

Caracterización de la composición en proteína, lípidos, energía y perfiles de ácidos grasos en huevos de tilapia roja (*Oreochromis* spp.)

Rubén Darío Valbuena-Villarreal¹ / Beatriz Elena Zapata-Berruecos² / Rafael Rosado-Puccini³

Resumen

Luego de considerar el significado de las tilapias en el escenario piscícola nacional, la posibilidad de mejorar los índices de producción es un imperativo técnico y, dentro de estos, focalizar esfuerzos experimentales en la semilla resulta ser una opción estratégica. Con el fin de establecer un referente de base se utilizaron las puestas individuales de 50 hembras de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) para determinar los contenidos en los huevos de proteína (% MS), extracto etéreo (% MS), energía (cal g⁻¹) y los perfiles de ácidos grasos (%), con algunas relaciones de interés analítico. Salvo ciertas variaciones menores, los valores encontrados se ajustan a los registros disponibles para la especie en diferentes estudios, lo que sugiere que las dietas ofrecidas a los reproductores experimentales contienen los mínimos necesarios para asegurar una provisión de nutrientes y energía suficientes para los embriones y las larvas en formación. Se analiza que, como punto de partida, esta serie de datos tiene utilidad para el desarrollo de trabajos destinados a mejorar los estándares de producción de alevinos, considerando que las variaciones en la composición, que pueden ser determinadas sobre los huevos, se pueden utilizar y tienen validez como un indicativo directo de su calidad.

Palabras clave: calidad del huevo, composición del huevo, *Oreochromis* spp., tilapia roja.

Characterization of the Protein, Lipid, Energy and Fatty Acid Profile Composition in Red Tilapia (*Oreochromis* spp.) eggs

Abstract

After considering the meaning of tilapia in the national piscicultural scenario, the possibility of improving production rates is a technical imperative and, among these, focusing experimental efforts in the seed turns out to be a strategic option. In order to establish a base model, individual laying of 50 female red tilapia (*Oreochromis* spp.) were used to determine the content of protein in eggs (% MS), ether extract (% DM), energy (cal g⁻¹) and fatty acid profiles (%) with some relations of analytical interest. Except for minor variations, the values found are consistent with the available records for the species in different studies, suggesting that diets offered to experimental breeders contain the minimum necessary to ensure provision of sufficient energy and nutrients for embryos and larvae in formation. It is analyzed that, as a starting point, this series of data is useful for the development of work to improve the standards of fingerling production, considering that variations in the composition, which can be determined on the eggs, can be used and have validity as a direct indication of its quality.

Keywords: Egg quality, egg composition, *Oreochromis* spp., red tilapia.

1 Biólogo, MSc. Grupo de investigación Ecosurc. Decano, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia.
✉ rubendario@usco.edu.co

2 Zootecnista, cMSc. Instituto de Acuicultura (IAL), Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia.
✉ beelzabe@gmail.com

3 Biólogo marino. MSc. Grupo de Investigación Fisiología de Peces, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia.
✉ rrosadop@unal.edu.co

Caracterização da composição em proteína, lipídios, energia e perfis de ácidos gordurosos em ovos de tilápia vermelha (*Oreochromis spp.*)

Resumo

Depois de considerar o significado das tilápias no cenário da piscicultura nacional, a possibilidade de melhorar los índices de produção é um imperativo técnico e, dentro destes, focalizar esforços experimentais na semente resulta ser uma opção estratégica. Com a finalidade de estabelecer um referente de base, se utilizaram as postas individuais de 50 fêmeas de tilápia vermelha (*Oreochromis spp.*) para determinar os conteúdos nos ovos de proteína (% MS), extrato etéreo (% MS), energia (cal g⁻¹) e os perfis de ácidos gordurosos (%), com algumas relações de interesse analítico. Com exceção de algumas variações menores, os valores encontrados se ajustam aos registros disponíveis para a espécie em diferentes estágios, o que sugere que as dietas oferecidas aos reprodutores experimentais contêm os mínimos necessários para assegurar uma provisão de nutrientes e energia suficientes para os embriões e as larvas em formações. Analisa-se que, como ponto de partida, esta série de dados tem utilidade para o desenvolvimento de trabalhos destinados a melhorar os padrões de produção de alevinos, considerando que as variações na composição, que podem ser determinadas sobre os ovos, se podem utilizar e têm validade como um indicativo direto de sua qualidade.

