in vivo*.

Este incremento de la pigmentación amarilla se relaciona a lo reportado por Raghavan en 2001¹⁹, quien menciona que las xantofilas, al ser compuestos liposolubles son favorecidas en su absorción y acumulación en los tejidos al aumentar la EM por un mayor contenido de aceite de soya.

En este estudio se observó al final del ciclo una diferencia de 3.77 unidades de amarillo mayor en las hembras que en los machos, independientemente del nivel de EM que se utilizó en la fase de finalización, lo que muestra una diferencia

atribuible al sexo. La mayor capacidad de pigmentación en la hembra es bien conocida en campo; sin embargo, no hay reportes previos que muestren que esta diferencia se mantiene al utilizar cantidades diferentes de energía (provenientes de aceite de soya) en el alimento; así como estudios que midan la diferencia en pigmentación entre sexos en el periodo de adición de pigmento en el alimento, lo cual puede ser útil para alcanzar con mayor certeza los niveles de pigmento esperado.

Experimento 2

Al proporcionar dosis altas de pigmento en la dieta durante las últimas dos semanas antes de la comercialización de pollo que había sido alimentado con micotoxinas las primeras tres semanas de vida, se encontró un mejor amarillamiento con la dosis más altas (tratamientos con 141 y 162 ppm de pigmento amarillo), mostrando niveles similares a los del tratamiento 1 o testigo (que no dejó de recibir el pigmento 4 semanas). Martínez *et. al.*¹⁶ encontraron que al adicionar 80 ppm de xantofilas amarillas durante las 3 a 4 semanas antes del sacrificio, los niveles de coloración amarilla alcanzarían los aceptados por el mercado mexicano, mientras que nosotros recomendamos que a los 15 días antes del procesamiento del pollo de engorda y a niveles de 141 ppm, lograríamos alcanzar los niveles aceptados por el mercado. Lo cual sugiere la posibilidad de manejar niveles más altos de pigmento como medida correctiva en parvadas con antecedentes de mala pigmentación. Cevallos *et. al.*³⁰ informaron que al encontrar niveles moderados de micotoxinas y al agregar un secuestrante en la dieta del pollo de engorda, los parámetros productivos no son afectados, entre estos la

pigmentación amarilla de la piel; sin embargo, en ese estudio la medición de pigmento amarillo se realizó hasta el final del experimento, por lo que no se tienen datos anteriores de referencia; por otro lado, Mallmann, *et. al.*³¹ encontraron que existe una menor absorción, transporte y deposición residual de los carotenoides, cuando existen niveles moderados de micotoxinas en la dieta. En este estudio también se observó una diferencia en la pigmentación atribuible al sexo del ave, las hembras ganaron 1.73 UA más que los machos.

En este trabajo se evaluó la pérdida de pigmento en piel durante un periodo de 14 días (21 a 35 días de edad); sin embargo no se encontraron reportes anteriores que puedan servir de referencia y que midan la cantidad de pigmento que se pierde por cada día que el pollo deja de consumir xantofilas, ni que hayan reportado una mayor susceptibilidad de la hembra a esta restricción.

8. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos bajo las condiciones experimentales empleadas se puede concluir que:

Al aumentar la EM (kcal/kg) en la dieta de 2800 a 3400, con una concentración de pigmento amarillo de 85 ppm, se logró una mejor coloración amarilla en el pollo de engorda.

Las hembras pigmentaron 1.77 UA más que los machos.

pigmentación amarilla de la piel; sin embargo, en ese estudio la medición de pigmento amarillo se realizó hasta el final del experimento, por lo que no se tienen datos anteriores de referencia; por otro lado, Mallmann, *et. al.*³¹ encontraron que existe una menor absorción, transporte y deposición residual de los carotenoides, cuando existen niveles moderados de micotoxinas en la dieta. En este estudio también se observó una diferencia en la pigmentación atribuible al sexo del ave, las hembras ganaron 1.73 UA más que los machos.

En este trabajo se evaluó la pérdida de pigmento en piel durante un periodo de 14 días (21 a 35 días de edad); sin embargo no se encontraron reportes anteriores que puedan servir de referencia y que midan la cantidad de pigmento que se pierde por cada día que el pollo deja de consumir xantofilas, ni que hayan reportado una mayor susceptibilidad de la hembra a esta restricción.

8. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos bajo las condiciones experimentales empleadas se puede concluir que:

Al aumentar la EM (kcal/kg) en la dieta de 2800 a 3400, con una concentración de pigmento amarillo de 85 ppm, se logró una mejor coloración amarilla en el pollo de engorda.

Las hembras pigmentaron 1.77 UA más que los machos.

El grado de pigmentación deseado por el mercado mexicano, se puede lograr en menor tiempo si se aumenta la cantidad de EM en las dietas para pollo de engorda.

Existe una disminución de 0.11 UA por cada día que el pollo no consuma el pigmento amarillo, siendo las hembras las más susceptibles perdiendo 1.47 UA más que los machos.

El incrementar la cantidad de pigmento amarillo en la dieta del pollo de engorda durante las ultimas dos semanas, puede ser una alternativa para disminuir los problemas de pigmentación que se presentan comúnmente en campo, por lo que se recomienda adicionar en los últimos 14 días dosis de 141ppm hasta 162 ppm de xantofilas amarillas en la dieta del pollo de engorda.

La hembras ganan en promedio 1.73 UA más que los machos independientemente de la cantidad de pigmento amarillo en la dieta.

9. LITERATURA CITADA

- 1) Unión Nacional de Avicultores (UNA). La avicultura mexicana: Indicadores económicos. Disponible en: <http://www.una.org.mx>
- 2) Cuca GM, Ávila GE, Pro MA. Alimentación de las aves. 9ª ed. Edo. de México: Universidad Autónoma de Chapingo, 2008.
- 3) Ávila GE, Pigmentación en: Anabólicos y aditivos en la producción pecuaria. 1ª edición. México D.F.: Sistema de educación continua en producción animal. 1990: 239-249.
- 4) Williams WD. Origin and impact of color on consumer preference for food. *Poult Sci* 1992; 71:744-746.
- 5) Franchini A, Padoa E. I pigmenti nell'alimentazione del pollo da carne. *Rivista di Avicoltura* 1996; 65:22-30.
- 6) Hencken H. Chemical and physiological behavior of feed carotenoids and their effects on pigmentation. *Poult Sci* 1992; 71:711-717.
- 7) Sunde M. The scientific way to pigment poultry products. *Poult Sci* 1992; 71: 709-710.
- 8) Piracés SF, Cortés CR. Factores que afectan la pigmentación del pollo de carne. Memorias del X Ciclo de conferencias internacionales sobre la avicultura. Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal A.C. Guadalajara, Jalisco: 1991; 103-125.
- 9) Tirado FJ. Evaluación de la capacidad pigmentante en pollos de engorda, de dos productos altos en zeaxantina provenientes de flor de cempasúchitl. Universidad de Colima, 1999; 2-24.
- 10) Vicente SJL. Pigmentación en la industria Avícola. En: Petrone VM y Hernández VX editores. Memorias del diplomado en producción avícola: Nutrición y alimentación avícola. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, 2001:145-157.
- 11) Britton G, Liaen-Jensen S, Pfander H. Carotenoids: Biosynthesis and metabolism. Berlin, Germany: Birkhäuser 1998:286-357.

