

01621  
18



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CALIDAD DEL HUEVO  
CON LA ADICION DE ACEITES DE AVESTRUZ Y PESCADO  
EN DIETAS DE GALLINAS SEMIPESADAS.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**P R E S E N T A :**

**CARLOS ENRIQUE DE LA CRUZ SIERRA**

**ASESORES: MSc ERNESTO AVILA GONZALEZ  
MPA ELIZABETH POSADAS HERNANDEZ**



**MEXICO, D. F.**

**2003**

**I**



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.

# PAGINACIÓN DISCONTINUA

## DEDICATORIA

*Este trabajo lo dedico:*

A mis padres, familia y Dios;

A mis amigos de la Facultad: Héctor, Emanuel, Memo, Pepe Toño, Caro, Lucy, Gaby, Lilia, Ruth, Goyo, Aarón, Miros, Alexa, Paula, Abuelo, Ricardo, Horacio, Pablo y otros que seguro saben están en esta lista; sin olvidar a mis grandes cuates: Edgar y Beto.

A mis compañeras de trabajo, en especial a Clau Landa por empujarme a terminar este trabajo.

Sin olvidar a mi novia Ana que es el motor de mi vida, gracias.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a mis padres por todo lo que me han dado para llegar a este momento.

A la Universidad Nacional Autónoma de México que me forjó como un individuo íntegro y comprometido con su profesión, cultura y nación.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia y en especial al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (C.E.I.E.P.A.) por su colaboración y oportunidad de acrecentar y fortalecer mis conocimientos día a día.

Al Dr. Ernesto Ávila por su confianza, sus experiencias, conocimientos y tiempo.

A la Dra. Silvia Carrillo (INCMNSZ) por el apoyo excepcional para la realización de este trabajo.

Al Dr. Benjamín Fuente, por la ayuda en lo estadístico y "tips" para el buen término de esta tesis.

Al Dr. Arturo Cortés por la bibliografía proporcionada y en especial por ser amigo.

A todos los académicos del C.E.I.E.P.A., al Dr. Ezequiel Sánchez, al Dr. Jaime Ezquível, al Dr. Tomás Jinez, a la Dra. Elizabeth Posadas y a la Dra. Pilar Castañeda.

A los miembros de mi jurado, en especial a la Dra. Gaby Gómez por su paciencia y amistad.

A mis amigos de la Granja que desde que llegue al CEIEPA solo me brindaron su ayuda y amistad, ya que de una u otra forma participaron en este trabajo: Rene M., Arturo G., Beto S., Manuel O., Oscar O., Marco, Bernardo, Panchito, Alejandro, Oscar, Wendy, Adriana, Aarón, Alfredo y Arisbet.

## CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Alimentos funcionales: Huevos enriquecidos.....	1
1.2	Lípidos.....	3
1.2.1	Clasificación de los lípidos.....	4
1.2.2	Función de los lípidos en el organismo.....	5
1.2.3	Problemas de los lípidos.....	5
1.3	Ácidos grasos.....	6
1.3.1	Clasificación de los ácidos grasos.....	7
1.3.2	Ácidos grasos esenciales.....	7
1.3.3	Beneficios de los ácidos grasos Omega 3.....	9
1.4	Lípidos en dietas de aves.....	10
1.5	Aceites alimentarios en dietas para aves.....	11
1.5.1	Aceite de pescado.....	11
1.5.2	Aceite de soya.....	11
1.6	Panorama nacional de la industria del avestruz.....	12
1.6.1	Aceite de avestruz.....	13
2	JUSTIFICACIÓN.....	13
3	HIPÓTESIS.....	14
4	OBJETIVOS.....	14
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	14
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
5	MATERIAL Y MÉTODOS.....	15
5.1	Análisis estadístico.....	17
6	RESULTADOS y DISCUSIÓN.....	19
7	CONCLUSIONES.....	23
8	LITERATURA CITADA.....	24

✓

## **LISTA DE CUADROS**

Cuadro 1. Ácidos grasos presentes en la yema de huevo de gallina.....	28
Cuadro 2. Diferentes categorías de las grasas alimenticias.....	29
Cuadro 3. Ácidos grasos saturados.....	30
Cuadro 4. Algunos ácidos grasos insaturados de grasas y aceites alimentarios .....	31
Cuadro 5. Nombres comunes y científicos de los ácidos grasos esenciales y sus derivados comunes.....	32
Cuadro 6. Consumo adecuado de los ácidos grasos esenciales para un adulto al día.....	33
Cuadro 7. Contenido en grasa, calorías, lípidos, colesterol y composición de ácidos grasos de la carne y aceite de avestruz.....	34
Cuadro 8. Análisis de ácidos grasos $\omega$ -3 y $\omega$ -6 en el aceite de avestruz utilizado en el experimento.....	35
Cuadro 9. Fuentes potenciales de ácidos grasos omega - 3 para la inclusión en dietas para aves.....	36
Cuadro 10. Composición de la dieta basal empleada.....	37
Cuadro 11. Parámetros de producción en 91 días con aves alojadas en jaula.....	38
Cuadro 12. Parámetros de producción en 91 días con aves alojadas en piso con acceso a pastos.....	38
Cuadro 13. Análisis de lípidos totales y ácidos grasos Omega-3 y Omega-6 en huevo fresco.....	39
Cuadro 13. Análisis de lípidos totales y ácidos grasos Omega-3 y Omega-6 en huevo fresco.....	40
Cuadro 15. Huevos enriquecidos en ácidos grasos Omega - 3 en el mercado.....	41

## RESUMEN

De la Cruz Sierra Carlos Enrique. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CALIDAD DEL HUEVO CON LA ADICIÓN DE ACEITES DE AVESTRUZ Y DE PESCADO EN DIETAS DE GALLINAS SEMIPESADAS. Bajo la dirección de MSc Ernesto Ávila González y MC Elizabeth Posadas Hernández.

Con el objeto de evaluar los parámetros productivos y la composición lipídica del huevo al adicionar aceites de avestruz y de pescado, en sustitución del aceite de soya, en dietas para gallinas, se realizó un estudio con 176 gallinas semipesadas de la estirpe Isa-Babcock B-380 de 40 semanas de edad, alojadas en una caseta experimental de ambiente natural; mientras que otras 176 aves de la misma estirpe y edad estuvieron alojadas en cuatro corrales con acceso a pastos. El estudio duró 91 días y en ambos casos los tratamientos empleados fueron los siguientes: Tratamiento 1 (0.5% de aceite de soya), tratamiento 2 (0.35% aceite de soya + 0.15% de aceite de pescado), tratamiento 3 (0.35% aceite de soya + 0.15% aceite de avestruz) y tratamiento 4 (0.5% aceite de avestruz). El alimento y agua se ofrecieron a libre acceso durante el experimento. Se llevaron registros de producción de huevo, peso del huevo, consumo de alimento, masa de huevo e índice de conversión. A las 10 semanas de experimentación se colectaron 8 huevos por tratamiento para la cuantificación de lípidos totales y ácidos grasos (ácido linoléico, ácido alfa-linolénico, ácido araquidónico, ácido eicosapentaenoico y ácido docosahexaenoico). El análisis estadístico aplicado a las variables productivas fue conforme a un diseño completamente al azar, para el caso de los lípidos y ácidos grasos se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2x4 donde un factor fue jaula o corral y el otro factor fueron las dietas. Los resultados no mostraron diferencias en las variables productivas; así como, en el contenido de lípidos totales y ácidos grasos entre los grupos de aves alojadas en piso y las que estaban en jaula ( $P>0.05$ ), excepto en el contenido del ácido alfa-linolénico que fue superior en el huevo de las gallinas alojadas en piso. En cuanto a las diferencias entre tratamientos sólo se detectaron en el contenido de lípidos totales y la relación Omega-6/Omega-3, en el primer caso los huevos del tratamiento 3 tuvieron la mayor concentración; mientras que en el segundo caso los huevos del tratamiento 1 y 2 presentaron la mejor relación ( $P<0.05$ ). Se concluye que el mantener a las aves en piso con acceso a pastos favorece la deposición de ácido alfa-linolénico en el huevo, y que los niveles de sustitución de aceite de soya por aceite de avestruz empleados en este estudio no afectaron la concentración de los ácidos grasos, pero si incrementaron el contenido de lípidos totales en el huevo; sin alterar los parámetros productivos de la gallina semipesada.