Palavras chave: qualidade do ovo, composição do ovo, *Oreochromis spp.*, tilápia vermelha.

INTRODUCCIÓN

En el proceso de maduración ovárica de peces, deben mobilizarse bloques constitutivos de carácter nutricional hacia las gónadas, por lo que en las dietas de los reproductores es necesario proveer los elementos esenciales para que se pueda garantizar la disponibilidad suficiente, en cantidades absolutas y proporciones relativas, para la formación embrionaria y el desarrollo larvario (1).

Para ciertos componentes, el contenido de los huevos se constituye entonces en un referente analítico del que se puede inferir la calidad nutricional de los alimentos a los que ha tenido acceso un reproductor determinado; en ese mismo sentido, Tocher (2) afirma que la alimentación de los reproductores es un factor demostrado que incide de manera directa sobre esta composición en varias especies. Esto es especialmente cierto para los

contenidos en ácidos grasos en los huevos, los que para tilapias tienen una relación de dependencia con la fuente de lípidos utilizada en la dieta que se suministra a los planteles en reproducción (3, 4). Izquierdo et ál. (5) coinciden al afirmar que en lo que se refiere a la provisión de ácidos grasos esenciales la nutrición de los reproductores es fundamental, en cuanto se deben garantizar óptimos contenidos conforme los requerimientos de los embriones se incrementan al avanzar su desarrollo dado que, según Wiegand (6), las funciones estructurales de los lípidos en los peces se conjugan también con su relevante papel como reserva energética de los embriones en formación, lo que los hace componentes fundamentales del vitelo. En contenidos de proteína y energía, los resultados disponibles son contradictorios y la relación entre las características de las dietas y su manifestación en la composición de los huevos no parece ser tan clara (7, 8); esto sugiere estar asociado al mantenimiento de una re-

gularidad en contenidos basada en una condición de conservación que, como estrategia reproductiva a favor de la calidad de los huevos, es capaz de ser mantenida por la reproductora, con alguna independencia del tipo de alimento al que puede tener acceso (9). Particularmente en el cultivo de tilapias el acceso a semilla de calidad y en cantidad suficiente puede llegar a ser una limitante operativa, tanto por la asincronía reproductiva (10), como por la baja fecundidad de estas especies (9).

Un indicador de la calidad de la producción, o un elemento para definir el manejo nutricional de los reproductores, es la valoración en términos de composición de los huevos, lo que puede entonces considerarse un acercamiento práctico dentro de esquemas enfocados en la producción de semilla. En el caso nacional, aun siendo las tilapias el grupo que lidera —tanto en volumen anual como en la cantidad de granjas especializadas y espejo de agua— la producción piscícola del país, no se dispone actualmente de este tipo de referencias. Así, con el objetivo de establecer una base de registros que permita un acercamiento a la composición química de huevos de tilapia roja, el objetivo de este trabajo es disponer de registros sobre contenidos en diferentes componentes, en puestas individuales obtenidas de reproductoras dentro de esquemas de producción comercial de alevinos de la especie, en condiciones nacionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área

El trabajo experimental se adelantó en las instalaciones de la Estación Piscícola de Piedra Pintada, ubicada en el municipio de Aipe (Huila), aproximadamente a 38 km de la ciudad de Neiva. El centro se localiza a unos 400 msnm y se surte de las aguas del río Aipe, con un caudal de manejo de

30 L/s⁻¹. La temperatura media es de $27 \pm 2,3$ °C, el oxígeno disuelto es de 5,6 mg/L⁻¹ y el pH es ligeramente alcalino. En general, los parámetros de calidad de aguas permiten el manejo de especies de clima cálido tanto para actividades de reproducción como de levante y engorde. En particular, la estación fundamenta su principal renglón de producción en la semilla de tilapia roja, en un sistema que se puede considerar intensivo en lo que se refiere al tipo de manejo y a la infraestructura disponible; cuenta con un circuito cerrado de agua, lo que permite el control de la temperatura y la estabilidad en parámetros de calidad.

