

Comparación entre perfiles de ácidos grasos en huevos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) y tilapia roja (*Oreochromis* sp.)

Comparison of the fatty acids profiles in eggs of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and red tilapia (*Oreochromis* sp.)

Comparaçãõ de perfis de ácidos graxos em ovos de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e tilápia vermelha (*Oreochromis* sp.)

Rafael Rosado-Puccini^{1*}; Miguel Á. Landines-Parra^{2*}; Rubén D. Valbuena-Villarreal³

¹ Biólogo Marino, MSc

² Zootecnista, MSc, PhD

³ Biólogo, MSc, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Surcolombiana. Neiva (Huila)

* Grupo de Fisiología de Peces. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá

Email: rrosadop@unal.edu.co

Recibido: octubre 30 de 2014

Aceptado: noviembre 24 de 2014

Resumen

Los perfiles de ácidos grasos son un indicador indirecto de la calidad del huevo en peces, por lo que su determinación se constituye en una aproximación válida en esquemas de producción de semilla. En esta composición interactúan numerosas variables relacionadas a condiciones ambientales y de manejo de los planteles, y se trata de un aspecto determinante cuya evaluación es conveniente dentro de las rutinas de valoración en granjas especializadas. El objetivo del trabajo fue evaluar y analizar las diferencias en la composición de ácidos grasos entre huevos recién fertilizados de trucha arco iris y tilapia roja. Se obtuvieron huevos recién fertilizados de las dos especies en explotaciones localizadas en Guasca (Cundinamarca) y Aipe (Huila). La determinación de ácidos grasos se realizó con cromatógrafo de gases. Los perfiles incluyeron 17 ácidos grasos y los contenidos se compararon mediante análisis de medias ($\alpha=0,05$) con comprobación previa del requisito de normalidad. El patrón general de distribución de la composición fue similar para las dos especies, al igual que la dispersión de los datos que se presentó entre individuos. Salvo los perfiles de los ácidos grasos C16:1n-7, C18:2n-6 y C20:1n-9, para los demás se demostró la existencia de diferencias significativas. Los rangos definidos para cada uno corresponden a lo que se reporta en trabajos similares, lo que sugiere que los concentrados utilizados proveen de los mínimos necesarios para dieta de reproductores, reafirmando la condición conservativa de movilización de ácidos durante la vitelogénesis. Se concluye que las diferencias encontradas son una manifestación lógica de sistemas ambientales y de manejo nutricional variables. La mayor homogeneidad observada en las truchas se explica por una alimentación dependiente exclusivamente de concentrado comercial, a diferencia de lo que ocurre con tilapias donde se utilizan recursos del medio. Se discute la relación de las diferencias con la temperatura de cultivo.

Palabras clave: calidad de semilla, composición del huevo, reproducción

Abstract

Fatty acids profiles are an indirect indicator of egg quality in fish; their determination is a valid approximation in the production schemes of fish seeds. In this composition interact several determinant variables, such as environmental conditions and

plants management; its evaluation is convenient as part of the routine check in specialized farms. The purpose of this work was to evaluate and analyze the differences in composition of fatty acids between the recently fertilized eggs of rainbow trout and red tilapia. Recently fertilized eggs of both species were obtained from exploitation sites located in Guasca (Cundinamarca) and Aipe (Huila). The determination of fatty acids was done with a gas chromatograph. The profiles included 17 fatty acids and the contents were compared by means analysis ($\alpha=0.05$), previously there was a verification of the requisite of normality. The general distribution pattern as well as the dispersion of data shown was similar in both species. Except in C16:1n-7, C18:2n-6 and C20:1n-9, the others showed significant differences. The defined ranges for each species correspond to what have been reported by similar studies, which suggests that the processed dry food used provides the minimum necessary requirements for the diets of parent animals. That reaffirms the conservative condition of acids mobilization during the vitelogenesis. It was concluded that the differences found are a logical manifestation of variable environmental systems and nutritional management. Higher homogeneity was observed in the trouts because they are fed exclusively with dry processed food, unlike tilapias, which are fed with additional resources from their environment. The relation of the differences and the temperature used are discussed.

