

## CARACTERIZACIÓN DE COPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA DEL FILETEADO DE TILAPIA NILÓTICA (*Oreochromis niloticus*) Y TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN COLOMBIA

A. Osorio<sup>1\*</sup>, A. Wills<sup>1</sup>, A. P. Muñoz<sup>1</sup>

Artículo recibido: 5 de septiembre de 2013 • Aprobado: 29 de octubre de 2013

### RESUMEN

La industria del fileteado de tilapia y trucha genera cantidades significativas de coproductos de los cuales no existe suficiente información disponible sobre su composición y calidad. Esta investigación determinó algunos componentes nutricionales y microbiológicos de coproductos obtenidos en plantas exportadoras de filetes de tilapia nilótica y trucha arcoíris en Colombia. El esqueleto mostró el mayor aporte de cenizas (tilapia:  $14,12 \pm 0,16\%$ ; trucha:  $6,18 \pm 0,06\%$ ), calcio (tilapia:  $5,70 \pm 0,04\%$ ; trucha:  $1,72 \pm 0,08\%$ ) y fósforo (tilapia:  $1,89 \pm 0,06\%$ ; trucha:  $0,84 \pm 0,03\%$ ), mientras que los recortes presentaron la mayor concentración de extracto etéreo (tilapia:  $30,10 \pm 0,58\%$ ; trucha:  $17,50 \pm 0,51\%$ ) y la carne mecánicamente separada, los mayores contenidos de humedad (tilapia:  $70,38 \pm 0,18\%$ ; trucha:  $72,93 \pm 0,3\%$ ) y proteína (tilapia:  $14,32 \pm 0,03\%$ ; trucha:  $18,88 \pm 0,05\%$ ). El mayor aporte de ácidos grasos polinsaturados (AGPI), como porcentaje del total de ácidos grasos identificados, se encontró en esqueleto de tilapia ( $17,27\%$ ) y en recortes de trucha ( $38,68\%$ ), con relaciones n6/n3 de 2,67 y 0,71, respectivamente. En general, los coproductos estudiados cumplieron con los estándares microbiológicos exigidos por la normatividad colombiana (Resolución 122 de 2012 del Ministerio de Salud y Protección Social) que establece los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que deben cumplir los productos de la pesca, en particular pescados, moluscos y crustáceos para consumo humano. Los resultados muestran que los coproductos estudiados contienen un importante aporte de proteína, cenizas, ácidos grasos poli-insaturados y adecuada calidad microbiológica, con potencial para alimentación humana o animal.

**Palabras claves:** cabeza, esqueleto, recortes, carne mecánicamente separada.

## CHARACTERIZATION OF BYPRODUCTS FROM THE FILLETING INDUSTRY OF NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) AND RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*) IN COLOMBIA

### ABSTRACT

The filleting industry of tilapia and rainbow trout generates a great amount of byproducts; there is not information available about their composition and quality. The objective of this research was to determine the byproducts nutritional and microbiological com-

<sup>1</sup> Departamento de Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Cr. 30 nro. 45-07, Bogotá (Colombia).

\* Autor para correspondencia: maosorioc@unal.edu.co

ponents obtained from the fillets export industry of Nile tilapia and rainbow trout in Colombia. The skeleton showed a high amount of ashes (tilapia:  $14.12 \pm 0.16\%$ ; trout:  $6.18 \pm 0.06\%$ ), calcium (tilapia:  $5.70 \pm 0.04\%$ ; trout:  $1.72 \pm 0.08\%$ ) and phosphorus (tilapia:  $1.89 \pm 0.06\%$ ; trout:  $0.84 \pm 0.03\%$ ), mean while the trimmings had the highest concentration of ether extract (tilapia:  $30.10 \pm 0.58\%$ ; trout:  $17.50 \pm 0.51\%$ ) and the mechanically deboned meat, the higher moisture content (tilapia:  $70.38 \pm 0.18\%$ ; trout:  $72.93 \pm 0.3\%$ ) and protein (tilapia:  $14.32 \pm 0.03\%$ ; trout:  $18.88 \pm 0.05\%$ ). The highest contribution of polyunsaturated fatty acids (PUFA) as a percentage of total fatty acids, was found in the skeleton of the tilapia (17.27%) and trout trimmings (38.68%), with a ratio n6/n3 of 2.67 y 0.71 respectively. In general, the byproducts analyzed met the microbiological standards required by Colombian government, in resolution 122/2012 – Ministry of Social Welfare and Health, by which technical regulations on the physicochemical and microbiological requirements for fishery products, particularly fish, mollusks and crustaceans for human consumption. The results show that byproducts studied could be an important source of protein, ash, polyunsaturated fatty acids with and appropriate microbiological quality, showing potential for human food or animal feed.

