

El aceite de atún como fuente de ácidos grasos ω -3 en el huevo de gallina

Por C. Castillo-Badillo¹, J. L. Vázquez-Valladolid¹, M. González-Alcorta¹, E. Morales-Barrera²,
R. M. Castillo-Domínguez³ y S. Carrillo-Domínguez^{3*}

¹ Dpto. de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Carretera México-Texcoco, km 38.5. Texcoco, Estado de México, México. CP 56230

² Dpto. de Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso No.1100, Col. Villa Quietud, 04960 México D.F.,
email: edmorales@myrealbox.com

³ Dpto. de Nutrición Animal, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, Vasco de Quiroga No.15, 14000 México D.F. Fax. 01(55) 56 55 10 76,
email: silvicarrillo3@hotmail.com

RESUMEN

El aceite de atún como fuente de ácidos grasos ω -3 en el huevo de gallina.

Los aceites de pescado son una fuente de lípidos poliinsaturados de origen animal, principalmente de los ácidos grasos omega-3 (AG ω 3), eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA), beneficiosos para la salud. En este trabajo se utilizó el aceite de atún como fuente de estos nutrientes en el huevo para consumo. Se utilizaron 120 gallinas blancas Leghorn Isa-Babcock B-300 de 90 semanas de edad, distribuidas al azar en tres tratamientos, con cuatro réplicas cada uno. Los tratamientos consistieron en adicionar 1% y 2% de aceite de atún en la dieta de las gallinas ponedoras. Se determinaron los lípidos totales y AG ω 3 en el huevo, obteniéndose 300% más de EPA (0,40, 1,37, 1,54 mg/g lípidos) y DHA (7,90, 24,67, 24,50 mg/g lípidos) al adicionar 1 y 2% de aceite de atún en la dieta de las aves, que en el grupo testigo. La relación ω 6: ω 3 en el huevo disminuyó con el suplemento dietético de aceite de atún (11,4:1, 3,8:1, 3:1), lo mismo ocurrió con el peso del huevo. Otras variables de productividad de las aves y la calidad del huevo no se afectaron ($p > 0,05$).

PALABRAS-CLAVE: Aceite de atún - Ácidos grasos ω 3 - Gallina - Huevo para consumo.

SUMMARY

The tuna oil as ω -3 fatty acids source for egg of laying hens.

Fish oils are a source of polyunsaturated omega 3 fatty acids (AG ω 3), mainly eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA), which supply many benefits to human health. Tuna oil was used as a source of marine 3 ω FA to enrich eggs by supplementing the diet of egg-laying hens with tuna oil. One hundred and twenty White Leghorn hens of 90 weeks old were allocated on three treatments with four replicates each, on a completely random design. Treatments consisted of adding 1% and 2% of tuna oil to the diets. The total lipids and ω 3FA of the eggs were determined. The egg-laying hen dietary tuna oil supplement (1 and 2%) enriched eggs with 300% more EPA (0.40, 1.37, 1.54 mg/g lipids) and DHA (7.90, 24.67, 24.50 mg/g lipids) versus the control egg. The ω 6: ω 3 ratio decreased (11.4:1, 3.8:1, 3.0:1) as dietary tuna oil increased. There were no differences ($p > 0.05$) among treatments in productive performance and egg quality, except egg weight which decreased with the tuna oil.

KEY-WORDS: Enriched Eggs - Laying hens - Omega-3 fatty acids - Tuna oil.