## 1 INTRODUCCIÓN

En México la avicultura es la principal industria transformadora de proteína animal; produce más de 4 millones de toneladas de alimento anualmente. El 60% de los productos pecuarios que consumen los mexicanos son de carne de ave y huevos. El huevo por su alto valor nutrimental, buen precio y variedad de preparación, es uno de los productos alimenticios predilectos por la población. México es el primer consumidor mundial de huevo, con 20.9 Kg *per capita* en el 2002 y es el sexto productor mundial, destacando los estados de Jalisco (43%), Puebla (22%), Sonora (8%), Nuevo León (7%), la región de la Comarca Lagunera (6%), Yucatán (5%) y Guanajuato (4%). Dicha producción se comercializa a través de mercados tradicionales a granel en más de 74%, en tiendas de autoservicio en empaques cerrados 20% y en la industria de los alimentos el 6%<sup>1</sup>.

### 1.1 Alimentos funcionales: Huevos enriquecidos

Los alimentos funcionales se definen como los alimentos a los que se les ha añadido uno o varios ingredientes; o alimentos cuya estructura química o biodisponibilidad de nutrientes se ha modificado; o una combinación de estos dos factores. Es decir, son alimentos modificados, con la particularidad de que algunos de sus componentes (sea o no nutriente), modifique las funciones vitales del organismo de manera específica y positiva. Los efectos de los alimentos funcionales provienen de su contribución al buen estado de salud y de su capacidad de reducir el

riesgo de padecer enfermedades. Se han identificado y determinado los beneficios de estos componentes funcionales de los alimentos <sup>2,3,4,5</sup>.

La industria de los alimentos está tomando acciones para suplementar productos, enriqueciendo varios alimentos con ácidos grasos esenciales, tal es el caso de la leche, mayonesas, margarinas, aderezos para ensaladas, fórmulas infantiles, cereales y en especial carnes de pollo y huevos <sup>6</sup>.

Las aves tienen la habilidad única de modificar el valor lipídico del huevo; sustituyendo las cantidades de ácidos grasos saturados por ácidos grasos insaturados y poliinsaturados dentro del huevo, cuando la dieta de la gallina contiene altos niveles de estos últimos <sup>7</sup>. El Cuadro 1, muestra el perfil de ácidos grasos de un huevo normal, donde el porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados es del 4.2%<sup>12</sup>.

El huevo enriquecido es un producto libre de toxinas, tiene menor costo que muchos tipos de pescados y otros tipos de alimentos abundantes en éstos ácidos grasos. Los huevos enriquecidos con ácidos grasos Omega-3 pueden contener de 80 – 150mg de estos nutrimentos por cada porción de 50g, a diferencia de los huevos ordinarios que contienen de 0 a 30mg <sup>8</sup>.

Una buena dieta para el hombre debe de contener fuentes ricas en ácidos grasos Omega —3. La ingesta de estos ácidos conlleva múltiples beneficios a la salud. En México como en otros países el consumo de alimentos ricos en estos ácidos, como el pescado, es muy bajo (menos del 1%) en comparación con los productos avícolas como el huevo y la carne de pollo cuya ingesta es elevada <sup>9</sup>. Para solucionar esta problemática se puede suministrar a la dieta de las aves productos ricos en ácidos grasos Omega-3 y así, modificar el perfil lipídico del huevo y la carne de pollo incrementando la concentración de estos ácidos grasos<sup>10</sup>. Otra fuente que también es

abundante en ácidos grasos es el aceite de avestruz, que contiene en su estructura 40% de ácidos grasos Omega-3 y Omega-6 <sup>11</sup>.

A pesar de su elevado precio, las grasas se incluyen en las dietas de las aves, ya que mejoran la calidad de la dieta y en este sentido se deben tener en cuenta diferentes factores para la adecuada elección del lípido\*. Por lo tanto, el escoger una grasa sobre otra, dependerá de la naturaleza del ingrediente y la apreciación de las ventajas sobre las desventajas del producto, utilizado específicamente en las dietas para aves <sup>12</sup>.

La población es cada vez más cuidadosa de su salud, por ello, demanda proteína de origen animal y la mejora de la calidad de éste tipo de productos. El uso de aceites alternativos a los comunes da una esperanza para consumir productos avícolas de primera calidad y con un valor agregado.

## 1.2 Lípidos

Los lípidos son ingredientes esenciales para el buen funcionamiento de los organismos animales y son utilizados en las dietas principalmente por su contenido calórico. Son componentes principales de la dieta, así como los carbohidratos y las proteínas. Sin embargo, los primeros, constituyen una fuente de energía de primer orden, ya que proporcionan aproximadamente 9 Kcal/g frente a las proteínas y carbohidratos que rinden en promedio 4 kcal/g <sup>13</sup>.

---

\* Los elementos de evaluación para elegir una grasa son fundamentalmente tres: primero es la calidad de la grasa, en este sentido debe estudiarse la humedad, impurezas, insaponificables, total de ácidos grasos y ácidos grasos libres; segundo es la seguridad de la grasa, cuya estabilidad debe ser garantizada; tercero es la estructura y la uniformidad de la grasa <sup>12</sup>.

Los lípidos son sustancias orgánicas solubles en disolventes orgánicos no polares, y por lo tanto insolubles en agua. Químicamente, las grasas son un tipo particular de lípidos llamados triglicéridos, constituidos por una molécula de glicerol con tres ácidos grasos esterificados, además son los componentes más abundantes en la grasa de los alimentos tanto de origen vegetal como animal <sup>14, 15, 16</sup>.

### 1.2.1 Clasificación de los lípidos

Los lípidos se clasifican, según su origen en animales, vegetales y mezclas, y por su insolubilidad en saturados, monoinsaturados y polinsaturados. Dentro de los lípidos polinsaturados están los de origen marino, de los insaturados la grasa de aves, en los moderadamente insaturados está la manteca porcina y en los saturados está el sebo vacuno y diferentes mezclas de los anteriores, que se pueden ver en el **Cuadro 2** <sup>16, 17</sup>.

Los lípidos se diferencian por sus puntos de fusión en aceites y grasas. Las grasas que son de origen animal, pueden ser sólidas y semisólidas, los aceites se extraen de tejidos vegetales, pescados o animales marinos y son líquidos <sup>18</sup>.

Se les denominan aceites cuando el grado de insaturación es elevado y cuando la cadena carbonada de los ácidos grasos que las componen es más corta y permanecen líquidos a 22° C. Si predominan los ácidos grasos de cadena larga o los saturados, los triglicéridos son sólidos a 22° C y se les denominan grasas <sup>15, 19, 20</sup>.

### **1.2.2 Función de los lípidos en el organismo**

La adición de lípidos a la dieta de los animales trae múltiples beneficios colaterales: a) en el organismo cumplen funciones como; suministrar y almacenar la energía, formar parte de las membranas celulares, mantener la temperatura corporal, dar protección superficial y aislamiento del medio externo, ser fuentes de ácidos grasos esenciales, aumentar la absorción de otros nutrimentos mediante la reducción de la velocidad del tránsito digestivo, ser un medio de transporte de vitaminas liposolubles y pigmentos, ser precursores de hormonas y producción de grasa, huevo y carne y, b) en el alimento ayuda a disminuir la formación del polvo y aumenta la palatabilidad de la dieta <sup>9, 14, 15, 16</sup>.