**Key words:** Head, skeleton, trimmings, mechanically deboned meat.

## INTRODUCCIÓN

Según la FAO (2012) la pesca de captura y la acuicultura suministraron al mundo alrededor de 148 millones de toneladas (t) de pescado en el 2010. El aporte mundial de peces comestibles per cápita para el 2009 fue de 18,4 kg. En las tres últimas décadas, la producción mundial de peces procedentes de la acuicultura ha presentado un índice de crecimiento medio anual de 8,8%.

En Colombia, el sector acuícola experimenta una evolución significativa con un crecimiento promedio anual de 13% durante los últimos años (Merino *et al.* 2013) y un consumo per cápita de 6 kg (Industria Acuícola 2012). Según el diagnóstico del estado de la acuicultura en Colombia, en el año 2011 la producción nacional acuícola fue de 83.569 t, y de ésta, la piscicultura representó el 89,7% con 74.159 t, de las cuales la tilapia aportó el 65,21% y la trucha 7,58% de la producción (Merino *et al.* 2013). La Secretaría Técnica Nacional de la Cadena de la Acuicultura del Minis-

terio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (2011) destacaron que las exportaciones nacionales alcanzaron las 4.032 t enfocadas exclusivamente en la producción de filete fresco de tilapia (92,71%) y trucha congelada en filete o corte mariposa (7,29%).

Según la FAO (2012), los productos de la acuicultura son una importante fuente de nutrientes esenciales que permiten obtener una nutrición equilibrada y saludable. La acuicultura es y ha sido una importante fuente de proteína animal de alto valor biológico (Vignesh y Srinivasan 2012) y bajo contenido de grasa (Hellberg *et al.* 2012). Así mismo, los productos acuícolas presentan un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) de tipo omega-3, como los ácidos eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA), los cuales no pueden ser sintetizados por el cuerpo humano y deben ser obtenidos a través de la dieta (Valenzuela *et al.* 2011). El consumo de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) del tipo omega-3 ha sido ampliamente documentado por sus

propiedades antiinflamatorias, reducción de incidencia y muerte por enfermedades cardiovasculares, neurológicas e inmunológicas, mejora visual, favorece el desarrollo del feto durante la gestación, entre otros beneficios (Carrero *et al.* 2005). Finalmente, cabe destacar que los productos acuícolas son, además, una importante fuente de vitaminas (A, complejo B y D) y minerales como calcio (Ca), hierro (Fe), fósforo (P), selenio (Se), yodo (I) y zinc (Zn) (Cruz *et al.* 2012).

Actualmente en Colombia la producción de filetes tipo exportación ha tenido un significativo auge comercial. Cabe destacar que el peso del filete corresponde entre el 30 y el 50% del peso del pescado completo, lo cual varía de acuerdo con la especie y el tamaño (Feltes *et al.* 2010; Maigualema y Gernat 2003; Petenuci *et al.* 2010; Pinheiro *et al.* 2006; Souza y Freire 2001). De acuerdo con lo anterior, es preciso resaltar que un importante porcentaje del pescado procesado se considera 'coproducto' y está conformado por cabezas, esqueletos, recortes y carne mecánicamente separada (50 – 70%) (Petenuci *et al.* 2010). Los anteriores recursos poseen un bajo o nulo valor comercial, por lo que se descartan de manera indiscriminada, lo que ocasiona serios problemas ambientales y pérdidas económicas a los productores (Feltes *et al.* 2010; Godoy *et al.* 2010; Kotzamanis *et al.* 2001).

Finalmente, es importante enfatizar que en diversos países se ha empezado a contemplar estos coproductos de bajo valor comercial, como recursos o materias primas de utilidad para alimentación humana y/o animal a causas de su aporte nutricional (Feltes *et al.* 2010). Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue caracterizar, nutricional y microbio-

lógicamente, los principales coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris, buscando alternativas para alimentación humana y/o animal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Muestreo de coproductos

Los coproductos utilizados provenían de dos granjas productoras de tilapia nilótica (una en jaulas flotantes y otra en estanques de tierra) y de dos de trucha arcoíris (una en jaulas flotantes y otra en estanques de cemento), las cuales están certificadas por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA), ente encargado de controlar la calidad y seguridad de los alimentos y materias primas en Colombia.