Key words: fish seed quality, egg composition, reproduction

Resumo

Os perfis de ácidos graxos são um indicador indireto da qualidade dos ovos de peixes, pelo que a sua determinação é uma abordagem válida nos esquemas de produção de "semente". Nesta composição têm muitas variáveis interagindo, relacionadas com as condições ambientais e de manejo das matrizes e trata-se de um determinante cuja avaliação é apropriada nas rotinas de avaliação nas fazendas especializadas. O objetivo foi avaliar e analisar as diferenças na composição de ácidos graxos entre ovos recém-fertilizados de truta arco-íris e tilápia vermelha. Foram obtidos ovos recém-fertilizados das duas espécies em fazendas localizadas em Guasca (Cundinamarca) e Aipe (Huila). A determinação dos ácidos graxos foi realizada por cromatografia gasosa. Os perfis incluíram 17 ácidos graxos e os seus teores foram comparados através de análise de meias ($\alpha = 0,05$) após a verificação da normalidade. O padrão geral de distribuição da composição foi semelhante para as duas espécies, bem como a dispersão de dados que apareceu entre indivíduos. Com exceção de C16: 1n-7, C18: 2n-6 e C20: 1n-9, para os outros se demonstrou a existência de diferenças significativas. Os intervalos definidos para cada um deles correspondem ao que é relatado em estudos semelhantes, sugerindo que as concentrações utilizadas nas rações fornecem os mínimos necessários para a dieta dos reprodutores, reafirmando a condição de conservação na mobilização de ácidos durante a vitelogênese. Conclui-se que as diferenças são uma manifestação lógica dos sistemas ambientais e de manejos nutricionais variáveis. A maior homogeneidade observada em truta é explicada pela sua alimentação exclusiva com ração comercial, ao contrário do que acontece com a tilápia, onde há uso adicional de recursos ambientais. Discute-se a relação das diferenças com a temperatura da água da cultura.

Palavras-chave: qualidade de "semente de peixes", composição do ovo, reprodução

Introducción

La determinación de componentes presentes en los gametos se considera uno de los medios que se utilizan en peces para estimar la calidad de la semilla producida (Brooks *et al.*, 1997; Lahnsteiner *et al.*, 2008). El contenido de ácidos grasos es un factor nutricional de la dieta cuyo efecto es relevante en el desempeño reproductivo (Watanabe *et al.*, 1990; Izquierdo *et al.*, 2001). Por lo general, en los huevos de teleósteos se encuentran sustanciales niveles de lípidos, que son necesarios para asegurar el adecuado desarrollo embrionario y larvario (Johnson, 2009) y se establece que las fuentes para los oocitos en formación pueden ser de origen exógeno, a través de la dieta; endógenos, movilizados desde tejido adiposo, y los que se sintetizan *de novo* en el folículo ovárico (Wiegand, 1996). Definir el aporte relativo de cada una de estas fuentes requiere establecer diferentes condiciones experimentales, pues también es diferencial el caso según la especie de la que se trate. El hecho de que exista una relación documentada entre la naturaleza de la dieta y los perfi-

les que se manifiestan finalmente en el huevo (Izquierdo *et al.*, 2001) hace que este sea uno de los factores sobre los que se puntualiza cuando se trata de asociar la formulación del concentrado con sus efectos sobre la calidad en programas de reproducción (Lahnsteiner *et al.*, 2008).

Como el desarrollo gonadal y la fecundidad se relacionan con el balance de la dieta ofrecida, la nutrición de las hembras representa un aspecto de manejo reproductivo crucial, pues se debe asegurar el suministro de los bloques constitutivos esenciales que son requeridos para el desempeño temprano. Los principales problemas de larvas y alevinos son reflejo del manejo alimenticio al que se someten los reproductores y se debe entender que las exigencias nutricionales de estos son diferentes a las que requieren en otras etapas de cultivo (Izquierdo *et al.*, 2001).

En el país, es una práctica común el uso de dietas sin especificidad para efectos reproductivos, dado que tales referencias no están indicadas en los paquetes

comerciales que ofrecen las casas productoras de concentrados. Aunque se ha demostrado cierta regularidad en la composición oocitaria en peces por causa de una movilización selectiva de componentes, las consecuencias que se derivan de la utilización de alimentos para etapas diferentes se tienen en indicadores de producción de semilla que no se ajustan a los óptimos que pueden ser alcanzados para cada especie.

Por otra parte, el campo de trabajo sobre calidad de semilla en peces ha sido poco abordado en el país, con muy pocas referencias disponibles. Respecto a especies de interés comercial, existen dirigidos a caracterizar parámetros y determinar posibles relaciones entre factores determinantes y resultados tempranos de desempeño sobre trucha arco iris (Rosado, 2011; Rosado *et al.*, 2012) y tilapia roja (Valbuena *et al.*, 2013a; Valbuena *et al.*, 2013b). Para cada caso se presentan las correspondientes caracterizaciones de estructura y contenido sobre huevos, además de que se definen modelos válidos de relaciones sobre factores determinantes y la calidad de la semilla. No obstante, y considerando la reducida capacidad predictiva de los modelos encontrados, los autores reconocen claramente que se deben incorporar nuevas variables para establecer relaciones causa-efecto más sólidas para las dos especies. Sobre perfiles de ácidos grasos, enfatizan acerca de la necesidad de adelantar valoraciones en las que se incluyan aquellos que por lo general se encuentran menos representados en contenido, pero que pueden llegar a actuar como biomarcadores.