### **1.2.3 Problemas de los lípidos**

Los principales problemas que presentan los lípidos se refieren a su almacenamiento y manejo. Por ejemplo, al estar en contacto con el agua, se hidrolizan las grasas a glicerol y a ácidos grasos libres; si la humedad del lípido es muy elevada puede provocar corrosión en las máquinas mezcladoras. Durante el almacenamiento, el oxígeno reacciona con dobles enlaces en los ácidos grasos y produce peróxidos, lo cual conduce a la formación de productos de oxidación secundaria. Esto causa rancidez y disminuye la calidad del lípido, lo que conlleva a que la palatabilidad se vea afectada. El mezclado favorece la oxidación, por la mayor exposición a la superficie de las sales pro-oxidantes como el cobre y el hierro. Por esto, es importante utilizar el alimento tan pronto como sea posible <sup>12</sup>. Lo

anterior justifica que los antioxidantes deben estar presentes, ya que éstos garantizan la estabilidad del lípido y previenen el desarrollo de la rancidez oxidativa, para evitar malos olores, desórdenes gastrointestinales en las aves y la destrucción de las vitaminas A, D y E en la grasa almacenada<sup>21</sup>.

Los lípidos deben estar certificados como libres del factor del edema del pollo y no deben contener residuos de pesticidas. En el caso específico del aceite de semilla de algodón debe tenerse precaución con el gospol<sup>21</sup>.

Debido a que la oxidación es una degradación que ocurre en el doble enlace de la estructura en el glicérido, los ácidos grasos insaturados se hacen rancios provocando la formación de un radical graso libre. Esto continúa con un proceso autocatalítico que culmina en una pérdida de energía. Este fenómeno sucede principalmente con los ácidos grasos insaturados por su estructura<sup>21</sup>.

### **1.3 Ácidos grasos**

Las propiedades físicas y químicas de las grasas dependen en gran medida de los tipos y proporciones de los ácidos grasos que lo constituyen, así como del modo en que se distribuyen en el esqueleto del glicerol. Dependiendo del tipo de ácido graso (saturados e insaturados), las grasas que son líquidas a temperatura ambiente suelen ser más insaturadas que las que aparecen sólidas<sup>13</sup>

Conforme aumenta la longitud de los ácidos grasos, el punto de fusión también se incrementa. Los lípidos que contienen de 2 a 26 átomos de carbono se dividen en ácidos grasos de cadena corta y son los que tienen de 2 a 6 átomos de carbono, a los que contienen de 8 a 12 átomos de carbono se les llaman ácidos

grasos de cadena mediana, de 14 a 18 átomos de carbono se les conocen de cadena larga y de 20 a 26 los de cadena muy larga<sup>20</sup>.

### 1.3.1 Clasificación de los ácidos grasos

Los ácidos grasos se clasifican por su grado de saturación en <sup>13</sup>:

- a) Ácidos grasos saturados: contienen solamente enlaces carbono-carbono simples, los cuales se muestran en el **Cuadro 3**.
- b) Ácidos grasos insaturados: Contiene uno o más enlaces dobles carbono-carbono, los cuales aparecen en el **Cuadro 4**.

Los ácidos grasos insaturados también se les conocen como ácidos grasos Omega, por la posición del primer doble enlace del ácido graso más cercano al metilo terminal de la molécula.

Ácidos grasos poliinsaturados; también llamados ácidos grasos esenciales, son ácidos grasos de cadena larga. Estos se presentan en el **Cuadro 5**.

### 1.3.2 Ácidos grasos esenciales

A estos ácidos, se les denomina esenciales porque no pueden ser sintetizados por el organismo y deben ser suministrados por la dieta. Poseen una estructura química particular de dobles enlaces cerca del grupo metilo al final de la molécula en configuración "cis" y en posiciones específicas<sup>13</sup>. Tal es el caso de los ácidos linoléico y alfa-linolénico, que pueden ser sintetizados solamente por células vegetales y no por células animales, por eso deben de ser suministrados en la dieta <sup>22</sup>.

Los ácidos linoléico y alfa-linolénico pertenecen a la familia de Omega 6 y Omega 3, respectivamente. El primero es precursor del ácido araquidónico y el segundo de los ácidos eicosapentaenóico (EPA) y del ácido docosahexaenóico (DHA); son considerados esenciales porque los animales no tienen la capacidad enzimática de desaturar a los ácidos grasos de la cadena del acilo en el terminal metilo<sup>23</sup>. Son biológicamente activos, debido a que, le sirven al organismo de diversas formas y no solamente como fuente de energía, como el caso de los ácidos grasos saturados. Estos ácidos grasos son esenciales para el crecimiento, su ausencia puede desarrollar signología como piel seca, excesivo consumo de agua, reducción del crecimiento e infertilidad<sup>14,23</sup>.

Los ácidos grasos Omega 6 y 3, ácido araquidónico y ácido eicosapentaenóico, son precursores de familias de moléculas bioactivas circulantes llamadas eicosanoides. Ambas actúan como lipoxigenasas para formar leucotrienos y cicloxigenasas, las cuales pueden formar prostaglandinas, prostaciclina y tromboxanos. Estos eicosanoides afectan la respuesta inmune, el tono vascular, la agregación plaquetaria, entre otras funciones celulares. En muchos casos los eicosanoides derivados de los Omega-6 tienen efecto contrario a los derivados de los Omega-3<sup>23</sup>.

Los ácidos grasos polinsaturados de la familia de los Omega-6, permiten que el cuerpo forme coágulos sanguíneos, incrementa los procesos de inflamación, vasoconstricción y predispone a arritmias cardíacas. En contraste, los ácidos grasos

---

\* El ácido linoléico tiene que ver en la fluidez de las membranas de las células animales, en la función de las enzimas y receptores de las membranas celulares. (23)

polinsaturados de la familia de los Omega 3 protegen al corazón de enfermedades cardíacas <sup>22</sup>.

### **1.3.3 Beneficios de los ácidos grasos Omega-3**

Muchas enfermedades de orden cardiovascular y coronarias del corazón en el humano, se deben a una dieta baja en ácidos grasos insaturados como son el eicosapentanoico y el ácido linolénico, los cuales se encuentran en el pescado y en las plantas respectivamente. El ácido linolénico es un precursor de la prostaglandina E, esta última es un vasodilatador coronario y es un inhibidor de la agregación plaquetaria. A pesar de lo anterior, la dieta de la mayoría de los humanos no está lo suficientemente fortificada con ácido linolénico <sup>9</sup>.

La importancia de los ácidos grasos Omega-3 en el humano radica en sus beneficios directos a la salud que pueden ser la prevención de las enfermedades cardiovasculares, hipertensión, arteriosclerosis e infarto al miocardio; la reducción del riesgo de padecer desordenes inflamatorios, autoinmunes y artritis reumatoide; son de gran importancia en el desarrollo del cerebro y tejido de la retina de los recién nacidos y además la disminución de las concentraciones de colesterol en la sangre; tienen propiedades antitrombóticas y antiaterogénicas <sup>6, 24, 25</sup>.

La Asociación Americana del Corazón (AHA) recomienda 1g de ácidos grasos Omega-3 para personas con enfermedades cardíacas y de 2-3g por día para aquellos que sufren a dislipidemia <sup>7</sup>. A individuos normales se les recomienda consumir lo presentado en el **Cuadro 6**.

#### 1.4 Lípidos en dietas de aves

El uso de lípidos como componentes esenciales de energía en la formulación de dietas para la avicultura ofrece gran flexibilidad, ya que provee más energía con menos peso en las raciones alimenticias de las aves. Esto determina la velocidad de crecimiento del pollo y su óptima conversión alimenticia debido al incremento de la densidad calórica <sup>12</sup>.

Otro beneficio es el efecto calórico adicional de la conversión de energía metabolizable en energía neta, ya que esta última se incrementa considerablemente; además existe el efecto metabólico "extra" que mejora el desempeño y aumenta la eficiencia energética<sup>12</sup>.

En gallinas de postura, los parámetros productivos se modifican ya que el consumo alimenticio se incrementa, el tamaño del huevo se aumenta e indirectamente la eficiencia de conversión alimenticia cambia <sup>10</sup>.

El suplementar grasa puede ser ventajoso en dietas de gallinas adultas durante periodos de estrés calórico cuando el consumo de alimento disminuye y la energía se vuelve limitrofe a la producción de huevo. Además, en situaciones de deficiencia calórica, las grasas y los carbohidratos evitan la movilización proteica <sup>29</sup>.