1. INTRODUCTION

Por mucho tiempo los aceites de pescado fueron un subproducto de la pesca destinado a usos industriales para la elaboración de margarinas de baja calidad y no se valoró su potencial como fuente de ácidos grasos omega-3 (AG ω 3), particularmente del ácido eicosapentaenoico (EPA) y del ácido docosahexaenoico (DHA) (Ackman, 1994; Roberts et al. 2001). El EPA y DHA son de gran importancia en el desarrollo del cerebro y de la retina durante el último tercio de la gestación y en los primeros años de vida de los niños. Tienen propiedades hipocolesterolémicas y contribuyen en gran manera a la prevención y tratamiento de enfermedades cardiovasculares, inmunológicas, diabetes, enfermedades del sistema nervioso, cáncer de colon, reducen procesos inflamatorios, etc. Los AG ω 3, al igual que los AG ω 6 son considerados esenciales en virtud de que los humanos no pueden sintetizarlos y tienen que obtenerlos a través de su dieta, sin embargo los compuestos sintetizados a partir de cada una de estas familias tienen efectos opuestos, por lo que es muy importante mantener un equilibrio entre los dos grupos (Kyle, 2002).

Los AG ω 6, representados principalmente por los ácidos linoleico (LA C18:2) y araquidónico (AA C20:4), son precursores de prostaglandinas y tromboxanos de la serie 2 (PGI₂, PGE₂, TXA₂) y de leucotrienos de la serie 4 (LTB₄) potentes vasoconstrictores y favorecedores de la formación de trombos, de procesos inflamatorios y de adherencias. Por otro lado, el EPA (ω 3) es precursor de prostaglandinas y tromboxanos de la serie 3 (PGI₃, PGI₃, TXA₃) que reducen la síntesis de la PG₁₂ y de células mononucleares involu-

cradas en la formación de trombos y en la vasoconstricción de vasos sanguíneos; y favorece la producción de leucotrienos de la serie 5 (LTB₅) compuestos biológicamente menos activos, que por competición reducen la acción de los leucotrienos de la serie 4 (LTB₄) (Corridan y Wilson, 1999; Kyle, 2002). Por lo tanto, un exceso de AG ω 6 aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares y favorece el desarrollo de procesos inflamatorios y reacciones alérgicas. Actualmente los cambios en los patrones de alimentación han provocado un mayor consumo de aceites vegetales y por lo tanto de AG ω 6, y se ha reducido notablemente el consumo de productos de origen marino (AG ω 3), de modo que hoy esta proporción es 10:1 y en algunos casos de 25:1, cuando la relación ideal es 1:1 o 2:1 (Simopoulos, 2000).

Emplear alimentos de mayor consumo como el huevo (UNA, 2004), para hacer llegar a un mayor sector de la población los beneficios de los AG ω 3 de origen marino es posible, pues se ha demostrado que se puede modificar la composición en ácidos grasos del huevo mediante el tipo y cantidad de grasa que se proporcione a las aves en su dieta (Hargis y Van Elswyk, 1993). Aceites de pescado como el de menhaden y de sardina han sido evaluados como una fuente de EPA y DHA para la yema de huevo, incorporando hasta un 3% de los mismos en la dieta de gallinas ponedoras, sin embargo con este nivel de inclusión el huevo adquiere un sabor a pescado, que resulta desagradable para algunas personas (Hargis y Van Elswyk, 1993; Omega Protein Inc., 1999; Castillo et al., 2000; González-Esquerra y Leeson, 2001). El aceite de atún es otro recurso que también puede ser empleado como fuente de AG ω 3 en el huevo para consumo, en virtud de su elevado contenido de EPA y DHA (Castro et al. 2001; Roldán-Luna et al. 2003), sin embargo hasta la fecha no se han realizado estudios para determinar su potencial como tal.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la efectividad del aceite de atún como fuente de AG ω 3 en el huevo, al incorporarlo en la dieta de gallinas ponedoras, esperando no afectar las variables productivas y la calidad del huevo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El aceite de atún utilizado fue proporcionado por una empresa atunera ubicada en Mazatlán, Sinaloa, México. El aceite estaba semi-purificado y tenía un pH de 7.0.

Se utilizaron 120 gallinas Leghorn de la línea Isa-Babcock B-300 de 90 semanas de edad, distribuidas en tres tratamientos con cuatro repeticiones de 10 aves cada uno. El experimento tuvo una duración de 28 días. Las dietas fueron isocalóricas e isoproteicas, sustituyendo parcialmente al aceite de cártamo (AC) por el aceite de atún (AT) en niveles de 1% y 2%; y cubriendo por cálculo las necesidades nutri-

cionales de gallinas ponedoras señaladas por el National Research Council (NRC, 1994) (Tabla 1).