Los coproductos caracterizados fueron: cabezas, esqueletos, carne mecánicamente separada y recortes del fileteado. A cada empresa productora se le solicitaron 5 kg congelados de cada coproducto, empacados de manera individual y debidamente etiquetados. En total se recolectaron y almacenaron 15 muestras, que se preservaron hasta los análisis posteriores en un congelador horizontal Friomix® (-10°C). Los coproductos recolectados corresponden a:

- *Cabeza*: cabeza del pescado, incluidas las branquias y aletas pectorales.
- *Esqueleto*: huesos de la columna vertebral, desde el área posterior de la cabeza hasta la aleta caudal, a los cuales se les ha retirado el filete (las porciones laterales de carne magra del pescado) y el remanente de carne adherida a los huesos (o carne mecánicamente separada, CMS) por medio de procesos mecánicos.

- *Recortes*: son las porciones residuales del corte realizado al filete que se ha efectuado con el objeto de lograr la presentación requerida por el mercado. El corte comprende la extracción de las espinas intermusculares que son retiradas del filete. Los recortes incluyen una porción grasa de la parte ventral y algunas porciones de músculo de las partes dorsal y laterales del filete.
- *Carne mecánicamente separada (CMS)*: componente cárnico comestible que se encuentra adherido a los huesos de la columna vertebral, el cual se obtiene por medio de procesos mecánicos de separación de estos tejidos.

### Preparación y acondicionamiento de las muestras de coproductos

Las muestras congeladas se molieron en la Planta de Salsamentaría del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Universidad Nacional de Colombia. Cada coproducto fue molido individualmente en un molino de carnes (Javar® Modelo M32-MRH). Cuando fue necesario, las muestras fueron cortadas previamente con una sierra sin fin (Tor-Rey® Modelo ST-295-AI3T) para disminuir el tamaño de la muestra antes de la molienda.

### Análisis químicos

Fueron llevados a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia. Posteriormente a la molienda se realizó la liofilización de 200 g por muestra en un equipo Christ LCG®, modelo D37520, durante 24 h a  $-51^{\circ}\text{C}$  y presión de 0,010 mbar. A continuación se calculó la primera

materia seca por diferencia gravimétrica. Las muestras liofilizadas fueron molidas en micromolino IKA® A 11 Basic para posteriores análisis.

El análisis proximal fue desarrollado de acuerdo con los métodos descritos por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC 2005). La segunda materia seca (materia seca en condiciones de laboratorio) de la muestra se determinó mediante secado de 1 g de muestra a  $135^{\circ}\text{C}$  por 2 h (AOAC 2005, 934.01), en horno sin circulación de aire (Memmert® modelo Schutzart DIN 40050-IP-20). La proteína bruta se determinó multiplicando el factor 6,25 por el contenido de nitrógeno de la muestra (AOAC 2005, 2001.11). La determinación de extracto etéreo se realizó por el método de Soxhlet (AOAC 2005, 2003.05) en un equipo extractor de grasa Büchi Extraction System B® - 811. El porcentaje de cenizas se determinó por medio del método de calcinación, llevando la muestra a mufla, a  $550^{\circ}\text{C}$  por 16 h (AOAC 2005, 942.05).

La determinación de fósforo se realizó a partir del residuo de cenizas mediante espectrofotometría visible en longitud de onda de 400 nm (AOAC 2005, 965.17), en un espectrofotómetro UV mini 1240 Shimadzu. La determinación de Ca se realizó a partir del residuo de cenizas por espectrofotometría de absorción atómica (AOAC 2005, 968.08) en un equipo AA-680 Shimadzu®. La energía bruta se determinó por medio de la combustión total de la muestra con exceso de oxígeno en bomba calorimétrica bajo condiciones estandarizadas sugerido por la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2011) en un equipo Parr® 6200 calorimeter.

La determinación del perfil de ácidos grasos (AG) de los coproductos se llevó

a cabo a través de cromatografía de gases en el Laboratorio de Toxicología Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, utilizando 4 g de muestra liofilizada a la cual se le realizó la extracción de lípidos en solución cloroformo: metanol 2:1 (Folch *et al.* 1957). Una alícuota de 50  $\mu$ l de solución de lípidos de los coproductos fue esterificada con el reactivo de metil esterificación Meth-Prep II® (Alltech Associates Inc., Deerfield, IL, USA) para producir los metil-ésteres de los AG. Los ésteres de metilo se cuantificaron en cromatógrafo de gases Shimadzu® GC 14<sup>a</sup>. Posteriormente, los ésteres de metilo de los AG fueron identificados por comparación con los tiempos de retención de una mezcla estándar de AG (Supelco® 37 component FAME MIX, Supelco, Inc., Bellefonte, PA, USA). La composición de AG se expresó como porcentaje de cada AG frente al total de AG identificados.