- 12) Fernández S. Pigmentación en la agricultura. Industria Roche, diplomado en Producción Avícola, UNAM. 2001; 150-157.
- 13) Littlefield LH. Bletner JK. Shirley HV. Goff OE. Locating the site of absorption of xanthophylls in the chicken by surgical technique. *Poult Sci* 1972; 51:1721-1725.
- 14) Middendorf DF. Childs GS. Cravens WW. A rapid bioassay for the comparison of xanthophyll availability from various sources. *Poult Sci* 1980;59; 1442-1454.
- 15) Coon CN, Bell DD, Weaver WD. Vitamins, minerals and trace ingredients. En: Bell DD Weaver WD editors. Commercial chicken meat and egg production. 5th edition, Norwell, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers 2002: 371-393.
- 16) Martínez PM. Efecto de niveles de xantofilas amarillas de flor de cempasúchitl sobre la pigmentación de la piel del pollo de engorda. Tesis de licenciatura. UNAM-FMVZ México 2003; 36.
- 17) Coon CN, Becker WA, Spencer JV. The effect of feeding high energy diets containing supplemental fat on broiler weight, feed efficiency and carcass composition. *Poult Sci* 1981; 60:1264-1271.
- 18) Brown HB, McCartney MG. Effects of dietary energy and protein and feeding time on broiler performance. *Poult Sci* 1982; 61:304-310.
- 19) Raghavan V. Pigmentation in broilers. *FEED MIX* 2001; 9(3):14-15.
- 20) Jiakui L, Dingren B, Siyi P, Yanhong Z, Donghai Z. Effects of high dietary vitamin A supplementation on tibial dyschondroplasia, skin pigmentation and growth performance in avian broilers. *Res Vet Sci* 2008; 84(3):409-12.
- 21) Seagro S.A.C. Factores que afectan la pigmentación en el pollo de engorda. Disponible en: <http://www.seagroperu.com.pe>
- 22) Schaeffer JL. Effect of dietary lipids on lutein metabolism during aflatoxicosis in Young broiler chickens. *Poult Sci* 1986;65; 1141-1145.
- 23) Tirado FJ. Pigmentos y pigmentación. Memorias del X Ciclo de conferencias internacionales sobre la avicultura. Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal A.C. Guadalajara, Jalisco: Junio 27-28; 1991; 181-197.

- 24) Janky DM. The use of the Minolta Reflectance Chromameter II™, for pigmentation evaluation of broiler shanks. *Poult Sci* 1986;65; 1816-1818.
- 25) Becerril GM. Evaluación del poder pigmentante de luteína y capsantina en pollo de engorda y gallinas de postura con un colorímetro de Reflectancia. Tesis de Maestría. México DF (México): Universidad Nacional Autónoma de México. FMVZ, 1989.
- 26) García ME. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana. México DF. Editorial Talleres Offset Larios. 1998.
- 27) Alpízar SO. Respuesta de los parámetros productivos de pollos de engorda a diferentes niveles de energía metabolizable. *Rev Vet Méx* 1993; 24(3):211-215.
- 28) Aviagen. Ross 308 broiler: nutrition specification. June 2007. Disponible en: <http://www.aviagen.com>
- 29) Kuehl R. Diseño de experimentos: Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. Segunda Edición, Universidad de Arizona, EUA; 2001; 463-466
- 30) Cevallos AL. Evaluación de cuatro adsorbentes e inactivadores de micotoxinas en dietas de pollos de engorda contaminadas con ocratoxinas. Memorias del XXXII Convención Nacional de la Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas, del 25 al 28 de abril de 2007, Acapulco Guerrero, México: ANECA, 2007.
- 31) Mallmann CA. Micotoxinas en ingredientes para alimento balanceado en aves. Memorias del XX Congreso Latinoamericano de Avicultura, 2007 del 25 al 28 de septiembre. Porto Alegre, Brasil, 2007, 191-202.

10. CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1 Composición de las dietas experimentales para pollos de engorda de 3 a 7 semanas alimentados con diferente nivel de EM

INGREDIENTE	EM kcal/kg.			
	2800	3000	3200	3400
Sorgo	634.264	638.626	646.194	601.352
Pasta de soya	232.688	243.775	254.233	261.631
Salvado de trigo	80.995	40.414	0	0
Fosfato de Calcio	15.627	16.198	16.758	16.886
Carbonato de Calcio	14.490	14.246	14.048	13.990
*Pigmento amarillo <i>Tagetes</i>	5.330	5.330	5.330	5.330
Aceite vegetal	4.714	28.733	51.703	89.134
Sal	3.744	3.800	3.856	3.864
DL-Metionina	2.709	2.727	2.744	2.805
L-Lisina HCl	2.321	2.174	2.040	1.893
Cloruro de Colina 60%	1.000	1.000	1.000	1.000
**Premezcla de Minerales	0.835	0.835	0.835	0.835
Bacitracina de Zinc	0.500	0.500	0.500	0.500
***Premezcla de Vitaminas	0.500	1.350	0.500	0.500
L-Treonina	0.173	0.141	0.110	0.126
Monensina sódica	0.500	0.500	0.500	0.500
Antioxidante (BHT y BTQ)	0.150	0.150	0.150	0.150
Total	1000	1000	1000	1000
	ANÁLISIS CALCULADO			
Proteína cruda	18.00	18.00	18.00	18.00
Lisina %	1.07	1.07	1.07	1.07
Metionina %	0.563	0.563	0.563	0.563
Met + cist %	0.86	0.86	0.86	0.86
Treonina %	0.72	0.72	0.72	0.72
Triptofano %	0.449	0.449	0.449	0.449
Calcio Total %	0.9	0.9	0.9	0.9
Fosforo disponible %	0.45	0.45	0.45	0.45
Sodio %	0.16	0.16	0.16	0.16