En esta línea global, el objetivo del presente estudio fue evaluar y analizar diferencias en los perfiles de ácidos grasos presentes entre huevos de truchas y tilapias que presentan estrategias reproductivas, hábitats y requerimientos nutricionales separados. La evaluación permitió un acercamiento a la valoración de componentes asociada con la práctica nutricional en cada caso y, en cuanto las dos son pilares de la producción piscícola nacional, también se generó un espacio para discusión sobre las posibles implicaciones de manejo de la alimentación de los reproductores a través del análisis de la composición del ovocito.

Materiales y métodos

Obtención de muestras

Para *O. mykiss*, se utilizaron reproductores disponibles en una granja especializada en la producción de ovas y alevinos (Guasca, Cundinamarca). De un plantel compuesto por aproximadamente 1500 ejemplares, durante un periodo de un mes se seleccionaron

58 individuos con ovulación comprobada. Las puestas fueron obtenidas por extrusión manual, drenadas para eliminar fluido ovárico y pesadas inmediatamente (aprox. 0.01 g). Además de la ovulación, el principal criterio para la selección de las puestas estuvo en que no hubiera evidencia externa de sobremaduración, lo que se determinó visualmente. Después de la fertilización, también convencional, se midió en laboratorio el diámetro medio en reglilla de Von Bayer (aproximación a 0.1 mm), el peso (en balanza analítica, con aproximación a 0.01 g) y el volumen total de la puesta (en probeta, con aproximación a 0.1 ml); una fracción (2 g) se destinó para los análisis correspondientes de ácidos grasos. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Toxicología de la Universidad Nacional de Colombia, donde se realizaron las determinaciones.

En *Oreochromis sp.* se utilizó un plantel localizado en una instalación comercial dedicada a la distribución de alevinos en Aipe (Huila). Los huevos fueron retirados de la cavidad bucal de las hembras, comprobando el estadio de “amarillos”, como indicador de fertilización reciente. Sobre los huevos de cada puesta individual, además de los datos correspondientes a cada reproductor (longitud, peso y factor de condición), se determinó el diámetro medio, peso y volumen. Para los ácidos grasos, una muestra de 2 – 3 g por hembra fue congelada en nitrógeno líquido hasta el transporte a la Universidad Nacional, donde se adelantaron los análisis.

Determinación de ácidos grasos

Las fracciones destinadas a los análisis se mantuvieron congeladas en nitrógeno líquido hasta su traslado a laboratorio, donde se liofilizaron y almacenaron hasta las determinaciones. Se utilizó la metodología de Folch *et al.*, (1957) para la extracción de los lípidos y la que reporta Betancourt *et al.*, (2005) para la determinación cromatográfica de ácidos grasos. El peso de los lípidos fue determinado después de la evaporación del solvente y de la desecación en bomba de vacío a temperatura ambiente. El extracto lipídico fue derivatizado con hidróxido *m*-trifluorurofenil-trimetilamonio (MethPrepAlltech®) para la transmetilación de los ácidos grasos presentes. Se empleó éter etílico como solvente, con la inyección de 1 µL en un cromatógrafo de gases (ShimadzuGC-14A), en el que utilizó helio como fase móvil e hidrógeno en el detector FID (flame ionization detector). Los metil-ésteres de los ácidos grasos se identificaron por comparación con los tiempos de retención de una mezcla estándar (Supelco 37 component FAME Mix, Supelco Inc., USA). En los perfiles se incluyó el siguiente conjunto de 17 ácidos

grasos: C14; C14:1; C15; C16; C16:1; C18; C18:1n-9; C18:2n-6; C18:3n-6; C18:3n-3; C20:1n-9; C20:2; C20:3n-6; C20:3n-3; C20:5n-3; C22:5n-3, y C22:6n-3. Además de los contenidos individuales (reportados como porcentaje), se calcularon los totales de monoinsaturados (MUFAs), poliinsaturados (PUFAs), saturados (SFAs) y los correspondientes a las series n-3, n-6 y las relaciones n-3/n-6.

Análisis de datos

La comparación estadística se adelantó mediante análisis de medias de muestras independientes, con comprobación previa del requisito de normalidad; la significancia se estableció en $\alpha=0.05$. En dos casos la normalidad se restableció con transformación de los datos; en el caso de un ácido graso, para la comparación fue necesario utilizar análisis no paramétrico.