### **Análisis microbiológicos**

Los análisis microbiológicos fueron realizados en el Laboratorio de Microbiología del ICTA de la Universidad Nacional de Colombia, de acuerdo con el *Manual de técnicas de análisis para control de calidad microbiológico de alimentos para consumo humano* (INVIMA 1998). Se determinó el número más probable (NMP) de coliformes totales y fecales, detección de *E. coli*, UFC de *Staphylococcus* coagulasa positiva y detección de *Salmonella*.

### **Análisis de los datos**

Se implementó un estudio descriptivo que permitió la caracterización de los coproductos de la industria acuícola. Los resultados de composición química, minerales y energía se obtuvieron a partir del análisis de una muestra de cada coproducto, a la cual se le realizaron repe-

ticiones hasta obtener un coeficiente de variación menor al 5% (valor estándar de variabilidad permitido para los resultados en el laboratorio donde se ejecutaron los análisis). La determinación de AG se hizo mediante una medición y los análisis de microbiología se ejecutaron por duplicado para la confirmación de los resultados.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Composición química, contenido de Ca, P y energía bruta de coproductos derivados de la industria del fileteado de tilapia nilótica**

Los resultados de composición química, contenido de Ca y P y aporte de energía bruta de los coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (jaulas flotantes y estanques en tierra) se presentan en la Tabla 1.

Actualmente existe poca información disponible acerca de la caracterización de coproductos de la industria acuícola (Vignesh y Srinivasan 2012). Los estudios que hacen referencia a la utilización de estos recursos presentan resultados de la composición nutricional principalmente de harinas (Boscolo *et al.* 2010; Maigualmente y Gernat 2003; Petenuci *et al.* 2010) y no de los coproductos en fresco.

En el presente estudio se pudo evidenciar que el coproducto ‘cabeza’ mostró resultados similares en cuanto a la composición química bajo los dos sistemas de cultivo analizados (jaulas flotantes y estanque en tierra). En el caso del esqueleto de tilapia, las diferencias observadas se deben a que al esqueleto proveniente del sistema de cultivo en jaulas flotantes (ETJ) se le habían retirado previamente los músculos intercostales (CMS), mientras que el esqueleto proveniente de estanques (ETE) tenía este tejido muscular

**TABLA 1.** Composición química (% del recurso fresco) de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (jaulas flotantes y estanques en tierra).

Sistema productivo	Coproducto	Humedad (%)	Proteína cruda (%)	Extracto etéreo (%)	Cenizas (%)	Ca (g/100 g)	P (g/100 g)	Energía bruta (kcal/kg)
Tilapia en jaulas flotantes	Cabeza	61,20 ± 0,4	14,31 ± 0,03	17,47 ± 0,74	6,08 ± 0,16	2,17 ± 0,29	0,84 ± 0,04	2531 ± 28
	Esqueleto (ETJ) <sup>1</sup>	54,50 ± 0,29	18,39 ± 0,03	13,26 ± 0,08	14,12 ± 0,16	5,70 ± 0,04	1,89 ± 0,06	2218 ± 46
	Recortes (RTJ)	54,33 ± 1,88	15,04 ± 0,02	30,10 ± 0,58	0,74 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,09 ± 0,00	3683 ± 16
	CMS (CTJ) <sup>2</sup>	70,38 ± 0,18	14,32 ± 0,02	14,74 ± 0,12	0,87 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,07 ± 0,00	2171 ± 47
Tilapia en estanques en tierra	Cabeza	58,93 ± 1,66	15,47 ± 0,05	18,61 ± 0,42	5,71 ± 0,14	2,05 ± 0,00	0,72 ± 0,02	2699 ± 19
	Esqueleto (ETE) <sup>3</sup>	58,56 ± 0,37	15,14 ± 0,01	20,72 ± 0,35	6,16 ± 0,20	2,18 ± 0,04	0,81 ± 0,04	2750 ± 30
	Recortes (RTE)	56,87 ± 1,74	17,33 ± 0,06	24,99 ± 0,45	1,17 ± 0,02	0,09 ± 0,00	0,13 ± 0,00	3323 ± 7