## **1.5 Aceites alimentarios en dietas para aves.**

### **1.5.1 Aceite de pescado**

El aceite de pescado se obtiene del procesamiento y prensado de pescados enteros y subproductos de la industria conservera. Contiene altos porcentajes de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, responsables de su inestabilidad ante la oxidación y de sabores anómalos a los productos finales de los animales que los consumen. En general, son ricos en ácidos grasos Omega-3 (particularmente EPA y DHA) y pobres en Omega-6.<sup>17,18</sup>

Contiene altas concentraciones de EPA y DHA; obtienen el Omega-3 del fitoplancton, específicamente de las algas que contienen el 20 % de su peso seco como lípidos y de estos el 50 % lo constituyen ácidos grasos Omega-3. La cadena de consumo se liga al hombre, cuando consume estos animales obteniendo de ellos los ácidos grasos acumulados.<sup>22</sup>

El ácido eicoisapentanoico y el docosahexanoico son importantes para la buena salud de la vida animal. Por ejemplo, el DHA es esencial para las membranas del cerebro, espermatozoides, músculo cardíaco y en las células de la retina del ojo.<sup>23</sup>

### **1.5.2 Aceite de soya**

Procede de la industria del frijol de soya tras la extracción y previo refinado del aceite para consumo humano. En este proceso se incorporan lecitinas, que son ricas en colina, fosfolípidos, antioxidantes y vitamina E, lo que favorece la digestibilidad y la conservación del aceite durante el almacenamiento.<sup>17</sup>

La composición más representativa del aceite de soya son: ácidos saturados 14%, ácido oleico 28%, ácido linoléico 50% y ácido linolénico 8% <sup>17</sup>.

#### **1.6 Panorama nacional de la industria del avestruz.**

El inventario de avestruces en México no es conocido con precisión, se estima la existencia de 14,000 aves en 364 granjas. El mayor número de estas se ubica en el norte del país. Los estados con mayor número de granjas registradas se encuentran en Tamaulipas, Guanajuato, Nuevo León, Chihuahua, Jalisco, Hidalgo y Sonora <sup>27</sup>.

La introducción de los avestruces a México fue en 1991, teniendo a partir de entonces una tendencia a la alza, logrando la mayor cantidad de granjas en 1996; a partir de ese año la disminución de las granjas dedicadas a la explotación de la especie comenzó a decaer drásticamente a la fecha. Este comportamiento da indicios de que el mercado de reproductores llegó a su tope; debido a una saturación de reproductores sin haber logrado previamente establecer el mercado para los productos de la especie <sup>27</sup>.

Sin duda, el desarrollo del mercado de la carne y piel es el principal reto de la industria, para que esta pueda subsistir. Otra alternativa es la de desarrollar mercados rentables para otros productos del avestruz, tal es el caso de las plumas, piel y grasa <sup>27</sup>.

### **1.6.1 Aceite de avestruz**

De la canal de avestruz se puede extraer aproximadamente 3% de grasa en un animal adulto. La grasa del avestruz esta situada en depósitos específicos como lo son el abdomen, pecho y las zonas intermusculares <sup>29</sup>. El aceite de avestruz es rico en ácidos grasos esenciales, como se ve en el **Cuadro 7**.

El análisis de ácidos grasos (**Cuadro 8**) del aceite de avestruz utilizado en el presente estudio, mostró similitudes en el caso del ácido linoléico, DHA y EPA con respecto a lo informado por Carbajo et al. en 1995 <sup>28</sup> y Delalta Ostrich Oil en 2003.<sup>11</sup> Los perfiles de ácidos grasos en aceite de avestruz y otras fuentes potenciales de ácidos grasos Omega – 3 para la inclusión en dietas de aves se presentan en el **Cuadro 9**. El perfil de ácidos grasos corrobora que el aceite utilizado, en el estudio presenta características aceptables para la suplementación de las dietas.

## **2 JUSTIFICACIÓN**

El presente trabajo propone el uso del aceite de avestruz y de aceite de pescado –individualmente y combinados– como fuente de ácidos grasos adicionados en las dietas de las aves, y así modificar el perfil lipídico de la yema del huevo, sin cambiar los parámetros productivos, lo cual no ha sido empleado anteriormente.

### **3 HIPÓTESIS**

· La adición de aceite de pescado y aceite de avestruz en dietas de gallinas de postura, no modifican los lípidos totales y ácidos grasos en el huevo y no alteran los parámetros productivos en sistemas clásicos y en semilibertad.

### **4 OBJETIVOS**

#### **4.1 Objetivo General:**

Evaluar el efecto de la adición de aceites de avestruz y de pescado, en dietas de gallinas semipesadas en producción de huevo.

#### **4.2 Objetivos Específicos:**

- a) Comparar los parámetros productivos, al adicionar aceites de avestruz y de pescado en dietas de gallinas semipesadas en sistema de producción en jaula y piso con pastoreo.
  
- b) Confrontar los valores de lípidos totales y ácidos grasos del huevo, en gallinas con dietas adicionando aceites de avestruz y de pescado.

## 5 MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión Avícola (C.E.I.E.P.A.) 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 S/N en la Colonia Santiago Zapotitlán de la Delegación Tlahuac, Distrito Federal a una altura de 2250 m.s.n.m. entre los paralelos 19°15' latitud Oeste. Bajo condiciones de clima templado húmedo Cw, siendo Enero el mes más frío y Mayo el más caluroso, su temperatura promedio anual es de 16°C y con una precipitación pluvial anual media de 747 mm<sup>29</sup>.

El trabajo de campo tomó 91 días para su realización, se utilizó una caseta experimental de ambiente natural, localizada dentro del C.E.I.E.P.A., dividiendo la caseta en dos secciones; en una sección se alojaron en jaulas a 176 gallinas rojas semipesadas de la estirpe Isa-Babcock B-380 de 40 semanas de edad, en jaulas provistas de comederos de canal y bebederos de copa. Las gallinas que estuvieron en jaula tuvieron cuatro tratamientos con cuatro réplicas cada uno. Cada réplica tuvo a 11 gallinas. En la otra sección, se dividió la caseta en cuatro corrales con salida a una área de pasto (*Paspalum notatum*) de 890 cm<sup>2</sup> por ave. El acceso a pastos fue restringido, de las 8:00 horas a las 14:00 horas (6 horas / día) durante los 91 días de experimentación. Cada corral contó con 6 comederos de tolva y 3 bebederos de campana cada uno. Alojando a 45 aves de la misma estirpe y edad que las alojadas en la jaula. Las aves que se encontraban en corrales de piso tuvieron un tratamiento por corral, los cuales correspondieron a los mismos tratamientos utilizados en las gallinas de jaula.

Los tratamientos o dietas fueron como sigue a continuación; todas las dietas fueron a partir de la base sorgo-soya, como se muestra en el Cuadro 10, modificando únicamente el porcentaje de aceite para cubrir las necesidades energéticas de la gallina señaladas por Cuca et al.<sup>14</sup> Los tratamientos fueron los que se señalan a continuación:

Tratamiento 1, Testigo (0.5% de aceite de soya)

Tratamiento 2 (0.35% de aceite de soya + 0.15% de aceite de pescado)

Tratamiento 3 (0.35% de aceite de soya + 0.15% de aceite de avestruz)

Tratamiento 4 (0.5% de aceite de avestruz)

El agua y el alimento se ofrecieron a libertad durante las 13 semanas de duración del estudio.

Durante el experimento se colectó el huevo y se tuvieron registros de producción semanal, porcentaje de postura, peso del huevo, índice de conversión, consumo por ave y masa de huevo por ave / día.

En la semana 10 de experimentación, se escogieron al azar por tratamiento 8 huevos de las gallinas de jaula y 8 por tratamiento de las aves alojadas en corral, para el análisis de lípidos totales y ácidos grasos. Dichos análisis se llevaron a cabo en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, en el Área de Nutrición Animal, en la Delegación Tlalpan, D.F.