Resultados

La talla de las reproductoras de trucha fue de 51.4 ± 4.37 cm en longitud total y de 2.078 ± 0.433 Kg en peso ($K = 1.54 \pm 0.28$). En las tilapias la longitud total media fue de 21.53 ± 2.67 cm con peso promedio de 193.8 ± 75.64 g ($K = 1.88 \pm 0.27$). Los valores medios del factor de condición y los rangos se corresponden con ejemplares en talla de manejo reproductivo para esquemas de obtención de semilla en las dos especies. Los contenidos de cada uno de los ácidos grasos analizados se presentan en la tabla 1, donde también se indica el resultado de los análisis de comparación. De esta tabla se deriva la figura 1, en la que se muestra gráficamente el patrón de distribución general que se presentó entre los perfiles. De los 17 ácidos grasos sobre los que se realizó la comparación, en 14 se demostró la existencia de diferencias significativas. Los

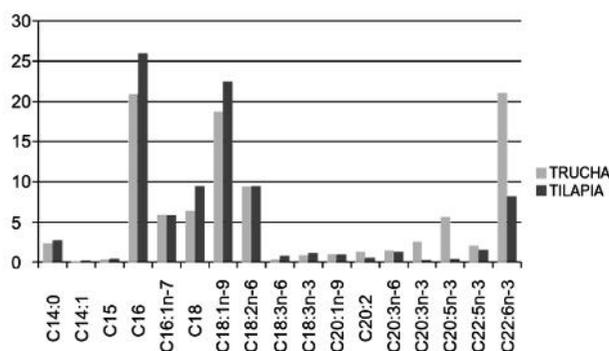


Figura 1. Representación gráfica del patrón de distribución de los contenidos de diferentes ácidos grasos en huevos de trucha arco iris y tilapia

contenidos sin diferencia entre truchas y tilapias se determinaron para Palmitoléico (C16:1n-7), Linoléico (C18:2n-6) y Gadoleico (C20:1n-9).

En la tabla 2 se muestran los consolidados de contenidos para los conjuntos de ácidos grasos. Los que corresponden a la sumatoria de los de la serie n-6 fueron estadísticamente iguales y entre las demás relaciones se determinó la existencia de diferencias significativas. En la figura 2 se presenta la dispersión entre los resultados de cada individuo, establecida a través del Coeficiente de Variación.

Discusión de resultados

Para las dos especies los contenidos absolutos de cada ácido graso medido mostraron ser consistentes con rangos reportados en valoraciones con un acercamiento similar. Igualmente, casi todos los conjuntos de SFAs, MUFAs, PUFAs, series n-3 y n-6, y las proporciones entre estos, se encontraron ubicados dentro de límites previamente descritos. La caracterización general y los análisis correspondientes sobre los perfiles, basados en el mismo conjunto de datos que aquí se reporta, se evalúan ampliamente para trucha arco iris en Rosado *et al.*, (2012) y para tilapia roja en Valbuena *et al.*, (2013a).

De forma independiente al valor promedio y a las diferencias establecidas, el patrón de los perfiles es comparable entre truchas y tilapias, en lo que se refiere al peso relativo de cada ácido graso en la distribución general de contenidos. Como la mayoría de las relaciones derivan de estos contenidos, el patrón no es tan evidente cuando se analizan globalmente los conjuntos.

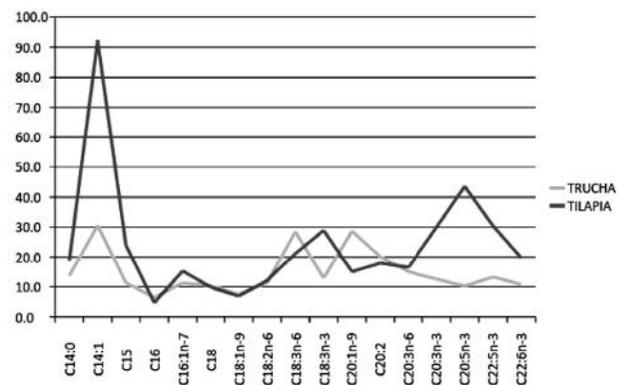


Figura 2. Dispersión del contenido de ácidos grasos entre las medidas obtenidas en los huevos muestreados en truchas y tilapias.