<sup>1</sup> Esqueleto sin carne; <sup>2</sup> CMS: Carne mecánicamente separada; <sup>3</sup> Esqueleto con carne.

como parte de su composición; aunque se esperaba que el ETJ presentara menor contenido proteico por poseer menor tejido muscular, se encontró que este producto presentó mayor proteína cruda y menor extracto etéreo que los derivados de ETE. Lo anterior indica que el tejido que permanece anexo al esqueleto posterior al fileteado, aporta contenidos significativos de extracto etéreo y no solamente de proteína cruda.

Godoy *et al.* (2013) evaluaron 100 esqueletos (con músculo intercostal) de tilapias de cultivo en Paraná-Brasil. Los esqueletos *in natura* fueron homogeneizados en un procesador de alimentos y analizados, encontrando 68,45 ± 1,64% de humedad; 14,93 ± 0,06% de proteína; 7,5 ± 1,55% de lípidos; 6,31 ± 0,98% de cenizas; 1,78 ± 15,23 mg/100 g de Ca y 5,47 ± 0,02 mg/100 g de P. Los datos reportados por los autores difieren principalmente en cuanto humedad, lípidos y contenido de Ca y P, destacando en estos últimos minerales un mayor aporte de P respecto al Ca, lo cual es contrario a lo encontrado en el presente estudio. Las

anteriores diferencias podrían explicarse por diferentes factores como el peso al sacrificio, la dieta o el tipo de corte realizado durante el fileteo.

En el caso de los recortes se observó que la tilapia cultivada en jaulas flotantes (RTJ) presentó mayor contenido de lípidos en comparación con los de tilapia procedente de estanques (RTE), y se halló una relación estrecha con el mayor aporte de energía bruta de RTJ con respecto a la RTE. Lo anterior puede explicarse, según Rocha *et al.* (2012), por el manejo dado en cada sistema productivo, donde el cultivo en jaulas flotantes se caracteriza por ser intensivo (Merino *et al.* 2013) presentado así una mayor densidad de siembra (más de 10 peces por m<sup>2</sup>) y cuya nutrición depende totalmente del suministro de alimento balanceado. Lo anterior se traduce en una menor movilidad por parte de los animales, lo que favorece la acumulación de lípidos por menor gasto energético. Finalmente, en el caso de los recortes, es importante destacar que, en los dos sistemas de cultivo analizados, es el recurso con menor contenido de cenizas,

Ca y P, lo cual tiene sentido por la ausencia de tejido óseo.

Se observa que la CMS de tilapias en jaulas flotantes (CTJ) presentó un aporte similar de proteína cruda y de extracto etéreo, pero un valor superior de humedad, con respecto a los demás coproductos de su especie, destacando que este recurso presenta un menor aporte de energía bruta, respecto a los demás coproductos analizados. Valores cercanos a los encontrados para humedad (70,38%) y proteína cruda (14,32%) fueron encontrados por Rocha *et al.* (2012) para filetes de tilapia nilótica, los cuales fueron evaluados en condiciones similares de manejo y alimentación para dos sistemas productivos (jaulas flotantes y estanques en tierra), en el estado de Espírito Santo de Brasil. En este estudio los autores encontraron un contenido de  $76,78 \pm 1,61\%$  de humedad,  $16,27 \pm 1,61\%$  de proteína,  $3,17 \pm 1,3\%$  de lípidos y  $1,05 \pm 0,11\%$  de ceniza para filetes de tilapia jaulas flotantes.

### Composición química, contenido de Ca, P y energía bruta de coproductos derivados de la industria del fileteado de trucha arcoíris

Los resultados de composición química, contenido de Ca y P, y aporte de energía bruta de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris (jaulas flotantes y estanques de cemento) se presentan en la Tabla 2.

Los resultados obtenidos de composición química de cada uno de los coproductos analizados son similares en los dos sistemas de cultivo estudiados (jaulas flotantes y estanques de cemento); las mayores diferencias en composición se presentan al comparar el contenido de humedad y lípidos de los recortes de truchas en jaulas flotantes respecto a las cultivadas en estanques de cemento, como lo evidenciaron Izquierdo *et al.* (1999). El mayor aporte de energía bruta para los recortes del sistema de cultivo de jaulas flotantes refleja el mayor contenido de extracto etéreo de este coproducto.