*Concentración de 15 gramos de xantofilas amarillas por Kg.

**Manganeso 120 g, zinc 100 g, hierro 120 g, cobre 10-15 g, yodo 0.7, selenio 0.4 y cobalto 0.2 g.

***vit A 20,000UI, Vit D3 6,000 UI, Vit E 75 UI, Vit K3 9g, Tiamina 3g, Rivoflavina 8g, Ac. Pantotenico 18g, Niacina 60g, Piridoxina 5g, Ac.

Fólico 2g, Biotina 0.2g, Cianocobalamina 16mg y Ac. Ascórbico 200g.

Cuadro 2 Composición de las dietas experimentales para pollos de engorda de 3 a 7 semanas de edad alimentados con diferentes concentraciones de pigmento

Ingrediente	Nivel de Xantofilas en la Dieta.				
	Sin Pigmento	75ppm	108ppm	141ppm	162ppm
Sorgo	651.594	641.654	644.504	642.336	640.996
Pasta de Soya	255.603	255.603	255.603	255.603	255.603
Aceite Vegetal	48.298	48.298	48.298	48.298	48.298
Fosfato de Calcio	16.742	16.742	16.742	16.742	16.742
Carbonato de calcio	14.048	14.048	14.048	14.048	14.048
*Pigmento Amarillo <i>Tagetes</i>	0	9.94	7.113	9.28	10.62
Sal	3.855	3.855	3.855	3.855	3.855
DL-Metionina	2.726	2.726	2.726	2.726	2.726
**Vitaminas	1.350	1.350	1.350	1.350	1.350
L-Lisina HCl	1.992	1.992	1.992	1.992	1.992
Cloruro de colina 60%	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
***Minerales	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835
Bacitracina de zinc	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
Monensina sódica	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
Antioxidante (BHT y BTQ)	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
Total	1000	1000	1000	1000	1000
ANALISIS CALCULADO					
Energía Metabolizable Kcal/Kg	3176				
Proteína cruda %	18.00				
Lisina %	1.067				
Metionina %	0.567				
Met + cist %	0.857				
Treonina %	0.720				
Triptofano %	0.449				
Calcio Total %	0.900				
Fosforo disponible %	0.450				
Sodio %	0.160				

*Concentración de 15 gramos de xantofilas amarillas por Kg.

**vit A 20, 000 UI, Vit D3 6,000 UI, Vit E 75 UI, Vit K3 9g, Tiamina 3g, Rivo flavina 8g, Ac. Pantotenico 18g, Niacina 60g, Piridoxina 5g, Ac. Fólico 2g, Biotina 0.2g, Cianocobalamina 16mg y Ac. Ascórbico 200g.

***Manganeso 120 g, zinc 100 g, hierro 120 g, cobre 10-15 g, yodo 0.7, selenio 0.4 y cobalto 0.2 g.

Cuadro 3 Consumo de alimento y pigmento, y pigmentación de la piel de pollo alimentado con diferentes niveles de energía metabolizable

Niveles de EM (kcal/kg)	Consumo de pigmento/ ave (mg)	Consumo de alimento / ave (g)
2800	383 ±7.4	4509±87
3000	405±14.3	4771±168
3200	378±5.9	4454±70
3400	357±15.4	4203±181
Efecto lineal	*ns	*ns
Probabilidad	P>0.05	P>0.05

*ns=no significativo

Cuadro 4 Pigmentación de la piel de pollo de engorda macho y hembra *in vivo* y en canal con de 24 horas en refrigeración que fueron alimentados con diferentes niveles de energía metabolizable