A los huevos frescos, se les determinaron lípidos totales a través de una extracción de cloroformo:metanol 2:1, siguiendo el método de Folch et al. (1957)<sup>30</sup>.

Los ácidos grasos linoléico, alfa-linolénico, araquidónico, eicosapentaenóico y docosahexaenóico, se cuantificaron por el método descrito por Castro-González et al. (2001) <sup>31</sup>, que consiste en metilar el extracto lipídico con una solución de hidróxido de sodio y metanol. Se empleó una mezcla de ésteres metílicos para identificar el tiempo de retención de cada uno de ellos y así realizar su cuantificación. El ácido miristoléico se utilizó como estándar interno y se determinaron los ácidos grasos en un cromatógrafo de gases modelo "Varian 3400" con Detector de Ionización de Flama (DIF), usando una columna capilar DB23 de 30 m de longitud y 0.25mm de diámetro interno.

### 5.1 Análisis estadístico

A las variables obtenidas de los parámetros productivos, se les realizó un análisis estadístico con el programa de la Universidad Autónoma de Nuevo León Ver. 2.5. El análisis estadístico de los parámetros de producción entre los tratamientos, se realizó conforme un diseño completamente al azar.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij} \quad i = 1, 2, 3 \text{ y } 4 \quad j = 1, 2, 3 \text{ y } 4$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta.

$\mu$  = Media general.

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$E_{ij}$  = Error aleatorio.

A las variables obtenidas de lípidos totales y ácidos grasos se les verificó los supuestos de homogeneidad de varianza y de normalidad antes de realizarles el análisis. Se utilizó el programa de la Universidad Autónoma de Nuevo León Ver. 2.5. También, se empleó un modelo completamente al azar con un arreglo factorial 2 x 4 donde un factor fue jaula o corral y el otro factor fueron los diferentes tipos de aceites, mediante el siguiente modelo.

$$Y_{ijk} = \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + E_{ijk} \quad i = 1,2 \quad j = 1,2,3,4 \quad k = 1,2,3,4$$

Las variables LNA y EPA no cumplieron los supuestos y se les realizó una transformación con la siguiente fórmula para poder ser analizados.

$$-LNAt = \text{Log LNA} + 1/4$$

$$-EPAt = \text{Log EPA} + 1/4$$

Donde:

LNA = Variable transformada LNA (Ácido Linolénico)

EPAt = Variable transformada EPA. (Ácido Eicosapentaenóico)

## 6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Las variables productivas de gallinas alojadas en jaula y piso durante el experimento se muestran en los **Cuadros 11 y 12**. Los datos obtenidos de gallinas alojadas en jaulas (**Cuadro 11**) no indicaron diferencias estadísticas ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos, al emplear aceite de avestruz y de pescado en sustitución del aceite de soya; resultados similares se observaron con los mismos tratamientos en las gallinas en piso (**Cuadro 12**). Estos resultados coinciden con estudios realizados por Carrillo et al. en 1999 <sup>7</sup>, quienes utilizaron la harina del crustáceo langostilla (como fuente de ácidos poliinsaturados); también fue demostrado por Hargis et al. en 1991 <sup>32</sup>; Jiang y Sim en 1993 <sup>33</sup> y Nash et al. en 1995 <sup>34</sup> quienes utilizaron diferentes tipos de grasas en dietas para aves, sin encontrar diferencias en los parámetros productivos, lo cual indica que los diferentes tratamientos cubrieron los requerimientos energéticos para el ave. Sin embargo, Hulan et al. en 1989 <sup>35</sup> en estudios con fuentes de ácidos grasos poliinsaturados, como lo son los aceites marinos, presentaron problemas de palatabilidad con sus consecuencias negativas en los parámetros productivos de las aves.

Respecto a la composición lipídica del huevo, se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos ( $P<0.05$ ) (**Cuadro 13**), en el contenido de lípidos totales, en particular el tratamiento 2 (0.35% de aceite de soya + 0.15% de aceite de pescado) mostró un menor contenido que el huevo del tratamiento 3 (0.35% de aceite de soya + 0.15% de aceite de avestruz). De hecho, este último grupo mostró

valores superiores a los demás. Es posible que estas diferencias estén dadas por la composición misma del aceite de avestruz, que a diferencia del aceite de pescado y de la soya tiene presentes colesterol y otras grasas (**Cuadro 7**). Es importante tomar en cuenta que la cantidad de lípidos presentes en el huevo, depende de la síntesis de lípidos *de novo* a nivel hepático y de la incorporación de lípidos a través de la dieta.<sup>30</sup>

La concentración en el huevo (**Cuadro 14**) de los ácidos grasos linoléico, alfa-linolénico, araquidónico, eicosapentaenóico y el docosahexaenóico, no se vio modificada por la sustitución del aceite de soya por el de avestruz y de pescado ( $P>0.05$ ). Sin embargo, la relación Omega-6 / Omega-3 presentó diferencias estadísticas entre algunos de los tratamientos ( $P<0.05$ ). Los grupos que contenían aceite de avestruz (tratamientos 3 y 4) mostraron un valor superior al grupo testigo y al que contenía aceite de pescado. Esto seguramente es consecuencia del alto contenido de ácidos grasos Omega-6 y la menor concentración de ácidos grasos Omega-3 en el aceite de avestruz. Aun así, la relación es buena si se toma en cuenta que la proporción considerada como ideal, para el humano, es de 4:1; dicho balance es importante para mantener la homeostasis y el desarrollo normal del individuo. Sin embargo, en la actualidad la dieta del hombre contemporáneo no está balanceada, esto es que la relación Omega-6/Omega-3 de 15:1 incluso llega a ser de 25:1. Una de las razones es el elevado consumo de aceites vegetales procedentes de leguminosas.<sup>6, 22</sup>

Por otra parte, al comparar los resultados de la composición lipídica del huevo entre las aves alojadas en piso y en jaula, se observó una mayor concentración del ácido alfa-linolénico en el huevo de las gallinas alimentadas en piso y con acceso a pastos. Esto pudiera deberse a que los pastos son una fuente concentrada de este ácido graso y por lo tanto, al formar parte de la dieta de las aves contribuye a modificar el perfil lipídico del huevo. Estos resultados coinciden con lo señalado por Posadas en el 2000 <sup>27</sup> quien realizó un estudio bajo condiciones similares obteniendo de igual forma superiores concentraciones de ácido alfa-linolénico en el huevo de gallinas alojadas en piso.

Las principales ventajas de la producción de huevo bajo un sistema en semilibertad son; la edad en la cual las aves alcanzan el pico de puesta es menor; el número de huevos puestos en relación a las criadas en batería es mayor, aproximadamente 20 huevos por ciclo, la mortalidad de las gallinas al aire libre es menor en un 2-3% a la observada en gallinas en jaula, esto debido a la menor exposición a factores de estrés y por lo tanto menor depresión del sistema inmunológico; el índice de clasificación de los huevos también es superior en las producciones en semilibertad; y el consumo diario de alimento de las aves alojadas en piso es mayor 10g/ ave / día.<sup>28</sup>

Por otra parte, aunque la cantidad de lípidos y ácidos grasos esenciales obtenidos en el experimento, resultó baja (127.58 de Omega-3 mg/100g de huevo) en comparación con huevos enriquecidos con ácidos grasos esenciales, ya existentes en el mercado (**Cuadro 15**); la información obtenida en este estudio

constituye un avance significativo, dado que proporciona elementos esenciales para futuras investigaciones. Sugiriendo tomar en cuenta los siguientes aspectos: a) adicionar mayores porcentajes de aceite de avestruz en dietas para gallinas de postura; b) aumentar el tamaño de la muestra; c) tomar en cuenta otras variables como color de la yema, unidades Haugh, peso de yema, peso del ave al inicio y al final del experimento, debido a que existe una reducción de la energía metabolizable en las dietas con ácidos grasos esenciales Omega -3, pudiendo ocasionar pérdida de peso del ave y limitar la deposición de lípidos en el huevo; d) medir en huevo la concentración de colesterol y obtener un perfil completo de los ácidos grasos presentes en el aceite de avestruz y en la yema del huevo.<sup>24, 36</sup>