**TABLA 2.** Composición química (% del recurso fresco) de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris (jaulas flotantes y estanques de cemento).

Sistema productivo	Coproducto	Humedad (%)	Proteína cruda (%)	Extracto etéreo (%)	Cenizas (%)	Ca (g/100 g)	P (g/100 g)	Energía bruta (kcal/kg)
Trucha en jaulas flotantes	Cabeza	$64,60 \pm 0,67$	$15,62 \pm 0,02$	$15,40 \pm 0,57$	$4,22 \pm 0,11$	$1,12 \pm 0,02$	$0,59 \pm 0,01$	$2328 \pm 51$
	Esqueleto <sup>1</sup>	$62,20 \pm 2,03$	$18,03 \pm 0,05$	$13,14 \pm 0,03$	$6,18 \pm 0,06$	$1,72 \pm 0,08$	$0,84 \pm 0,03$	$2229 \pm 44$
	Recortes	$61,94 \pm 0,5$	$16,89 \pm 0,10$	$17,51 \pm 0,51$	$3,09 \pm 0,12$	$0,48 \pm 0,02$	$0,40 \pm 0,01$	$2612 \pm 29$
	CMS <sup>2</sup>	$72,94 \pm 0,3$	$18,40 \pm 0,04$	$7,62 \pm 0,14$	$1,42 \pm 0,01$	$0,09 \pm 0,00$	$0,15 \pm 0,00$	$1691 \pm 1$
Trucha en estanques de cemento	Cabeza	$64,54 \pm 0,27$	$13,29 \pm 0,02$	$17,10 \pm 0,17$	$4,68 \pm 0,17$	$1,28 \pm 0,01$	$1,26 \pm 0,06$	$2344 \pm 8$
	Esqueleto <sup>1</sup>	$62,33 \pm 0,01$	$17,41 \pm 0,00$	$14,35 \pm 0,28$	$5,58 \pm 0,23$	$1,73 \pm 0,08$	$0,80 \pm 0,03$	$2325 \pm 4$
	Recortes	$65,58 \pm 0,52$	$15,66 \pm 0,04$	$14,67 \pm 0,13$	$4,22 \pm 0,07$	$1,25 \pm 0,06$	$0,56 \pm 0,02$	$2195 \pm 25$
	CMS <sup>2</sup>	$72,14 \pm 0,11$	$18,88 \pm 0,05$	$8,10 \pm 0,04$	$1,27 \pm 0,03$	$0,06 \pm 0,00$	$0,14 \pm 0,00$	$1829 \pm 9$

<sup>1</sup> Esqueleto sin carne; <sup>2</sup> CMS: Carne mecánicamente separada.

Kotzamanis *et al.* (2001) evaluaron el potencial uso de los coproductos del fileteado de trucha arcoíris para alimentación de la especie íctica *Sparus aurata L.* en Atenas, Grecia. Dentro de los coproductos que analizaron se contaban cabezas y esqueletos con músculo intercostal, los cuales fueron evaluados por medio de ocho muestreos mensuales. Para cabezas de trucha encontraron  $69,5 \pm 2,8\%$  de humedad;  $14,3 \pm 0,38\%$  de proteína;  $12 \pm 0,59\%$  de grasa y  $3,6 \pm 0,28\%$  de cenizas. Para el caso del esqueleto hallaron  $71,4 \pm 1,4\%$  de humedad;  $14,7 \pm 1,2\%$  de proteína;  $11 \pm 1,1\%$  de grasa y  $2,9 \pm 0,42\%$  de cenizas. En el presente estudio se encontraron datos muy cercanos a los reportados por Kotzamanis *et al.* (2001), aunque con un menor contenido de humedad en cada uno de los productos analizados y un mayor aporte de extracto etéreo. Las anteriores diferencias podrían explicarse por factores como el peso del animal al sacrificio, los sistemas de manejo y alimentación, y la presencia o no de tejido muscular en el esqueleto. De manera general, en el presente estudio se encontró que las cabezas y esqueletos de truchas en tanques de cemento presentaron un mayor contenido de Ca y P en comparación con el sistema de cultivo en jaulas flotantes. Para estos mismo recursos se encontraron valores de energía bruta muy similares.

Respecto de los recortes de trucha en jaulas flotantes, se halló un mayor contenido de extracto etéreo y energía bruta en comparación con las truchas cultivadas en estanques de cemento; este último sistema de crianza presentó un mayor aporte de cenizas, Ca y P.