Tabla 1. Contenido promedio de ácidos grasos (%), Desviación Estándar (DE) y Coeficiente de Variación (CV, en %) determinados en huevos recién fertilizados de trucha arco iris y tilapia roja

Ácido graso*		Especie	N	Promedio	DE	CV
C14:0	A. mirístico	Trucha	58	2.320 ^a	0.318	13.7
		Tilapia	50	2.756 ^b	0.518	18.8
C14:1	A. miristoleico	Trucha	58	0.046 ^a	0.014	30.6
		Tilapia	49	0.159 ^b	0.147	92.3
C15	A. pentadecanoico	Trucha	57	0.287 ^a	0.033	11.3
		Tilapia	34	0.378 ^b	0.09	23.9
C16	A. palmítico	Trucha	58	20.961 ^a	1.347	6.4
		Tilapia	50	25.994 ^b	1.224	4.7
C16:1n-7	A. palmitóleico	Trucha	58	5.903 ^a	0.67	11.4
		Tilapia	50	5.840 ^a	0.893	15.3
C18:0	A. esteárico	Trucha	58	6.392 ^a	0.661	10.3
		Tilapia	50	9.455 ^b	0.935	9.9
C18:1n-9	A. oleico	Trucha	58	18.787 ^a	1.415	7.5
		Tilapia	50	22.486 ^b	1.547	6.9
C18:2n-6	A. linoléico	Trucha	58	9.428 ^a	1.066	11.3
		Tilapia	50	9.447 ^a	1.144	12.1
C18:3n-6	A. gamma-linolénico	Trucha	54	0.310 ^a	0.088	28.5
		Tilapia	50	0.741 ^b	0.157	21.2
C18:3n-3	A. alfa-linolénico	Trucha	55	0.813 ^a	0.105	12.9
		Tilapia	49	1.108 ^b	0.32	28.9
C20:1n-9	A. gadoleico	Trucha	57	0.939 ^a	0.269	28.7
		Tilapia	49	0.908 ^a	0.137	15.1
C20:2	A. eicosadienoico	Trucha	58	1.249 ^a	0.251	20.1
		Tilapia	47	0.517 ^b	0.093	17.9
C20:3n-6	A. dihomo-gamma linolenico	Trucha	58	1.404 ^a	0.211	15.0
		Tilapia	50	1.256 ^b	0.208	16.5
C20:3n-3	A. icosatreinoico	Trucha	58	2.478 ^a	0.312	12.6
		Tilapia	34	0.225 ^b	0.067	29.9
C20:5n-3	A. eicosapentaenoico (EPA)	Trucha	58	5.660 ^a	0.581	10.3
		Tilapia	34	0.345 ^b	0.15	43.6
C22:5n-3	A. docosapentaenoico (DPA)	Trucha	58	2.007 ^a	0.267	13.3
		Tilapia	50	1.486 ^b	0.452	30.4
C22:6n-3	A. docosahexaenoico (DHA)	Trucha	58	21.10 ^a	2.278	10.8
		Tilapia	50	8.175 ^b	1.613	19.7

* En el caso de tilapia roja, la sumatoria de los contenidos es inferior a 100, en cuanto se determinaron algunos ácidos que no fueron utilizados en las comparaciones. Los superíndices indican diferencias significativas ($p < 0.05$) en los contenidos medios de cada ácido graso entre las dos especies.

Tabla 2. Relaciones y comparación entre contenidos aglutinados de ácidos grasos en trucha arco iris y tilapia roja

Ácidos grasos	Especie	N	Promedio*	DE	CV
SFA	Trucha	58	29.955 ^a	1.69	5.65
	Tilapia	50	38.462 ^b	1.55	4.04
MUFA	Trucha	58	25.66 ^a	2.01	7.82
	Tilapia	49	29.372 ^b	1.65	5.60
PUFA	Trucha	57	44.385 ^a	2.52	5.68
	Tilapia	34	23.064 ^b	2.23	9.68
n-3	Trucha	58	32.015 ^a	2.68	8.36
	Tilapia	50	11.133 ^b	2.18	19.56
n-6	Trucha	58	11.121 ^a	1.11	9.97
	Tilapia	50	11.444 ^a	1.09	9.50
n3/n6	Trucha	58	2.914 ^a	.44	15.13
	Tilapia	50	0.985 ^b	.24	23.86

* Los superíndices indican diferencias significativas ($p < 0.05$) en los contenidos medios de cada conjunto entre las dos especies.