A los aceites y a las dietas, se les determinaron los lípidos totales a través de una extracción con cloroformo:metanol 2:1, siguiendo el método de Folch et al. (1957). El extracto lipídico se metiló con una disolución de hidróxido de sodio y metanol para determinar los ácidos grasos (Tabla 2). Se empleó una mezcla de ésteres metílicos para identificar el tiempo de retención de los ácidos grasos: linoleico (LA C18:2 ω 6), alfa-linolénico (ALA C18:3 ω 3), araquidónico (AA C18:4 ω 6), eicosapentaenoico (EPA C20:5 ω 3) y docosahexaenoico (DHA C22:6 ω 3), para realizar su cuantificación. El ácido miristoleico (C17:0) se empleó como estándar interno y se determinaron los ácidos grasos en un cromatógrafo de gases modelo Varian 3400 con detector de ionización de llama (DIF), usando una columna capilar DB23 de 30m de longitud y 0.25 mm de diámetro interno.

Al final del experimento se tomaron al azar 5 huevos de cada repetición, cada uno fue mezclado y deshidratado por congelación, se les determinaron lípidos totales y ácidos grasos por los métodos ya descritos. También se evaluaron las variables productivas (consumo de alimento, masa y peso del huevo, índice de conversión alimenticia); así como datos sobre calidad del huevo (altura de albúmina, Unidades Haugh y grosor del cascarón).

Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente mediante el paquete SAS (1996). Se realizó un análisis de varianza y las diferencias entre medias fueron comparadas con la prueba de Tukey, con un nivel de significación del 0,05.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A los 28 días de experimentación, la cantidad de lípidos totales en el huevo no se vio afectada al adicionar 1% ó 2% de aceite de atún en la dieta de las aves ($p > 0,05$). Sin embargo, la concentración de ácidos grasos se modificó notablemente (Tabla 3). El ácido linoleico (LA C18:2 ω 6), el ácido araquidónico (AA C20:4 ω 6) y el ácido -linolénico (ALA C18:3 ω 3) disminuyeron ($p < 0,05$) conforme se incrementó la cantidad de aceite de atún en las dietas ($p < 0,05$). Por el contrario, las concentraciones de EPA y DHA en el huevo se incrementaron significativamente ($p < 0,05$) cuando se incorporó el aceite de atún en las dietas. En consecuencia la relación ω 6: ω 3 en el huevo se redujo en los grupos donde se incorporó aceite de atún en la dieta de las aves.

Los resultados del consumo de alimento, masa de huevo, conversión alimenticia, altura de albúmina y grosor de cascarón, no mostraron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p > 0,05$), excepto el peso del huevo que fue menor ($p < 0,05$) en los tratamientos que incluían aceite de atún (Tabla 4).

Tabla 1
Composición y aporte nutricional de las dietas experimentales (%)

Ingrediente	0% AT	1% AT	2% AT
Sorgo	63,40	63,40	63,40
Soja	23,68	23,68	23,68
Aceite de cártamo	3,00	2,00	1,00
Aceite de atún	0,00	1,00	2,00
Carbonato de Calcio	7,68	7,68	7,68
Ortofosfato de Calcio	1,28	1,28	1,28
Sal	0,40	0,40	0,40
Premezcla de Minerales	0,10	0,10	0,10
Premezcla de Vitaminas	0,25	0,25	0,25
Cloruro de Colina	0,002	0,002	0,002
DL-metionina	0,05	0,05	0,05
Pigmento amarillo	0,15	0,15	0,15
Total	100,00	100,00	100,00
Análisis Calculado			
EM (Mcal/Kg,)	2,88	2,85	2,82
Proteína Cruda	16,00	16,00	16,00
Lisina total	0,75	0,75	0,75
Metionina total	0,30	0,30	0,30
Metionina-cistina	0,59	0,59	0,59
Calcio total	3,50	3,50	3,50
Fósforo disponible	0,35	0,35	0,35