García *et al.* (2004) determinaron la composición química del filete fresco de truchas arcoíris con pesos entre 301,9 y 479,5 g en el estado de Chihuahua, Mé-

xico. En dicha investigación estos autores estimaron valores de  $75,24 \pm 0,26\%$  de humedad;  $20,88 \pm 0,19\%$  de proteína;  $2,57 \pm 0,21\%$  de grasa y  $1,22 \pm 0,01\%$  de cenizas, valores bastante cercanos a los encontrados en el presente estudio para CMS. Las diferencias respecto al mayor valor de proteína y un menor valor de extracto etéreo podrían deberse a que en el estudio citado se analizaron filetes, los cuales tienden a ser más magros que el resto de la carne del cuerpo del animal. Al igual que lo encontrado en el caso de tilapia, la CMS de trucha presenta el menor contenido de cenizas, Ca, P, extracto etéreo y energía bruta en comparación con los demás recursos analizados.

### **Perfil de AG de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica**

Los resultados del perfil de AG de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica, expresados como porcentaje de cada AG frente al total de AG identificados (*jaulas flotantes y estanques en tierra*), se presentan en la Tabla 3.

El presente estudio evidenció, de manera general, que los coproductos analizados, provenientes de los sistemas productivos de tilapia en jaulas flotantes, tienden a contener una mayor cantidad de AGPI y una menor relación n-6/n-3 que los sistemas productivos de cultivos en estanques en tierra. Lo anterior puede explicarse por las diferencias en la composición de las dietas utilizadas, el acceso a alimentos provenientes del medio acuático y las condiciones ambientales de la zona de cultivo, entre otros.

Petenuci *et al.* (2010) recolectaron esqueletos de tilapia nilótica provenientes de pesca extractiva en el norte del estado de Paraná- Brasil y analizaron el perfil de AG

**TABLA 3.** Perfil de ácidos grasos de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (jaulas flotantes y estanques en tierra).

Nomenclatura	Nombre común	Tilapia en jaulas flotantes				Tilapia en estanques en tierra		
		Cabeza	Esqueleto <sup>1</sup>	Recorte	CMS <sup>2</sup>	Cabeza	Esqueleto <sup>3</sup>	Recorte
C14:0	Mirístico	3,83	3,74	3,83	3,82	3,79	3,84	3,80
C15:0	Pentadecanoico	0,23	0,24	0,21	0,22	0,21	0,21	0,20
C16:0	Palmitico	25,42	25,52	25,24	25,97	27,15	27,16	26,78
C16:1	Palmitoleico	6,03	6,64	5,86	6,58	0,69	0,72	0,58
C17:0	Margárico	0,24	0,26	0,20	0,24	0,23	0,22	0,21
C17:1	Heptadecenoico	0,21	0,27	0,19	0,26	0,24	0,25	0,24
C18:0	Esteárico	5,59	5,84	5,74	5,76	7,33	6,62	6,76
C18:1n-9t	Trans-oleico	0,30	0,40	0,43	0,53	0,60	0,40	0,36
C18:1n-9c	Cis-oleico	32,99	31,63	33,58	32,40	34,90	36,72	42,11
C18:1n-7	Vaccénico	5,64	5,79	5,97	5,82	6,28	5,97	0,06
C18:2n-6c	Linoleico (LA)	11,41	11,26	11,58	11,04	11,21	11,11	11,58
C18:3n-6	Gamma linolénico	0,49	0,46	0,55	0,54	0,53	0,59	0,62
C20:1	Gadoleico	1,68	1,54	1,63	1,59	1,77	1,89	1,83
C18:3n-3	Alfa linolénico (ALN)	0,76	0,77	0,75	0,78	0,71	0,72	0,73
C20:2	Eicosadienoico	0,44	0,41	0,38	0,37	0,44	0,06	0,43
C20:3n-6	Dihomogammalino- lénico	0,50	0,49	0,50	0,49	0,49	0,50	0,56
C22:1n-9	Erúcico	0,07	0,07	0,00	0,00	0,08	0,07	0,08
C23:0	Tricosanoico	0,69	0,71	0,62	0,71	0,60	0,45	0,67
C22:2	cis-13,16-Docosadie- noico	0,06	0,08	0,05	0,06	0,03	0,03	0,03
C20:5n-3	Eicosapentaenoico (EPA)	0,16	0,30	0,00	0,00	0,11	0,11	0,11
C24:1	Nervónico	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05
C22:5n-3	Docosapentaenoico (DPA)	0,62	0,64	0,58	0,59	0,41	0,42	0,39
C22:6n-3	Docosahexaenoico (DHA)	2,60	2,86	2,05	2,18	2,15	1,91	1,81
AGPI		17,04	17,27	16,44	16,05	16,08	15,45	16,26
AGMI		46,98	46,41	47,71	47,23	44,62	46,08	45,31
AGS		36,00	36,31	35,84	36,72	39,31	38,50	38,42
n-3		4,14	4,57	3,38	3,55	3,38	3,16	3,04
n-6		12,4	12,21	12,63	12,07	12,23	12,20	12,76
n6/n3		2,99	2,67	3,73	3,40	3,61	3,86	4,19