Con una menor expresión se tienen C14 y C15 entre los SFAS, C14:1 (siempre el menos representado) y C20:1n-9 en MUFAS (< 1% del total); entre los PUFAS, con los contenidos más bajos (< 2,5%) aparecen los alfa y los gamma linolénicos (C18:3n-6 y C18:3n-3), C20:2, C20:3n-6, C20:3n-3 y C22:5n-3. En las dos especies hay correspondencia en los mayores contenidos para los ácidos grasos palmítico (C16:0) y oleico (C18:1n-9), pese a que se presentan diferencias significativas entre los valores medios. Para esta configuración y, considerando la diversidad de condiciones de nutrición y alimentación descritas en las referencias, el que se registre un patrón similar tiene ajuste con el postulado general que establece la capacidad de retención selectiva que se da para ciertos ácidos grasos, de forma que en el huevo se alcancen contenidos mínimos, en una condición conservativa confirmada para varias especies (Wiegand, 1996; Sargent *et al.*, 1999). Como resultado se manifiesta consistencia en la composición química del ovocito que tiene alguna independencia con las condiciones de manejo. Sin embargo, considerando que la reproductora ha tenido acceso a una dieta con que contiene niveles mínimos, tanto en cantidad como en la proporción de sus diferentes componentes, es natural inferir que solo a partir de deficiencias o modificaciones dietarias expresamente provocadas para efectos experimentales es cuando se generan variaciones en los perfiles que difieren de aquellos que pueden ser considerados como estándares o de rango normal para una población determinada (Watanabe *et al.*, 1990).

Con este contexto, la comparación de contenidos que procede entre las dos especies se puede centrar al análisis y la valoración de las diferencias que se puedan considerar como una respuesta a las características de la dieta que fue ofrecida a los reproductores, en tanto está demostrada la relación entre estas (Fernández-Palacios *et al.*, 2011; Ng y Wang, 2011). Como resultado se determinó que a través de la composición del huevo se puede inferir sobre las condiciones nutricionales de los padrotes, o bien en el medio o bien en esquemas de obtención de semilla. Se entiende, sin embargo, que en la respuesta reproductiva interactúa simultáneamente un amplio conjunto de variables que, además de la dieta misma, interfieren en la estructura del huevo y su calidad (Lahnsteiner *et al.*, 2008; Bobe y Labbé, 2010).

En truchas, la relación de la dieta con la calidad de semilla parece estar asociada a una mayor proporción de ácidos grasos n-3 presentes, cuando el suministro sea constante y abarque el extenso periodo que tarda la vitelogenesis en la especie. Con los datos de composición determinados se puede asumir que el concentrado para la etapa de engorde que se usa en el mantenimiento de los reproductores puede estar supliendo los requerimientos que corresponden al conjunto de ácidos grasos de esta serie. Cuando se suministran de forma prolongada dietas deficientes en n-3, se presenta un fuerte cambio en las proporciones entre DHA y EPA en el huevo, básicamente por la disminución acusada de este último (Fremont *et al.*,

1984), lo que no se encontró en este caso. Se confirmó una retención selectiva del DHA, ácido cuyo papel en la formación temprana ha sido comprobado para varias especies y, particularmente en truchas, cualquier deficiencia se traduce en importantes pérdidas tempranas y la aparición de deformidades (Wirth *et al.*, 1997; Ballestrazzi *et al.*, 2003). El perfil es consistente con dietas en las que predomina el aceite de pescado como fuente de lípidos; los niveles absolutos que se definen para EPA y DHA como la relación DHA:EPA (3.72) son reflejo de esta condición.

En el caso de las tilapias, las evidencias sugieren que los indicadores de desempeño reproductivo están más relacionados con el contenido en la dieta de ácidos grasos de la serie n-6 (provenientes principalmente de aceites vegetales) y que cuando la proporción de los n-3 se incrementa se tiene como resultado un efecto deletéreo en productividad y calidad (Santiago y Reyes, 1993; Glencross, 2009; Ng y Wang, 2011). Evaluando dietas para reproductores de tilapia formuladas con diferentes fuentes de lípidos, Ng y Wang (2011), registran rangos en el perfil de ácidos grasos de los huevos similares a los determinados para el caso en el que las fuentes de lípidos usadas eran una mezcla de aceites animales y vegetales. Los datos de Santiago y Reyes (1993) coinciden y establecen que dietas basadas exclusivamente en lípidos de origen animal implican una disminución de los indicadores tanto reproductivos como de calidad. Con lo anterior se tiene una aproximación indirecta sobre la composición de los concentrados que fueron ofrecidos a los reproductores en este estudio. Se resalta que los contenidos totales de las series n-3 y n-6 fueron casi iguales (con una relación n-3/n-6 de 0.985) y que, con valores significativamente inferiores a los de trucha, la relación DHA: EPA alcance una magnitud de 23.7, valor parecido al de 26.5 que reportan Ng y Wang (2011), en los casos en los reproductores fueron mantenidos con una dieta cuya fuente de lípidos fue específicamente una combinación de aceites de palma y pescado. Estas fuentes mixtas se han validado como las que promueven mejores indicadores de crecimiento en híbridos de tilapia (Chou y Shiau, 1996).