Selección de material

Los ejemplares para el seguimiento fueron obtenidos de un lote compuesto por aproximadamente 2000 reproductores, entre hembras y machos, los que se mantienen en lotes separados en hapas que se ubican en estanques en tierra de aproximadamente 600 m². La revisión de cada lote se efectuó una vez por semana hasta disponer, al final de un periodo de 120 días, un total de 50 hembras; aquellas con presencia de huevos en la cavidad bucal fueron inicialmente seleccionadas, utilizando solo las puestas que presentaron una coloración crema o amarilla, como indicador de reciente fertilización. Las hembras fueron medidas en longitud total utilizando un ictiómetro y aproximando al 0,5 cm más cercano; el peso se tomó con una balanza digital, con aproximación a 0,1 g; se marcaron en la aleta dorsal para evitar su utilización en revisiones siguientes. Cada puesta fue recolectada por separado y, para efectos de mediciones, manejadas inmediatamente en el laboratorio de la estación. De los huevos de cada hembra una fracción se destinó a los procesos de producción y una muestra de 3-5 g fue retirada para los análisis de composición; estas fueron congeladas y mantenidas en nitrógeno líquido hasta el traslado a los correspondientes laboratorios.

Análisis de composición

Las muestras destinadas a los análisis fueron liofilizadas, permitiendo su almacenamiento en bolsas de cierre hermético hasta la realización de los diferentes análisis. Para la determinación de materia seca se adelantó una evaluación previa sobre un *pool* de huevos provenientes de 10 hembras y se utilizó el valor promedio en muestras que fueron secadas en estufa (Memmert) a una temperatura de 105 °C durante 24 horas (11). Se determinaron contenidos de proteína (Kjeldahl), lípidos (Soxhlet) (11) y la energía bruta fue medida en bomba calorimétrica. En cada determinación se dispuso de al menos dos réplicas. La extracción de los lípidos de las ovas se realizó de acuerdo con la metodología de Folch et ál. (12) y la determinación cromatográfica de los ácidos grasos según lo descrito por Betancourt et ál. (13). Para el efecto, se homogeneizó la muestra de las ovas en una solución de cloroformo y metanol, se filtró y el solvente se centrifugó a 2000 rpm por 15 min, llevando la fase orgánica hasta sequedad mediante vacío a temperatura ambiente. En la metilesterificación se utilizó el reactivo MethPrep II (Alltech Associates Inc., Deerfield, IL, USA) y la determinación se realizó en un cromatógrafo de gases Shimadzu® GC-14A, utilizando helio como gas transportador. Los metil-ésteres de los ácidos grasos se identificaron por comparación con los tiempos de retención de una mezcla estándar de ácidos grasos (Supelco 37 component FAME Mix, Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA). El perfil para cada hembra se realizó sobre 16 ácidos para las primeras 16 muestras y sobre 28 para las restantes; se calcularon los totales correspondientes a monoinsaturados (MUFA), poliinsaturados (PUFA) y saturados (SFA). Se registran los de las series n-3 y n-6, además de las relaciones n-3/n-6 y eicosapentae-noico/docosahexaenoico (EPA/DHA). En cuanto se trata de un reporte principalmente descriptivo, en la presentación de los resultados de composición

los registros correspondientes a proteína, extracto etéreo y energía se trabajan con los valores de cada variable expresados como el promedio \pm desviación estándar (DE). Para los ácidos grasos, los perfiles presentados corresponden al promedio de los contenidos del total de las puestas analizadas en cada caso; tanto los valores individuales de contenido como las relaciones de interés analítico se expresan también como el promedio \pm DE. En algunos casos fue necesario calcular relaciones a partir de los datos originales de la literatura; cuando corresponde, esto se expresa en el texto.