AT = aceite de atún

La cantidad de lípidos totales en el huevo no se modificó al adicionar el aceite de atún a las dietas y concuerda con lo encontrado por Cherian et al. (1996) quienes al incorporar 3,5% de aceite de sá-

ballo, aceite de palma, aceite de lino o aceite de girasol a las dietas para gallinas, a base de trigo y soja, no observaron cambio alguno en el contenido de lípidos totales en la yema. Asimismo Van Elswyk et al.

Tabla 2
Contenido de lípidos y de ácidos grasos en el aceite de cártamo y de atún así como en las dietas experimentales

Componente Químico ¹	Aceite de	Aceite de	Dietas		
	Cártamo	Atún	0% AT	1% AT	2% AT
Lípidos totales			4,37	4,33	4,39
LA (C18:2 ω6)	489,70	13,90	461,86	324,51	222,08
AA (C20:4 ω6)	0,02	14,72	0,07	2,60	4,03
ALA (C18:3 ω3)	61,95	4,14	48,01	29,68	16,86
EPA (C20:5 ω3)	3,94	56,90	3,61	11,54	15,08
DHA (C22:6 ω3)	0,24	165,70	0,76	30,10	44,05
Total ω6	489,72	28,62	461,93	327,11	226,11
Total ω3	66,13	226,74	52,38	71,32	75,99
ω6: ω3	7,4: 1	1: 7,9	8,8: 1	4,6: 1	3,0: 1

¹ Los lípidos están expresados en g/100g de muestra y los ácidos grasos en mg/g de lípidos

Tabla 3
Contenido de lípidos totales y de ácidos grasos en el huevo al incluir aceite de atún (AT) en la dieta de las aves

Componente químico ¹	Tratamientos		
	0% AT	1% AT	2% AT
Lípidos totales	31,61 ± 0,39 ^a	32,04 ± 0,51 ^a	31,85 ± 0,52 ^a
LA (C18:2 ω6)	140,63 ± 2,80 ^a	104,24 ± 2,66 ^b	78,50 ± 3,91 ^c
AA (C20:4 ω6)	16,17 ± 0,49 ^a	9,62 ± 0,47 ^b	7,75 ± 0,50 ^c
ALA (C18:3 ω3)	5,48 ± 0,18 ^a	3,90 ± 0,10 ^b	2,45 ± 0,17 ^c
EPA (C20:5 ω3)	0,40 ± 0,03 ^b	1,37 ± 0,09 ^a	1,54 ± 0,13 ^a
DHA (C22:6 ω3)	7,90 ± 1,20 ^b	24,67 ± 1,03 ^a	24,50 ± 1,48 ^a
Total ω6	156,8	113,86	86,25
Total ω3	13,78	29,94	28,49
ω6: ω3	11,4: 1	3,8: 1	3,0: 1

En cada columna se presentan la media y error estándar

a,b,c En cada renglón, letras distintas indican diferencia (p<0,05)

¹ Los lípidos están expresados en g/100 g de huevo deshidratado y los ácidos grasos en mg/g de lípidos

Tabla 4
Efecto de la adición de aceite de atún (AT) en las dietas experimentales sobre las variables de producción y de calidad del huevo

Variable	Tratamientos		
	0% AT	1% AT	2% AT
Consumo de alimento (g)	122 ± 0,003 ^a	119 ± 0,002 ^a	124 ± 0,002 ^a
Peso del huevo (g)	70,52 ± 0,97 ^a	63,40 ± 1,40 ^b	65,27 ± 0,83 ^b
Masa del huevo (g)	52 ± 0,03 ^a	53 ± 0,03 ^a	51 ± 0,01 ^a
Conversión alimenticia	2,37 ± 0,14 ^a	2,34 ± 0,18 ^a	2,42 ± 0,04 ^a
Altura de albúmina (mm)	5,87 ± 0,21 ^a	5,98 ± 0,26 ^a	5,66 ± 0,17 ^a
Unidades Haugh	71,41±1,73 ^a	74,74±1,84 ^a	71,67±1,43 ^a
Grosor del cascarón (mm)	0,365 ± 0,006 ^a	0,367 ± 0,004 ^a	0,348 ± 0,005 ^a