Con los ácidos grasos EPA y DHA, por las medias que registraron, se debe adelantar un análisis particular en lo que se refiere a la comparación de contenidos y proporciones; con estos se desequilibra el patrón general al que se hizo referencia que guarda consistencia con los restantes ácidos grasos. Para el EPA, la cantidad medida en trucha arco iris (5.66%) supera en más de 16 veces la de tilapias (0.345%) y en el DHA, la diferencia, también a favor de truchas, es de casi 3

veces. Tal como ha sido anotado, esto parece explicarse como un efecto derivado de las diferentes fuentes de lípidos de origen animal (n-3) que mayormente se usan en los concentrados para la fase de engorde de truchas, y las mezclas de aceites vegetales y animales, que confieren una mayor proporción de n-6 para la misma etapa en tilapias. Como en ninguno de los dos casos se dispone de concentrados especialmente formulados para el manejo de reproductores, por lo general se utilizan referencias que corresponden a las fases finales de cultivo.

Los registros y las relaciones con los análisis de indicadores de eficiencia reportados para las truchas (Rosado, 2012; Rosado *et al.*, 2012), parecen ajustarse a una dieta que suple con mejor balance los requerimientos de las reproductoras que los que fueron registrados para las tilapias (Valbuena *et al.*, 2013b), en tanto los modelos presentan un mayor ajuste en el primer caso. En términos estrictamente prácticos, la incidencia puede ser más elevada sobre la calidad en las tilapias, con las que hay una producción sostenida de semilla, pues para las truchas, en las que hay una dependencia total de la importación de ovas, no existen esquemas propios de manejo reproductivo en el país ni presión sobre el desarrollo y comercialización de formulaciones específicas.

Los modelos para predecir calidad estimados por Rosado *et al.*, (2012) y Valbuena *et al.*, (2013b) integraron variables de los ejemplares (talla, fecundidad, condición, fertilización) con factores de estructura (diámetro, peso, volumen, entre otros) y de composición (proteína, extracto etéreo, energía y ácidos grasos), con la supervivencia en diferentes momentos del desarrollo temprano. Si bien encuentran significancia en algunos parámetros, la limitada capacidad de predicción que fue definida restringe su utilidad práctica en los dos casos y evidencia que existen factores no incluidos sobre los que se requieren posteriores ensayos con el fin de mejorar el alcance de los modelos. Estos modelos coinciden en que los indicadores de reproducción se ubican, en la mayoría de los casos, dentro de los rangos que ha sido registrados para las especies es cierto que estos tienden a ser relativamente amplios para algunos parámetros y, en consecuencia, se debe tener cautela en la interpretación sobre la eventual suficiencia nutricional de las dietas, especialmente cuando los objetivos difieren entre reproducción o crecimiento. Asimismo, las fuentes que ofrezcan contenidos de ácidos grasos y, sobre todo las proporciones de forma más ajustada, son limitantes actuales que deben ser resueltas para optimizar estándares de calidad de semilla (Glencross, 2009).

Los lípidos son uno de los componentes nutricionales más estudiados, pero en lo que se refiere a la calidad de la semilla la atención se ha centrado en una serie de pocos ácidos grasos. Los referentes más comunes puntualizan en la optimización, con efectos de promoción de calidad, de los niveles dietarios de DHA, EPA y Ácido Araquidónico (ARA) (Wirth *et al.*, 1997; Johnson, 2009), pues su contenido final en el huevo ha sido relacionado con la viabilidad temprana en varias especies. Más que los niveles absolutos, la influencia de estos sobre la calidad de la semilla parece estar más asociada con las proporciones que existen entre ellos, y es así que las relaciones ARA:EPA y EPA:DHA han sido objeto de varias evaluaciones y relaciones precisas han sido determinadas para varias especies. Esto evidencia que hay un conjunto importante de ácidos grasos, especialmente aquellos con baja o media representación en los perfiles, sobre los que las menciones son apenas de carácter descriptivo y se desconoce su rol sobre aspectos reproductivos particulares (Glencross, 2009). Si a esto se suma la alta variabilidad interespecífica, la individualidad en las respuestas y las deficiencias y excesos que se expresan en efectos deletéreos. Es claro que la línea de trabajo sobre requerimientos en ácidos grasos requiere mayor profundización, especialmente cuando se trata de ubicar indicadores útiles para proyectar la calidad de huevos y alevinos (Izquierdo *et al.*, 2001).

Conclusiones

Los contenidos absolutos de la mayoría de ácidos grasos presentes en ovocitos son diferentes entre truchas y tilapias; no obstante, la relación de los contenidos de cada uno muestra un patrón comparable entre las dos especies, siendo consistente que los ácidos grasos con mayor y menor representación sean los mismos en los dos casos. A este patrón general no se ajustan los contenidos de los ácidos eicosapentanoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA), lo que en principio parece ser una manifestación directa de la composición de la dieta suministrada a los reproductores.