EM kcal/kg	Pigmentación amarilla de la piel del pollo <i>in vivo</i>			Pigmentación amarilla de la piel de la canal con 24 horas de refrigeración		
	Hembras	Machos	Promedio	Hembras	Machos	Promedio
2800	14.38±0.69	10.45±1.55	12.41	33.21±2.98	32.44±2.34	31.54
3000	18.51±2.11	13.46±1.33	15.98	32.74±1.49	31.77±3.06	32.25
3200	21.70±1.38	17.63±2.88	19.66	40.88±2.06	40.52±1.25	40.70
3400	26.69±1.65	23.40±1.69	25.04	47.59±1.72	51.17±1.94	49.38
Promedio	20.32	16.23		38.60	38.97	
Efecto lineal	R ² =68.80 P<0.01			R ² =65.31 P<0.01		
Ecuación	Y = -44.91±8.65 + 0.02±0.002 (EM)			Y=-52.74±11.14 + 0.029±0.003 (EM)		

Cuadro 5 Amarillamiento de la piel de pollos de engorda hembras y machos alimentados con diferentes niveles de EM y 85 ppm de pigmento

Días de consumo de pigmento	Nivel de energía (kcal/ kg)							
	2800		3000		3200		3400	
	hembra	macho	hembra	macho	hembra	macho	hembra	macho
0	1.48	1.30	1.64	1.25	1.45	1.29	1.74	1.10
3	1.58	1.84	3.50	4.16	3.98	5.49	5.00	6.31
5	3.63	2.21	4.26	4.16	5.55	5.49	6.81	6.31
7	4.34	2.91	4.57	5.22	6.22	7.28	8.35	8.97
10	6.77	5.61	7.89	6.84	9.62	11.09	11.70	12.30
12	7.99	5.86	9.21	7.71	12.28	12.39	14.92	13.89
14	8.84	4.69	10.49	7.00	15.11	15.12	18.92	15.07
17	8.52	6.06	11.76	7.37	18.19	14.41	18.31	17.69
19	10.65	7.60	13.72	7.04	15.48	15.50	22.66	19.97
21	11.60	6.15	14.05	6.19	17.90	17.30	23.61	19.09
24	12.26	7.47	14.06	7.47	18.89	19.48	24.91	21.74
26	12.61	12.23	15.40	11.20	19.98	18.47	23.30	23.94
28	14.38	12.37	17.18	13.46	21.70	17.59	26.69	22.83
EEM	0.48	0.50	0.45	0.68	0.84	0.78	0.94	1.01
Efecto lineal	$R^2=74.67$ $P<0.01$							
Ecuación	$Y= -41.62\pm 2.06 +0.13\pm 0.001$ (nivel de EM)+ 1.77 ± 0.294 (sexo)+ 0.594 ± 0.016							

Cuadro 6 Parámetros productivos a los 49 días de edad en pollos de engorda alimentados con diferentes niveles de xantofilas amarillas de *Tagetes erecta*.

Tx	*Ganancia de peso (kg)	Consumo de alimento (kg)	Índice de conversión	Consumo de pigmento (gr)
75	2.164a	4.456a	2.059a	0.334ab
108	2.187a	4.384a	2.005a	0.294b
141	2.172a	4.459a	2.053a	0.399ab
162	2.362a	4.331a	1.834a	0.438a
EEM	0.05	0.16	1.03	0.03

Letras diferentes muestran diferencia estadística (P<0.08)

*Con un peso inicial de 591 g a las tres semanas de edad.

Cuadro 7 Coloración de la piel en pollos alimentados con 75 ppm de xantofilas amarillas en un periodo de 28 días

Tx	L		a		b	
Sexo	Machos	Hembras	Machos	Hembras	Machos	Hembras
75	67.84a	64.12a	2.11a	3.06a	22.37ab	25.08a
EEM	0.22		0.15		0.49	
Ecuación	$Y=7.2\pm 0.63+0.59\pm 0.03(tcp)+1.50\pm 0.060(sexo)$					

Cuadro 8 Pigmentación de la piel en pollos alimentados con 108, 141 y 162 ppm de xantofilas amarillas en un periodo de 15 días