Así mismo, los resultados obtenidos permiten corroborar lo informado por Hargis y Van Elswyk en 1993<sup>39</sup>, Herber y Van Elswyk en 1996<sup>40</sup> y Zhao y Scheideler en 1998<sup>41</sup> quienes indican que la composición en ácidos grasos del huevo se puede manipular a través de la dieta.<sup>42</sup>

## **7 CONCLUSIONES**

Se concluye que el mantener a las aves en piso con acceso a pastos, favorece la deposición de ácido alfa-linolénico en el huevo, y que los niveles de sustitución de aceite de soya por aceite de avestruz empleados en este estudio no afectaron la concentración de los ácidos grasos, pero si incrementaron el contenido de lípidos totales en el huevo; sin alterar los parámetros productivos de la gallina semipesada;

## 8 LITERATURA CITADA.

1. Unión Nacional de Avicultores. Monografía de la Avicultura (página electrónica) <http://www.una.org.mx/> fecha de consulta:16-05-03
2. Arai S. Studies of Functional Foods in Japan. State of the Art. Biosc. Biotechg. Biochem. 60:9-15, 1996
3. Hallingworth P. Mainstreaming healthy foods. Food Technol.- 51(3):55-58, 1997.
4. Wildman C.R.E. Handbook of nutraceutical and functional foods. Ed Wildman CRE. CRC Press. USA. 542. 2001.
5. Best D. All natural and nutraceutical. Prepared foods 166 (6):32-38, 1997.
6. Simopoulos, A. Symposium: Role of poultry products in enriching the human diet with PUFA. Human requirement for N-3 polyunsaturated fatty acids. Poultry Sci. 2000. 79:961-970.
7. Carrillo, S., Carranco, M., Castillo, R., Castro-Gonzalez M., Perez-Gil, F. y Avila, E. El Huevo como Fuente de Ácidos Grasos W-3 Y W-6 al Incorporar Harina de Crustáceo Langostilla en Raciones para Ponedoras. Memorias del XVI Congreso Latinoamericano de Avicultura Septiembre, 1999, Perú: APA, 1999:338-342.
8. El Instituto del Huevo. Memorias del Seminario Mitos y Realidades del consumo del huevo:<http://www.institutodelhuevo.org.mx/memorias2.html>/cinco  
Fecha de Consulta: 15-04-05

9. Esteve-García E., Huevos Enriquecidos: Modificaciones del Perfil Lipídico de la Yema del Huevo., Tecnología Avípecuaria en Latinoamérica, Año 15, No 170, México 2002.
10. Castillo, C., González, M., Morales, E., Carrillo, S. y Castillo, R. El Aceite de Atún como Fuente de Ácidos Grasos omega-3 para la Yema del Huevo. Memorias ANECA XXVI Convención Anual, Abril 2001, Acapulco, Guerrero, 2001: 184-188.
11. Delalta Ostrich Oil: Fatty Acid Profile: <http://www.delalta/ostrich.com> Fecha de Consulta: 27-02-03
12. Miles, R., Butcher, G., Advantages and Disadvantages of Feeding Fats in Poultry Nutrition, Florida Agricultural Experiment Station Journal Series, University of Florida, Gainesville, 32611-0920 FI, E.U.A.
13. Ziller, S. Grasas y Aceites Alimentarios. Edit. Acribia, Zaragoza, España, 1994, 71 pp
14. Cuca, M., Avila, E., Pro, A., Alimentación de las Aves, Estado de México, México Universidad Autónoma Chapingo, 1996.
15. De Blas, C., y González, G., Nutrición y Alimentación de Gallinas Ponedoras, Madrid, España, Ediciones Mundi – Prensa, 1991.
16. González G., García, M. y Salado, S., Influencia de la Suplementación Lipídica sobre la Productividad Avícola., Avicultura Profesional, 1998.
17. De Blas, C., Mateos, G., Rebollar, P., Normas FEDNA para la Formulación de Piensos Compuestos., Departamento De Producción Animal, Madrid, España, Universidad Politécnica de Madrid, PANCOSOMA, 1999.

18. Hernández, N., El Aceite de Soya y su Contenido en Omega-3 en la Prevención y Tratamiento de Enfermedades., Soya-Noticias, Julio-Septiembre 2002, México.
19. Kent, J., Biblioteca Riegel de Química Industrial. Tomo 2, Edit. CECSA, Capitulo 12.
20. Resendiz Díaz M. C. Usos del Huevo Infértil de Avestruz Especie Híbrido de Cuello Azul. (TESIS: Licenciatura) México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México: Química de Alimentos, 1999.
21. Leeson S., Fats in Poultry Diets. Director's Digest, Fats and Proteins Research Foundation, Inc., 1995:267.
22. Miles, R. y Jacob, J., Omega-3 Fatty Acids. Understanding the Requires a Knowledge of: their Chemistry: (folleto informativo)
23. Brenen, L., Sanders, M., Salmiren, S. y Athongate, J., Food Aditives, N.Y. E.U.A., Meral Dekker, Inc. 2002: 10
24. Gonzalez-Esquerria, R. y Lesson, S. Alternatives for Enrichment of Eggs and Chicken Meat with Omega-3 Fatty Acids. Can J. Anim Sci, 2001, 81(3):295-305.
25. Ahn, M. y Sell, J. Effect of Dietary Conjugated Linolenic Acid on the Composition of Egg Yolk Lipids. Poultry Sci, 1999, 78:1639-1645
26. Gary, G., Pearl, G., Feeding Fats., Director's Digest, Fats and Proteins Research Foundation, Inc., 1995: 269
27. López Díaz, C., Panorama Mundial y Nacional de la Industria del Avestruz. Memorias del Curso de Actualización Médica en la producción del Avestruz. UNAM-FMVZ. (memorias en cd)

28. Carbajo, E., Mesia, J., Gurri, A., Cría de Avestruces, Emues y Ñandúes., 2ª Edición, Real Escuela de Avicultura, España, 1995.
29. INEGI, Tlahuac. Cuaderno de Información Delegacional INEGI. México, 1992.
30. Folch JL, Leesm, Stanley-Sloane GH. (1957): A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226:497-509.
31. Castro-González MI, Montaña-Benavides S, Perez-Gil Romo F. (2001): Ácidos grasos del atún de diferentes zonas pesqueras del pacífico mexicano, en aceite y agua. *Arch Lat Nutr* 51(4):407-413.
32. Hargis, P.S., Van Elswyk, M.E. y Hargis, B.M. 1991. Dietary modification of yolk lipid with menhaden oil. *Poultry Sci.* 70:874-883.
33. Jiang, Z. y Sim, J. S. 1993. Consumption of n-3 polyunsaturated fatty acid-enriched eggs and changes in plasma lipids of human subjects. *Nutrition* 9:513-518.
34. Nash, D.M., Hamilton, R.M.G. y Hulan H.W. 1995. The effect of dietary herring meal on the omega-3 fatty acid content of plasma and egg yolk lipids of laying hens. *Can. J. Anim Sci.* 75:247-253.
35. Hulan, H. W., Ackman, R.G., Ratnayake, W.M.N. y Proudfoot, F.G.. Omega-3 fatty acid levels and general performance of commercial broilers fed practical levels of red fish meal. *Poultry Sci.* , 1989, 68:153-162.
36. Ayerza R. y Coates W. Dietary levels of Chia: Influence on yolk Cholesterol, lipid content and fatty acid composition for two strains of hens. *Poultry Sci.*, 79:724-739, 2000
37. Posadas E., Comparación de los Parámetros de Producción de Aves Semipesadas bajo un Sistema Clásico y en Semilibertad, Medición de Estrés y

Análisis de Resistencia a *Salmonella enteritidis* (TESIS de MAESTRIA), México D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2000

38. Champagne, J., Progreso en Francia de las ponedoras al aire libre, en tanto el huevo "alternativo" va viento en popa. *Fillères Avicoles*, 573:1.69-71, 1996.
39. Hargis, P. y Van Elswyk, M., Manipulating the Fatty Acid Composition of Poultry Meat and Eggs for the Health Conscious Consumer., *World's Poultry Sci. J.* 49(3):251-264.
40. Herber, S.M. y Van Elswyk M.E. Dietary marine algae promotes efficient deposition of n-3 fatty acids for the production of enriched shell eggs. *Poultry Sci.* 1996, 75: 1501-1507.
41. Zhao F. y Scheideler S.E., n-3 and n-6 fatty acids and modified egg in the human diet. *The Nebraska Poultry Report 1997-1998*, University of Nebraska Cooperative Extension MP70, 1998: 20,21
42. Baucells, M., Crespo, N., Barroeta, C., Lopez-Ferrer, S., y Grashorn, M. Metabolism and Nutrition; Incorporation of Different Polyunsaturated Fatty Acids into Eggs, *Poultry Sci.* 2000, 79:51-59.
43. Ayerza, R., Huevos enriquecidos en ácidos grasos  $\omega$ -3. *Selecciones Avícolas*, Real Escuela de Avicultura, España. XLII, 9 2000.