En cada columna se presenta la media y error estándar

^{a, b} En cada variable letras distintas indican diferencia estadística ($p < 0,05$)

(1992) y Castillo et al. (2000) no detectaron diferencias en el contenido de lípidos totales con 3% de aceite de sábalo y 3% de aceite sardina, respectivamente. Esto indica que independientemente de la fuente (vegetal o marina) que se emplee para incrementar los AG ω 3 en el huevo, la cantidad total de lípidos no se verá modificada pero sí la composición de los mismos.

En cuanto al contenido de AG ω 3, el aumento observado en el contenido de EPA y DHA en el huevo de los grupos donde se incluyó aceite de atún, fue resultado de la elevada concentración de EPA y DHA en el aceite de atún y por ende en las dietas, obteniéndose en el huevo una incorporación 300% superior de estos ácidos grasos en relación al grupo testigo. Estos resultados concuerdan con lo observado por Adams et al. (1989), Castillo et al. (2000) y González-Esquerra y Leeson (2000); quienes al utilizar aceites de pescado obtuvieron una elevada concentración de estos dos ácidos grasos en el huevo.

Es importante señalar que con 1% y 2% de aceite de atún, la concentración de EPA y DHA en el huevo no se incrementó proporcionalmente al incremento dietético de aceite de atún. Esto pudo deberse a que la tasa de incorporación de un ácido graso en el huevo disminuye cuando se incorpora otra grasa a la dieta debido a un efecto de dilución, tal como señalan Grobas y Mateos (1996). Por lo tanto, si se desea emplear al aceite de atún como fuente de ácidos gra-

dos omega 3, es conveniente emplearlo como única fuente de lípidos en la dieta y no combinarla con otra para obtener una mayor incorporación de estos nutrientes en la yema.

Por otro lado, al incrementar el aceite de atún en la dieta se redujo la cantidad de los AG ω 6 en el huevo, comportándose en forma inversa a los AG ω 3. Esto se debe a que cuando se ingiere pescado o aceite de pescado, el EPA y DHA de la dieta reemplazan parcialmente a los AG ω 6 en las membranas de todas las células, pero especialmente en las membranas de los eritrocitos, plaquetas, neutrófilos, monocitos y células hepáticas, porque existe una competencia entre los ω 3 y los ω 6 y las enzimas 4 y 6 desaturadas prefieren actuar sobre los ω 3 y elongar el ácido -linoléico (C18:3 ω 3) a EPA y DHA (Rice, 1999).

Al aumentar la cantidad de AG ω 3 en el huevo y disminuir la de los AG ω 6, la relación ω 6: ω 3 fue similar entre los tratamientos que contenían aceite de atún, pero menor al grupo testigo. Castillo et al. (2000) obtuvieron una relación similar cuando emplearon 1,5% y 3% de aceite de sardina (3,5:1 y 2,5:1 respectivamente), Van Elswyk et al. (1992) encontraron una proporción 3:1 al emplear 3% de aceite de sábalo. De modo que la inclusión de aceites de pescado en la dieta de las aves aumenta significativamente la concentración de EPA y DHA mejorando notablemente la relación AG ω 6: AG ω 3 en el huevo.