Tx	L		a		b	
Sexo	M	H	M	H	M	H
108	65.72a	64.53a	2.59a	3.82a	18.68b	19.60b
141	65.84a	63.45a	1.62a	3.05a	21.98ab	21.22ab
162	63.55a	64.47a	3.36a	3.92a	20.39ab	23.24ab
EEM	0.22		0.15		0.49	
Ecuación	$Y=1.21\pm 1.54+0.026\pm 0.01(Tx)+1.14\pm 0.060(tcp)+1.73\pm 0.45(sexo)$					

Diferente letra en cada columna muestra diferencia estadística ($P<0.05$)

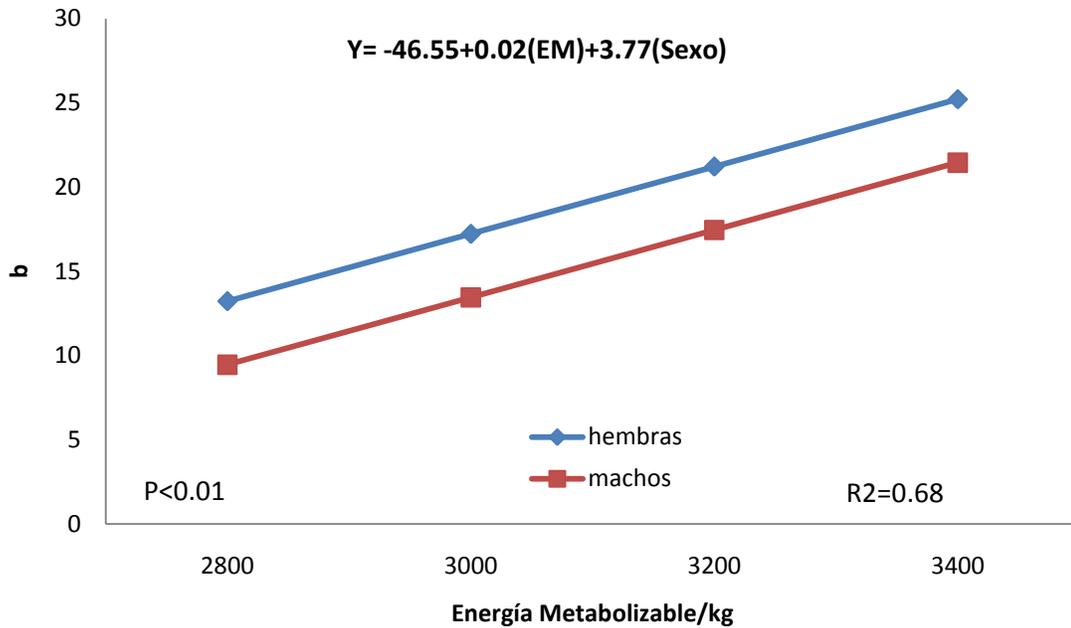


Figura 1. Resultados de pigmentación amarilla de la piel del pollo de engorda alimentados con diferentes concentraciones de EM por sexo