Aunque el rango de los principales parámetros que definen el desempeño reproductivo tiene coincidencia con registros previos, la posible influencia de factores adicionales y el efecto real del uso de dietas cuya formulación no corresponde al manejo de planteles debe ser objeto de valoraciones posteriores, con fines de mejorar estándares de calidad de huevos y alevinos.

Referencias

Ballestrazzi R, Rainis S, Tulli F, Bracelli A. The effect of dietary coconut oil on reproductive traits and egg fatty acid composition in

rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquac Int.* 2003;11:289-299.

Bobe J, Labbé C. Egg and sperm quality in fish. *Gen. Comp. Endocrinol.* 2010;165(3): 535-548.

Betancourt L, Díaz G, 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 <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/9/beta17106.htm>.

Brooks S, Tyler C, Sumpter J. Egg quality in fish: what makes a good egg?. *Rev Fish Biol Fisher.* 1997;7:387-416.

Fernández-Palacios H, Norberg B, Izquierdo M, Hamre K. 2011. Effects of broodstock diet on eggs and larvae. En: Holt J (Editor). *Larval Fish Nutrition.* Wiley Blackwell, EEUU. 153-181 p.

Chou BS, Shiau SY. Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*. *Aquaculture.* 1996;143(19):185-195.

Folch J, Lees M, Stanley GHS. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J Biol Chem.* 1957;226:497-509.

Fremont L, Leger C, Petridou B, Gozzelino MT. Effects of a polyunsaturated fatty acid deficient diet on profiles of serum vitellogenin and lipoprotein in vitellogenic trout (*Salmo gairdneri*). *Lipids.* 1984;19(7):522-528.

Glencross B. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. *Rev Aquaculture.* 2009;1:71-124.

Izquierdo M, Fernández-Palacios H, Tacon AGJ. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture.* 2001;197:25-42.

Johnson R. Lipid Deposition in Oocytes of Teleost Fish During Secondary Oocyte Growth. *Rev Fish Sci.* 2009;17(1):78-89.

Lanhsteiner S, Soares F, Ribeiro L, Dinis MT. 2008. Egg quality determination in teleost fishes. En: Cabrita E, Robles V, Herráez P (Editores). *Methods in reproductive aquaculture – Marine and freshwater species.* CRC Press. 143-180 p.

Lu J, Takeuchi T. Spawning and egg quality of the tilapia *Oreochromis niloticus* fed solely on raw *Spirulina* throughout three generations. *Aquaculture.* 2004;234:625-640.

Lupatsch I, Deshev R, Magen I. Energy and protein demands for optimal egg production including maintenance requirements of female tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquacult Res.* 2010;41:763-769

Ng W, 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;314:122-131.

Rosado-Puccini R. 2011. Relación entre parámetros físicos y de composición de la ova con la eficiencia en fases de incubación y larvicultura en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). Tesis Maestría en Producción Animal - Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. p. 112.

- Rosado-Puccini R, Landines-Parra MA, Díaz-Gonzalez GJ. Composición de ácidos grasos en ovas de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792). *Rev Med Vet.* 2012;23:11-22.
- 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.
- Sargent J, Bell G, McEvoy L, Tocher D, Estevez A. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. *Aquaculture.* 1999;177:191-199.
- Sargent JR, Tocher DR, Bell JG. 2002. The lipids. En: Halver JE, Hardy RW (Editores). *Fish Nutrition.* Academic Press, San Diego, VA. USA. 181-257 p.
- Tocher D. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. *Aquacult Res.* 2010;41:717-732.
- Wirth M, Steffens W, Meinelt T, Steinberg C. Significance of docosahexaenoic acid for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) larvae. *Fett/Lipid,* 1997; 99(7):251-253.
- Valbuena-Villarreal RD, Zapata-Berruecos BE, Rosado-Puccini R. Caracterización de la composición en proteína, lípidos, energía y perfiles de ácidos grasos en huevos de tilapia roja (*Oreochromis spp.*). *Rev Med Vet.* 2013a; 25:39-47.
- Valbuena RD, Rosado R, David CA. Relación entre factores dimensionales y de composición en la determinación de la calidad del huevo en tilapia roja (*Oreochromis spp.*). *Revista Lasallista de Investigación - Corporación Universitaria Lasallista.* 2013b; 10(1):27-37.
- Watanabe T. Effects of broodstock diets on reproduction of fish. *IFREMER - Actes de Colloques.* 1990; 9: 542-543.
- Watanabe T. Importance of docosahexanoic acid in marine larval fish. *J World Aquac Soc.* 1993;24:152-161.
- Wiegand M. Composition, accumulation and utilization of yolk lipids in teleost fish. *Rev Fish Biol Fisher.* 1996;6:259-286.