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2003), sugiere una relación $\omega 6:\omega 3$ de 5:1; sin embargo, como se señaló anteriormente, en la alimentación humana predominan los $\omega 6$ en comparación con los $\omega 3$, por lo que la mayor parte de los eicosanoides producidos por el cuerpo humano son del tipo $\omega 6$. Por lo tanto, aumentar la ingestión de AG $\omega 3$ a través del consumo de huevo con un alto contenido de AG $\omega 3$ permitirá al consumidor obtener los beneficios de estos nutrientes y al mismo tiempo contribuirá a mantener un balance AG $\omega 6$:AG $\omega 3$ adecuado, reduciendo significativamente el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares (Corridan y Wilson, 1999; Rice, 1999).

Los resultados obtenidos en este ensayo para el consumo de alimento, masa de huevo, conversión alimenticia, altura de albúmina, Unidades Haugh y grosor de cascarón, no mostraron diferencias entre tratamientos. La reducción en el peso del huevo en los tratamientos que incluyeron aceite de atún, es un comportamiento que también fue observado por González-Esquerra y Leeson (2000) al incorporar aceite de menhaden desodorizado y no desodorizado en la dieta de gallinas ponedoras. Van Elswyk (1997) sugiere que esto puede deberse a que al reducirse los niveles de triglicéridos en sangre a causa de los $\omega 3$ presentes en la dieta, se pudiera estar limitando la disponibilidad de lípidos para la formación de la yema de huevo. También sugiere que estos $\omega 3$ pudieran afectar la circulación de estradiol, lo que igualmente afectaría la formación del huevo. Asimismo Surai y Sparks (2000) señalan que los AG $\omega 3$, particularmente el DHA, pueden reducir las concentraciones de vitamina E en plasma y tejidos, por lo que es posible que esto afecte de alguna manera en la formación del huevo, ya que para producir un huevo la gallina requiere el doble de cantidad de vitamina E, que la presente como reserva en el hígado. Sin embargo, aun no existe una explicación clara sobre el mecanismo por el cual el peso del huevo se ve reducido por los AG $\omega 3$.