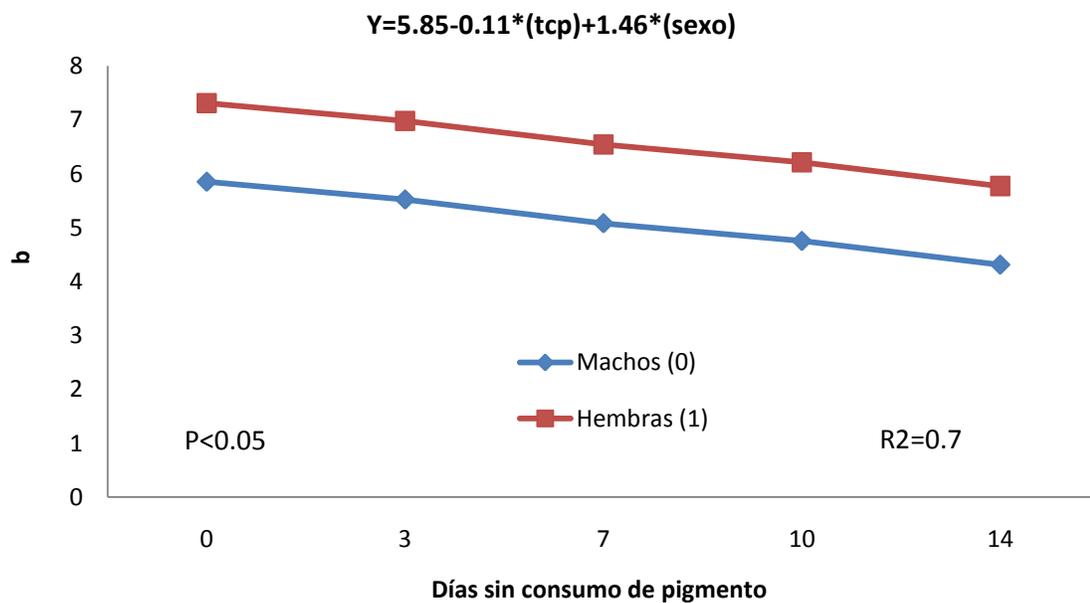
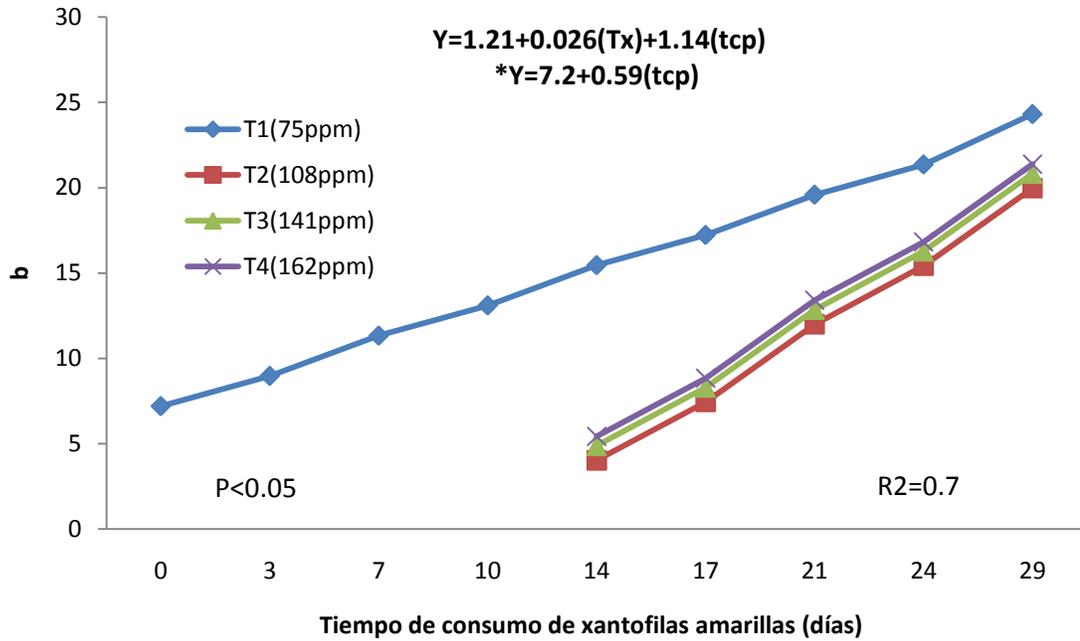
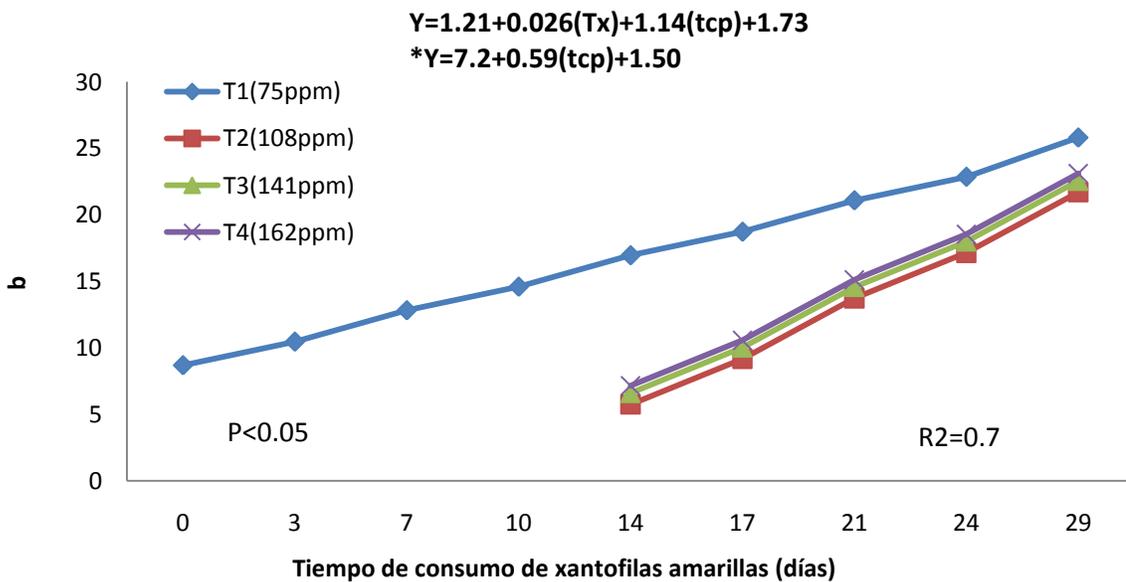