RESULTADOS

La longitud total promedio de las 50 hembras trabajadas fue de $21,53 \pm 2,67$ cm, en un rango de 17,5 a 29 cm; el peso fue de $193,8 \pm 75,64$ g, con rango de 95 a 450 g. El valor del factor de condición (K) fue de $1,88 \pm 0,27$. El volumen medio de huevos obtenido por hembra fue variable ($CV = 29,9\%$), con $9,01 \pm 2,69$ mL, y presentaron un peso promedio de $6,7 \pm 1,88$ mg. La viabilidad en incubación fue del $85,79 \pm 16,5\%$ y en la fase de reabsorción de vesícula los resultados de supervivencia fueron muy estables entre las hembras, con un promedio de $93,77 \pm 5,7\%$. En general, como se observa en la tabla 1, los contenidos de proteína y energía en los huevos fueron bastante regulares, estando la mayor variabilidad en lo que se refiere al contenido de lípidos totales en los huevos.

Tabla 1. Contenidos medios en proteína (% MS), lípidos (% MS) y energía (cal g⁻¹) para las puestas analizadas

	Proteína	Extracto etéreo	Energía
Máximo	61,28	66,46	7167,79
Mínimo	50,71	16,17	3245,91
Promedio	55,95	27,45	6320,91
DE	2,35	9,01	786,65
CV	4,20	32,83	12,45

DE: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Para los ácidos grasos cuantificados el valor promedio que corresponde a los lotes de huevos se presenta en la tabla 2 y los que integran los grupos de los diferentes ácidos determinados aparecen en la tabla 3.

Tabla 2. Valores medios del contenido (%) de cada ácido graso analizado en las muestras de huevos

Ácido graso	n	Máximo	Mínimo	Promedio	DE	CV
C12:0	34	0,105	0,019	0,053	0,02	37,17
C14:0	50	4,099	1,547	2,756	0,52	18,79
C14:1	49	0,589	0,000	0,156	0,15	94,29
C15:0	34	0,554	0,220	0,378	0,09	23,94
C16:0	50	29,317	23,718	25,994	1,22	4,71
C16:1	50	8,033	4,018	5,840	0,89	15,28
C17:0	34	0,727	0,239	0,450	0,12	25,65
C17:1	34	0,389	0,203	0,306	0,05	15,43
C18:0	50	11,814	7,813	9,455	0,93	9,89
C18:1n-9c	50	25,603	19,712	22,486	1,55	6,88
C18:1n-7	50	6,195	4,098	5,064	0,41	8,09
C18:2n-6t	50	11,465	6,948	9,447	1,14	12,12
C18:3n-6	50	1,132	0,496	0,741	0,16	21,18
C18:3n-3	50	2,344	0,617	1,132	0,36	31,97
C20:0	34	0,286	0,170	0,217	0,03	14,34
C20:1	50	1,290	0,651	0,915	0,15	15,92
C20:2	50	1,496	0,057	0,519	0,19	36,45
C20:3n-6	50	1,935	0,752	1,256	0,21	16,54
C20:3n-3	34	0,350	0,099	0,225	0,07	29,89
C20:4n-3	16	3,487	1,907	2,578	0,46	17,99
C20:5n-3	34	0,648	0,156	0,345	0,15	43,58
C22:0	34	0,193	0,017	0,070	0,04	56,58
C22:1n-9	34	0,100	0,042	0,068	0,01	19,63
C22:2	34	0,253	0,066	0,140	0,06	40,73
C22:5n-3	50	2,406	0,546	1,486	0,45	30,42
C22:6n-3	50	14,116	4,538	8,175	1,61	19,72
C23:0	34	3,654	2,629	3,125	0,28	8,81
C24:0	34	0,230	0,073	0,141	0,04	26,52

DE: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Tabla 3. Valores medios (%), rango y coeficiente de variación (%) para los datos integrados de composición en ácidos grasos