La utilización de aceite de atún en niveles de hasta el 2% en las raciones de gallinas ponedoras, a fin de enriquecer el huevo con los ácidos grasos $\omega 3$, EPA y DHA, es una excelente opción para hacer llegar al consumidor los beneficios de estos nutrientes.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Investigación Universitario de la Universidad Autónoma Chapingo. A la empresa Mazatún S.A. de C.V., Grupo (PINSa) en Mazatlán, Sinaloa, por proporcionar el aceite de atún. Al Q. José Luis Munguía del Lab. de Microbiología del IPN por su valiosa ayuda para liofilizar el huevo. Al Dr. Fernando Pérez-Gil Romo, jefe del Dpto. de Nutrición Animal del INCMNSZ, por las facilidades otorgadas para la realización de los análisis químicos.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Ackman, R.G. (1994). Animal and Marine Lipids. En: *Technological Advances in Improved and Alternative Sources of Lipids*. pp. 292-328. B.S. Kamel y K. Kakuda (Ed.). Blackie Academic & Professional, Chapman & Hall, England.
- Adams, R.L., Pratt, D.E., Stadelman, W.J. (1989). Introduction of omega 3 polyunsaturated fatty acids into eggs. *Poultry Sci.*, **68**, 166.
- Baucells, M.D., Crespo, N., Barroeta, A.C., López-Ferrer, S., Grashorn, M.A. (2000). Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. *Poultry Sci.*, **79**, 51-59.
- Castillo, D.R.M., Carrillo, D.S., Pérez-Gil, R.F., Avila, G.E., Cassis, N.L. (2000). Efecto del aceite de sardina sobre la concentración de ácidos grasos $\omega 3$ en huevo y sus características sensoriales. Libro de Resúmenes del XII Congreso Latinoamericano de Nutrición, 12-16 de Noviembre del 2000, Buenos Aires, Argentina.
- Castro-González, M.I., Auriol-Gamboa D., Pérez-Gil Romo, F. (2001). Ácidos grasos del atún de diferentes zonas pesqueras del pacífico mexicano, en aceite y agua. *Arch. Lat. Nutr.* **51**, 393-398.
- Cherian, G., Wolfe, F.W., Sim, J.S. (1996). Dietary oils with added tocopherols: Effects on egg or tissue tocopherols, fatty acids, and oxidative stability. *Poultry Sci.* **75**, 423-431.
- Corridan, B., Wilson, A. (1999). Health Effects of n-3 polyunsaturated fatty acids. En: *Encyclopedia of Human Nutrition*, pp.757-769. M.J. Sadler, J.J. Strain, B. Caballero (Eds.). Academic Press, London.
- Folch, J.L., Lees, M., Stanley-Sloane, G.H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J.Biol.Chem.* **226**, 497-509.
- González-Esquerra, R., Leeson, S. (2000). Effect of feeding hens regular or deodorized menhaden oil on production parameters, yolk fatty acid profile, and sensory quality of eggs. *Poultry Sci.* **79**, 1597-1602.
- González-Esquerra, R., Leeson S. (2001). Alternatives for enrichment of eggs and chicken meat with omega-3 fatty acids. *Can. J. Anim. Sci.* **81**, 295-305.
- Grobos, S., Mateos, G.G. (1996). Influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo. XII Curso de Especialización de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). 7 y 8 de Noviembre de 1996, Madrid, España. 26 p.
- Hargis, P.S., Van Elswyk, M.E. (1993). Manipulating the fatty acid composition of poultry meat and eggs for the health conscious consumer. *Worlds Poultry Sci. J* **49**, 252-264.
- Kyle, D. (2002). Essential Fatty Acids as Food Additives. En: *Food Additives*. A.L. Brenen, P.M. Davidson, S.Salminen, J.H Thorngate III (Eds.). pp. 277-309. Second edition. Marcel Dekker, Inc. USA.
- NRC. (1994). Nutrient Requirements of Poultry. 9a edition, National Research Council. National Academy Press, Washington, D.C. USA.
- Omega Protein Inc. (1999). Special Select Menhaden Meal TM. Omega Protein Inc. Los Angeles, CA, USA.
- OMS. (2003). Dieta, Nutrición y prevención de Enfermedades Crónicas. Serie de Informes Técnicos No.916. Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza. 196 p.
- Rice, R. (1999). Fish Nutritional Value. En: *Encyclopedia of Human Nutrition*. M.J. Sadler, J.J Strain, B. Caballero (Eds). pp. 793-803. Vol.2. Academic Press. USA.
- Roberts, A.J., OBrien, M.E., Subak-Sharpe, G. (2001). Nutraceutical. The Complete Encyclopedia of

- Supplements, Herbs, Vitamins and Healing Foods. The Official American Nutraceutical Association Guide. A Perigee Book. The Berkley Publish Group. USA. 669 p.
- Roldán-Luna, D., Salazar, M., González, F.A. (2003). La cadena de atún en Colombia. Documento de Trabajo No. 25. Desarrollo Rural. Bogota, Colombia.
- SAS. (1996). Statistical Analyses System. The SAS System for Windows, Release v.6.12. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Simopoulos, A.P. (2000). Human requirement for n-3 polyunsaturated fatty acids. Symposium : Role of poultry products in enriching the human diet with n-3 PUFA. *Poultry Sci.* **79**, 961-970.
- Surai, P.F., Sparks, N.H.C. (2000). Tissue-specific fatty acid and α -tocopherol profiles in male chickens depending on dietary tuna oil and vitamin E provision. *Poultry Sci.* **79**, 1132-1142.
- UNA. (2004). Anuario Estadístico 2004. Unión Nacional de Avicultores. México D.F.
- Van Elswyk, M.E., Sams, A.R., Hargis, P.S. (1992). Composition, functionally, and sensory evaluation of eggs from hens fed dietary menhaden oil. *J. Food Sci.* **57**, 342-344 & 349.
- Van Elswyk, M.E. (1997) Nutritional and physiological effects of flax seed in diets for laying fowl. *Worlds Poultry Sci. J.* **53**, 253-264.

Recibido: Septiembre 2004
Aceptado: Febrero 2005