Figura 2. Disminución de la pigmentación en días de la piel del pollo de engorda en ambos sexos al suspender el consumo de xantofilas amarillas



*Testigo

Figura 3. Pigmentación de la piel del pollo macho con diferentes concentraciones de xantofilas amarillas



*Testigo

Figura 4. Coloración de la piel del pollo hembra con diferentes concentraciones de xantofilas amarillas

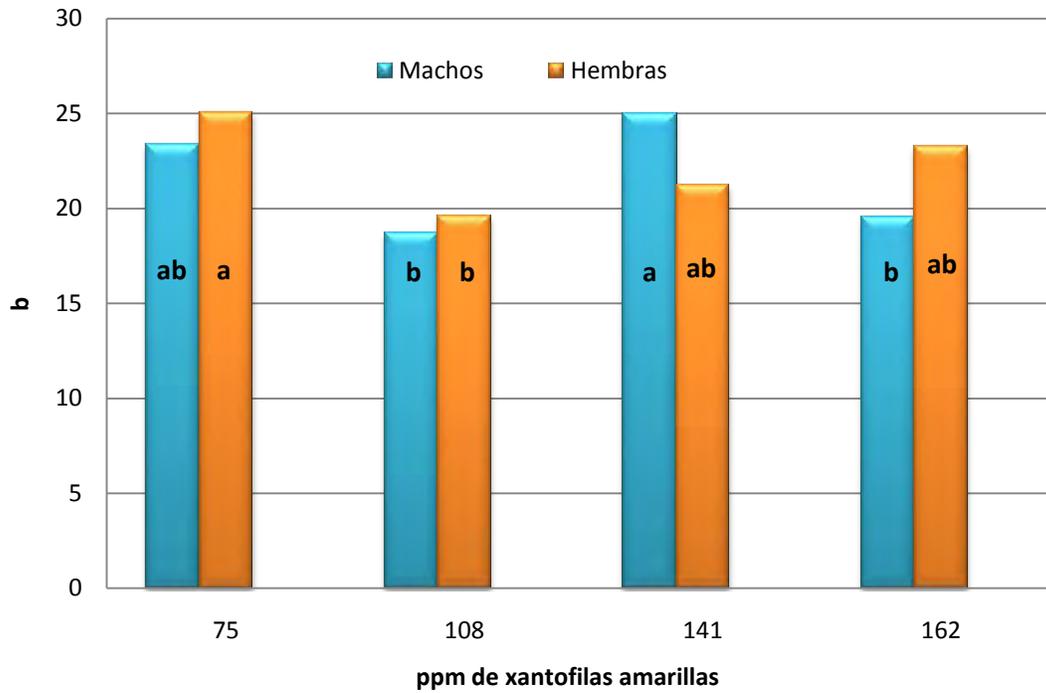


Figura 5. Pigmentación de la piel del pollo de engorda a los 49 días de edad alimentados con diferentes concentraciones de pigmento amarillo