	PUFA	MUFA	SFA	n-3	n-6	n-3/n-6	EPA/DHA
Máximo	31,61	38,76	45,52	19,93	13,47	1,8	0,08
Mínimo	19,28	29,99	37,04	8,36	8,81	0,68	0,019
Promedio	24,06	34,72	41,22	12,01	11,44	1,06	0,04
DE	2,513	1,792	2,071	2,154	1,087	0,213	0,015
CV	10,44	5,16	5,02	17,94	9,50	20,17	37,81

DE: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El estado general de las reproductoras trabajadas, en términos de su condición ($K = 1,88$; $CV = 14,8\%$), se ajusta al registrado por Aguilar et ál. (14) para ejemplares de talla equivalente y mantenidos bajo condiciones controladas de práctica alimenticia y calidad nutricional de las dietas; al menos en lo que corresponde a este factor, los reproductores que se trabajaron mantienen una relación peso/longitud que se puede considerar adecuada bajo el régimen alimenticio que se aplica en la estación, el cual se basa en dietas comerciales formuladas para la etapa de engorde de la especie en cultivo.

Respecto a los niveles de proteína determinados en huevos de tilapias, los registros disponibles proceden de trabajos en los que esta variable es medida como un indicativo del efecto de condiciones experimentales diferentes, entre las que los aspectos nutricionales son por lo general el objeto de las valoraciones y, como punto interesante, parece existir una regularidad en los niveles encontrados. Gunasekera et ál. (7), en huevos vite-logénicos (con 1,9 a 2,5 de diámetro promedio), definen este contenido entre el 55 y el 58%; en un trabajo posterior, Gunasekera et ál. (8) relacionan de manera directa el contenido de proteína en los huevos con el nivel proteico de las dietas ofrecidas, determinando un rango entre el 57,7 y

el 60,3%¹; El-Sayed y Kawanna (15) registran una media de 62,59% (58,45-65,3%; $CV = 4,03\%$) y concluyen que los contenidos en proteína de la dieta influyen en el nivel que se puede determinar en los huevos, y coinciden en que este factor permanece relativamente estable en peces sometidos a las mismas condiciones. Tanto el promedio encontrado en este trabajo como la baja variación entre los individuos se ajustan a lo reportado por lo que en principio, y salvo condiciones experimentales en las que se promuevan limitantes, el tenor de proteína presente en los huevos de estas especies se encuentra en un rango del 55 al 65%, con una baja variabilidad entre individuos. Esta regularidad se explica como una estrategia común entre hembras maduras que, para el caso específico de *O. niloticus*, Lupatsch et ál. (9) certifican al encontrar que se presenta un compromiso en el crecimiento somático a favor del mantenimiento de una composición mínima que permita asegurar la calidad del huevo, si bien esto puede significar una reducción en los valores de la fecundidad relativa; aunque también se presenta una disminución en el peso en las reproductoras sometidas a bajas tasas de alimentación, los contenidos de proteínas y lípidos en los huevos tienden a permanecer constantes.

¹ Datos calculados a partir de los registros reportados por los autores.

Con una alimentación de reproductoras basada en dietas con diferente proteína, El-Sayed y Kawanna (15) registran que la composición de los huevos se mantiene bastante estable y sin diferencias significativas entre los grupos experimentales en lo que se refiere a los contenidos de humedad (promedio: 57,95 % MS; rango: 56,13-59,09; CV: 1,79 %), los lípidos (promedio: 34,29 % MS; rango: 32,8-35,67; CV: 2,96 %) y cenizas (promedio: 3,58 % MS; rango: 3,18-4,55; CV: 13,39 %). En lo que se refiere a contenido proteico encuentran que este tuvo relación con la dieta, pero con la media de 62,59 % (58,45-65,3 %) y un CV = 4,03 %; se manifiesta también la estabilidad que se presenta entre los individuos. La homogeneidad en los contenidos de lípidos y humedad en los huevos es igualmente evidente, con valores del 31 al 40 % y del 49 al 52 % respectivamente (7), con independencia de la composición de la dieta de los reproductores. En huevos provenientes de reproductoras de *O. niloticus* alimentadas con dietas comerciales, valores similares de humedad (58,2 %), proteína (61,2 %) y lípidos totales (33,1 %) fueron encontrados por Lu y Takeuchi (16).