**Cuadro 1. Ácidos grasos presentes en la yema de huevo de gallina<sup>20</sup>**

<b>ACIDO GRASO</b>	<b>HUEVO ENTERO (g)</b>	<b>YEMA (g)</b>
<b>Saturados</b>	1.550 (3.11%)	1.586
<b>Totales</b>		(9.55%)
Caprílico 8:0	0.002	0.002
Cáprico 10:0	0.002	0.002
Láurico 12:0	0.002	0.002
Mirístico 14:0	0.017	0.017
Palmítico 16:0	1.113	1.139
Esteárico 18:0	0.392	0.401
<b>Monoinsaturados</b>	1.905 (3.81%)	1.949
<b>Totales</b>		(11.74%)
Miristoléico 14:1	0.005	0.005
Palmitoleico 16:1	0.149	0.152
Oleico 18:1	1.739	1.776
Ecosenoico 20:1	0.014	0.014
Erúxico 22:1	0.002	0.002
<b>Poliinsaturados</b>	0.682 (1.36%)	0.698 (4.2%)
<b>Totales</b>		
Linoleico 18:2	0.574	0.587
Linolénico 18:3	0.017	0.017
Araquidónico 20:4	0.071	0.073
<b>Ácidos Grasos Totales</b>	4.137 (8.27%)	4.233 (25.49%)

Basado en un huevo entero de 50g., clara de 33.4g y yema de 16.6g.

**Cuadro 2. Diferentes categorías de las grasas alimenticias<sup>12</sup>**

<b>Tipo de grasa</b>	<b>Origen</b>
Grasa animal	Sebo, grasa de res y grasa de puerco
Grasa de pollo	Grasa de pollo asado
Grasa animal mezclada	Sebo, grasa de pollo y grasa de restaurantes
Grasa vegetal	Aceite vegetal, ácidos grasos acidulados y otros productos de refinaria
Grasa animal y vegetal mezclada	Grasas animales y vegetales o grasas de restaurante

**Cuadro 3. Ácidos grasos saturados** <sup>13</sup>

<b>Nombre sistemático</b>	<b>Nombre común</b>	<b>No. de átomos de carbono</b>	<b>Punto de fusión °C</b>	<b>Origen típico</b>
Etanoico	Acético	2	-	-
Butanoico	Butírico	4	-7.9	Mantequilla
Hexanoico	Caproico	6	-3.4	Mantequilla
Octanoico	Caprílico	8	16.7	Aceite de coco
Decanoico	Cáprico	10	31.6	Aceite de coco
Dodecanoico	Laurico	12	44.2	Aceite de coco
Tetradecanoico	Mirístico	14	54.4	Mantequilla, aceite de coco
Hexadecanoico	Palmitico	16	62.9	La mayoría de grasas y aceites
Octadecanoico	Estearico	18	69.6	La mayoría de grasas y aceites
Eicosanoico	Araquídico	20	75.4	Aceite de cacahuete
Docosanoico	Behénico	22	80.0	Aceite de cacahuete

- En muchos aceites y grasas están presentes en cantidades traza ácidos grasos saturados de longitud par e impar.

**Cuadro 4. Algunos ácidos grasos insaturados de grasas y aceites alimentarios.**<sup>13</sup>

Nombre sistemático	Nombre común	No. de dobles enlaces	No. de átomos de carbono	Punto de fusión °C	Origen típico
9-Decenoico	Caproleico	1	10	-	Mantequilla
9-Dodecenoico	Lauroleico	1	12	-	Mantequilla
9-Tetradecenoico	Miristoleico	1	14	18.5	Mantequilla
9-Hexadecenoico	Palmitoleico	1	16	-	Algunos aceites de pescado, grasa de vacuno
9-Octadecenoico	Oleico	1	18	16.3	La mayoría de grasas y aceites
9-Octadecenoico	Elaídico	1	18	43.7	Mantequilla
11-Octadecenoico	Vaccénico	1	18	44	Mantequilla
9,12-Octadecadienoico	Linoleico	2	18	-6.5	La mayoría de grasas y aceites
9,12,15-Octadecatrienoico	Linoleico	3	18	-12.8	Aceites de soja y canola
9-Eicosenoico	Gadoleico	1	20	-	Manteca de cerdo
5,8,11,14-Eicosapentaenoico	Araquidónico	4	20	-49.5	Algunos aceites de pescado
5,8,11,14,17-Eicosapentaenoico	-	5	20	-	Algunos aceites de pescado
13-Docosenoico	Erúxico	1	22	33.4	Aceite de canola
4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoico	-	6	22	-	Algunos aceites de pescado

- Todos los dobles enlaces están en la configuración cis excepto en los ácidos elaídico y vaccénico que son trans.

**Cuadro 5. Nombres comunes y científicos de los ácidos grasos esenciales y sus derivados comunes<sup>23</sup>**

<b>NOMBRE COMÚN</b>	<b>NOMBRE CIENTÍFICO</b>	<b>NOTACIÓN QUÍMICA</b>
<b>Familia Omega-6</b>		
Ácido linoléico (LA)	Ácido octadecadienoico	C18:2
Ácido gammalinoléico (GLA)	Ácido octadecatrienoico	C18:3
Ácido dihomogammalinoléico	Ácido eicosatetraenoico	C20:3
Ácido araquidónico (AA)	Ácido eicosatetraenoico	C20:4
Ácido osbond	Ácido docosapentaenoico	C22:5
<b>Familia Omega-3</b>		
Ácido linoléico (LNA) o (ALA)	Ácido octadecatrienoico	C18:3
Ácido esteriodónico	Ácido octadecatetraenoico	C18:4
Ácido timnodónico (EPA)	Ácido eicosapentaenoico	C20:5
Ácido cervónico (DHA)	Ácido docosahexaenoico	C22:6

**Cuadro 6. Consumo adecuado de los ácidos grasos esenciales para un adulto al día.<sup>6</sup>**

<b>ACIDO GRASO</b>	<b>Dieta de 2,000 kcal (g/d)</b>
Acido linoléico	4.44
Acido Linolénico	2.22
DHA + EPA	0.65
DHA	0.22
EPA	0.22

**Cuadro 7. Contenido en grasa, calorías, lípidos, colesterol y composición de ácidos grasos de la carne y aceite de avestruz<sup>20</sup>**

<b>COMPONENTES</b>	<b>MÚSCULO ILIOFORME</b>	<b>ACEITE</b>
GRASA (extracto etereo), g/100g	1.4	--
ENERGIA (Kcal/100g)	118	--
LÍPIDOS TOTALES, g/100g	3.5	--
COLESTEROL, mg/100g	72	--
<b>ACIDOS GRASOS, % TOTAL</b>		
<b>SATURADOS</b>	--	
14:0	--	.81
16:0	18	28.44
17:0	--	--
18:0	14	6.26
<b>MONOINSATURADOS</b>		
16:1	3.9	8.44
18:1	29	36.94
20:1	--	--
<b>POLIINSATURADOS</b>		
18:2	19	13.29
18:3	6	4.85
20:3	0.6	--
20:4	7.2	--
20:5	1.9	--
22:4	0.37	--
22:5	0.89	--
22:6	0.35	--