En cuanto a la importancia que tiene el mantenimiento de una composición concreta de los ácidos específicos en los huevos, Sargent et ál. (17) establecen que por lo general estos permanecen más estables y, al parecer, su contenido se afecta menos por efecto de las dietas de los reproductores de lo que puede ocurrir con otro tipo de tejidos. No obstante, para el caso de *O. niloticus*, Santiago y Reyes (3) encuentran que las diferencias de dietas con variables fuentes de lípidos afectan los contenidos en varios tejidos, entre los que se encuentran los ovarios, conclusión similar a la de Ng y Wang (4) trabajando con dietas en las que se utilizaron diferentes aceites (de origen animal, vegetal y en mezcla) como fuentes. Aun con las limitaciones que se pueden tener en términos de comparación, es

interesante observar que, de forma consistente, los rangos registrados por Santiago y Reyes (3) para el total de lípidos, PUFA, ácidos linolénico (18:3n-3), linoleico (18:2n-6) y la proporción n-6/n-3 para las dietas experimentales cuya base de lípidos fueron los aceites de maíz y soya son del mismo orden de magnitud que los que se determinaron en este trabajo.

Estos autores establecen que, con estas fuentes, los parámetros de desempeño reproductivo fueron significativamente mejores que los determinados para los otros casos, incluyendo aquellas dietas en las que se utilizó exclusivamente harina de pescado, al menos en el valor del 5 % en el que esta fue incluida. Según Ng y Wang (4), la utilización de aceite de palma como fuente de lípidos demostró ser efectiva para incrementar los parámetros reproductivos en hembras de *O. niloticus*. En general, los perfiles de los ácidos grasos en los huevos, más los integrados de las relaciones de n-3/n-6 y EPA/DHA que presentan para la dieta en la que se mezclan aceites de palma y pescado son equivalentes a los que se registran en los datos aquí obtenidos para las hembras experimentales. Con base en los resultados de producción de semilla para la especie, los autores establecen que un nivel cercano al 30 % de SFA puede considerarse óptimo para efectos de mejor desempeño reproductivo; es de anotar que para este caso, el nivel (41,2 %) fue relativamente estable entre las hembras (CV = 5 %), y supera ampliamente la recomendación de requerimiento; los posibles efectos de este exceso sobre los indicadores de eficiencia temprana deben ser evaluados. Aunque los resultados de los distintos trabajos difieren en algunos valores específicos, parece haber consenso en que la adición de fuentes de lípidos diferentes afecta la composición del huevo en determinados ácidos o sus proporciones relativas (15). No obstante, para ciertos ácidos grasos se destaca su importancia a través de la estabilidad que

se mantiene en las proporciones. Así, por ejemplo, independientemente del tipo de dieta, es una constante observar, al igual que en este caso, que el ácido palmítico (16:0) se constituye en el ácido individual mejor representado en términos de porcentaje; esto se interpreta como un indicador de su importante papel en la formación de membranas celulares, por lo que un nivel mínimo parece conservarse, aun en el caso de que el esquema de nutrición se fundamente en dietas de diferente composición y balance (4). Un comportamiento similar en lo que se refiere a la homogeneidad en los contenidos de ácidos grasos en las ovas lo demuestran recientemente, y para el caso nacional, Rosado et ál. (18) para trucha arco iris; con base en estos resultados los autores establecen una serie de consideraciones sobre las posibilidades que tiene esta línea de investigación como soporte de mejoramiento en los procesos de producción de semilla para especies con interés comercial en la piscicultura del país.

CONCLUSIONES

En general, los valores medios, los rangos y la variabilidad en los parámetros de composición que fueron determinados se encuentran dentro de los registros que para especies del género, especialmente *O. niloticus*, aparecen referenciados en la literatura disponible. Esto es particularmente evidente para los datos que describen los contenidos de proteína, extracto etéreo y energía, lo que es consecuente con la característica de estabilidad que se presenta en los huevos, aun en condiciones diferentes de alimentación y nutrición sobre los reproductores.

Respecto a los perfiles de ácidos grasos, en los que la fuente de lípidos en el alimento puede tener una marcada influencia, los valores medios de composición que fueron determinados parecen estar aso-

ciados a dietas en las que aceites de origen vegetal aparecen como ingrediente principal.

De cualquier forma, en las condiciones experimentales planteadas, la composición de los huevos definida en los diferentes parámetros se ubica dentro de rangos que pueden considerarse normales, sugiriendo que los concentrados utilizados actualmente surten los mínimos nutricionales requeridos para la etapa de producción de semilla de la especie. Por tanto, la línea base que se presenta se puede considerar como un punto de partida para la comparación futura de diferentes alternativas alimenticias, específicamente diseñadas para tilapias, en las cuales la composición del huevo sea utilizada como la variable respuesta por analizar.

REFERENCIAS

1. Siddiqui AO, Al-Hafedh YS, Ali SA. Effect of dietary protein level on the reproductive performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture Research. 1998;29:349-58.
2. Tocher D. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. Aquaculture Research. 2010;41:717-32.
3. Santiago C, Reyes O. Effects of dietary lipid source on reproductive performance and tissue lipid levels of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) broodstock. J Appl Ichthyol. 1993;9:33-40.
4. Ng WK, Wang Y. Inclusion of crude palm oil in the broodstock diets of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, resulted in enhanced reproductive performance compared to broodfish fed diets with added fish oil or linseed oil. Aquaculture. 2011;314:122-31.
5. Izquierdo M, Fernández H, Tacon AGJ. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. Aquaculture. 2001;197:25-42.
6. Wiegand M. Composition, accumulation and utilization of yolk lipids in teleost fish. Reviews in Fish Biology and Fisheries. 1996;6:259-86.

7. Gunasekera R, Shim KF, Lam TJ. Effect of dietary protein level on puberty, oocyte growth and egg chemical composition in the tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*. 1995;134:169-83.
8. Gunasekera R, Shim KF, Lam TJ. Effect of dietary protein level on spawning performance and amino acid composition of eggs of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*. 1996;146:121-34.
9. Lupatsch I, Deshev R, Magen I. Energy and protein demands for optimal egg production including maintenance requirements of female tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Research*. 2010;41:763-69.
10. Coward K, Bromage NR. Reproductive physiology of female tilapia broodstock. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 2000;10:1-25.
11. AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 17th ed. Gaithersburg, Maryland: Association of Analytical Communities. Arlington; 2000.
12. Folch J, Lees M, Stanley, GHS. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*. 1957;226:497-509.
13. Betancourt L, Díaz GJ, Aguilar X, Ríos J. Effect of ensiled trout (*Oncorhynchus mykiss*) intestines on productive traits of broiler chickens and the content of omega-3 fatty acids in liver, thighs and breast. *Livestock Research for Rural Development*. 2005;17(9): Article 106. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/9/beta17106.htm>.
14. Aguilar F, Afanador G, Muñoz A. Efecto del procesamiento de la dieta sobre el desempeño productivo de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* Var. Chitralada) en un ciclo comercial de producción. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia*. 2010;57(2):104-18.
15. El-Sayed AFM, Mansour CR, Ezzat AA. Effects of dietary lipid source on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock reared at different water salinities. *Aquaculture*. 2005;248:187-96.
16. Lu J, Takeuchi T. Spawning and egg quality of the tilapia *Oreochromis niloticus* fed solely on raw *Spirulina* throughout three generations. *Aquaculture*. 2004;234:625-40.
17. Sargent JR, Tocher DR, Bell, JG. The lipids. En: Halver JE, Hardy RW, editores. *Fish Nutrition*. 3 ed. Academic Press; 2002.
18. Rosado R, Landines MA, Díaz GJ. Composición de ácidos grasos en ovas de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792). *Rev Med Vet Universidad de La Salle*. 2012;23:11-22.