**Cuadro 8. Análisis de ácidos grasos  $\omega$ -3 y  $\omega$ -6 en el aceite de avestruz utilizado en el experimento.**

<b>ACIDO GRASO</b>	<b>mg/100g</b>
Total de Ácidos Grasos Omega - 3	4,382.46
Ácido linolénico (LNA) o (ALA)	4,342.16
Ácido eicosapentaenoico (EPA)	27.26
Ácido docosahexaenoico (DHA)	13.04
Total de Ácidos Grasos Omega - 6	22,027.87
Ácido linoléico (LA)	21,788.12
Ácido araquidónico (AA)	239.75
Relación Omega-6/Omega-3	5.03

**Cuadro 9. Fuentes potenciales de ácidos grasos Omega-3 para la inclusión en dietas para aves<sup>39</sup>**

<b>% Ácidos grasos totales</b>	<b>Fuente de ácidos grasos</b>			
	<b>Aceite de Semilla de Linaza</b>	<b>Aceite de Pescado</b>	<b>Algas Marinas</b>	<b>Aceite de Canola</b>
<b>Ácido Linolénico</b>	53.3	0.3	-	12.0
<b>Ácido Eicosapentaenoico</b>	-	11.0	-	-
<b>Ácido Docosapentaenoico</b>	-	1.9	3.8	-
<b>Ácido Docosahexaenoico</b>	-	9.1	7.4	-
<b>Total O:3</b>	53.3	25.1	11.2	12.0
<b>Total O:6</b>	12.7	1.5	-	20.2
<b>O:6/O:3</b>	4.2	16.73	-	0.59

**Cuadro 10. Composición de la dieta basal empleada.**

<b>INGREDIENTES</b>	<b>CANTIDAD</b>
Sorgo (9%)	724.46
Pasta de Soya (48%)	173.69
Carbonato de Calcio	83.70
Aceite Crudo de Soya *	5.00
Sal	3.90
Fosfato de Calcio	3.52
Secuestrante de Micotoxinas	3.00
DL - Metionina	1.05
Avelut	1.00
Avired	0.80
Cloruro de Colina 60%	0.50
Minerales	0.50
Vitaminas	0.25
L- Lisina HCl	0.21
Bacitracina Zinc	0.15
Antioxidante	0.15
Fitasa	0.15
<b>TOTAL</b>	<b>1,000.00</b>

\* Fue reemplazado de la manera señalada en cada tratamiento.

<b>ANALISIS CALCULADO DE NUTRIENTES</b>	
Proteína Cruda (%)	15.00
E. M. (Kcal/Kg)	2860
Calcio Total (%)	3.50
Fosforo (Disponible) (%)	0.30
Lisina (%)	0.70
Metionina + Cistina (%)	0.59
Treonina (%)	0.53

**Cuadro 11. Parámetros de producción en 91 días con aves alojadas en jaula.**

TRATAMIENTOS	POSTURA	PESO DE HUEVO g.	MASA DE HUEVO	CONSUMO DE ALIMENTO g.	INDICE DE CONVERSIÓN
1	91.7	59.8	54.8	109.7	2.01
2	92.3	60.9	56.2	109.4	1.95
3	88.0	60.6	53.3	109.1	2.05
4	86.7	60.8	52.7	106.4	2.03

- No se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos. ( $P>0.05$ )

**Cuadro 12. Parámetros de producción en 91 días con aves alojadas en piso con acceso a pastos.**

TRATAMIENTOS	POSTURA	PESO DE HUEVO g.	MASA DE HUEVO	CONSUMO DE ALIMENTO g.	INDICE DE CONVERSIÓN
1	94.3	61.7	58.2	115.9	1.99
2	94.1	60.4	56.9	121.5	2.14
3	91.3	60.8	55.5	118.2	2.13
4	92.1	61.8	57.0	116.8	2.05

**Cuadro 13. Análisis de lípidos totales y ácidos grasos Omega-3 Y Omega-6 en huevo fresco.**

	TRATAMIENTOS				
	1	2	3	4	
	<b>LÍPIDOS TOTALES</b>				Promedio
	g/100g				
JAULA	4.42	4.22	5.22	4.88	4.69 a
PISO	4.73	4.33	5.60	4.08	4.68 a
Promedio	4.57 ab	4.27 b	5.41 a	4.48 ab	
	<b>TOTAL OMEGA 6</b>				Promedio
	mg/100g				
JAULA	439.85	451.30	531.72	544.74	491.90 a
PISO	484.32	455.92	616.44	500.92	514.4 a
Promedio	462.09 a	453.61 a	574.08 a	522.83 a	
	<b>TOTAL OMEGA 3</b>				Promedio
	mg/100g				
JAULA	114.11	120.32	136.49	132.72	125.91 a
PISO	127.66	127.94	144.97	116.50	129.26 a
Promedio	120.88 a	124.13 a	140.73 a	124.61 a	
	<b>OMEGA 3 / OMEGA 6</b>				Promedio
	mg/100g				
JAULA	3.89	3.79	3.89	4.19	3.94 a
PISO	3.86	3.55	4.37	4.30	4.02 a
Promedio	3.87 b	3.67 c	4.13 a	4.24 a	

• Valores con distinta literal son diferentes (P<0.05)

**Cuadro 14. Análisis de lípidos totales y ácidos grasos Omega-3 Y Omega-6 en huevo fresco.**

	TRATAMIENTOS				
	1	2	3	4	
	<b>ÁCIDO LINOLÉICO (LA)</b>				<b>Promedio</b>
JAULA	368.06	383.63	448.72	460.57	415.24 a
PISO	409.74	387.90	528.23	428.30	438.54 a
Promedio	388.90 a	385.76 a	488.47 a	444.44 a	
	<b>ÁCIDO a-LINOLÉNICO (ALA)</b>				<b>Promedio</b>
JAULA	13.21	14.42	16.49	15.33	14.86 b
PISO	19.19	18.42	23.12	17.81	19.63 a
Promedio	16.20 a	16.42 a	19.80 a	16.57 a	
	<b>ÁCIDO ARAQUIDÓNICO (AA)</b>				<b>Promedio</b>
JAULA	71.79	67.68	83.00	84.16	76.66 a
PISO	74.59	68.02	88.22	72.62	75.86 a
Promedio	73.19 a	67.85 a	85.61 a	78.39 a	
	<b>ÁCIDO EICOSAPENTAENÓICO (EPA)</b>				<b>Promedio</b>
JAULA	0.48	0.84	0.66	0.79	0.69 a
PISO	0.67	0.81	0.74	0.73	0.74 a
Promedio	0.57 a	0.82 a	0.70 a	0.76 a	
	<b>ÁCIDO DOCOSAHEXAENÓICO (DHA)</b>				<b>Promedio</b>
JAULA	38.43	49.90	48.51	43.90	45.19 a
PISO	51.32	51.40	55.69	42.61	50.26 a
Promedio	44.88 a	50.65 a	52.10 a	43.26 a	

mg /100 g

- Valores con distinta literal son diferentes (P<0.05)

**Cuadro 15. Huevos enriquecidos en ácidos grasos Omega - 3 en el mercado<sup>43</sup>**

<b>MARCA</b>	<b>PAÍS</b>	<b>Omega - 3mg / 100g de huevo</b>	<b>Fuente de Omega -3 de la dieta</b>
Avine	Brasil	418	Lino
Born 3	Canada	800	Lino
Brudy	España	300	Algas
Brudy	Argentina	300	Algas
Dietazul	España	266	Aceite de Pescado
Egg plus	EUA	400	Aceite de Pesc. + Lino
Golden Circle	EUA	350	Algas
Golden Prem.	EUA	378	Aceite de Pescado
Maple	Canada	620	Lino
Maritime Pride	Canada	620	Lino
Mega - 3	Argentina	1120	Aceite de Pescado