<sup>1</sup> Esqueleto sin carne; <sup>2</sup> CMS: Carne mecánicamente separada; <sup>3</sup> Esqueleto con carne; AGPI: ácidos grasos poliinsaturados; AGMI: ácidos grasos monoinsaturados; AGS: ácidos grasos saturados; c: cis; t: trans; n-6: ácidos grasos de la familia n-6; n-3: ácidos grasos de la familia n-3.

de la harina obtenida, encontrando 15,72% de AGPI y una relación n-6/n-3 de 8,56. De manera similar, Godoy *et al.* (2013) estudiaron esqueletos de tilapia nilótica y hallaron contenidos de 20,95% de AGPI y relación n-6/n-3 de 10,94. Los datos reportados en el presente estudio muestran variaciones respecto a los estudios anteriores, los cuales pueden estar explicados por las diferencias en los sistemas de alimentación, la edad de los animales, la variedad de la especie que se cultivó, entre otros.

### **Perfil de AG de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris**

Los resultados del perfil de AG de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoíris, expresados como porcentaje de cada AG frente al total de AG identificados (jaulas flotantes y estanques de cemento), se presentan en la Tabla 4.

En contraste con lo reportado en tilapia nilótica, los sistemas productivos de trucha en estanques de cemento exhibieron mayor cantidad de AGPI y menor relación n-6/n-3 que los sistemas productivos de cultivo en jaulas flotantes, lo cual puede deberse a la diferencias en la composición de las dietas utilizadas, el acceso a alimentos provenientes del medio acuático y las condiciones ambientales de la zona de cultivo, entre otros.

Usydus *et al.* (2011) evaluaron el perfil de AG del músculo de diez especies comerciales ícticas en Polonia, entre las que se encontraban trucha arcoíris de cultivo y tilapia nilótica importada de China. El estudio reporta que el 46,3% de los AG en trucha correspondió a AGPI, con una relación n-6/n-3 de 0,23; en el caso de la tilapia hallaron que el 31,1% correspondió a AGPI con una relación n-6/n-3 de 2,18. Los autores encontraron que la trucha fue la especie que presentó el mayor contenido

de EPA y DHA, recomendando consumir dos porciones de 200 g de trucha semanalmente, especialmente para personas con problemas cardiovasculares. En el mismo estudio, la tilapia exhibió el menor contenido de AGPI lo cual, según los autores, se explica en el origen de la especie (cultivo en agua dulce) y tipo de alimentación. Previamente, Toppe *et al.* (2007) reportaron contenidos de AGPI para huesos de cabeza y esqueleto de trucha de 29,37% y relación n-6/n-3 de 0,14. En el presente estudio se encontraron valores inferiores de AGPI y mayor relación n-6/n-3 frente a los valores reportados por Usydus *et al.* (2011) en las dos especies analizadas. Así mismo, Toppe *et al.* (2007) reportaron en la trucha una menor concentración de AGPI y menor relación n-6/n-3, en comparación con lo encontrado en la presente investigación.

### **Análisis microbiológico de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris**

Los resultados del análisis microbiológico de los coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris (*jaulas flotantes, estanques en tierra y estanques de cemento*) se presentan en la Tabla 5.

En el presente estudio se encontró que la mayoría de los recursos analizados cumplieron con los lineamientos establecidos por la Resolución 122 de 2012 del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, en la cual se establecen los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que deben cumplir los productos de la pesca para consumo humano. No obstante, la CMS de tilapia en jaulas flotantes presentó *Salmonella*, contaminación debida posiblemente a una mayor manipulación en la planta de proceso para la obtención de este coproducto, lo que limita su utilización.

**TABLA 4.** Perfil de ácidos grasos de coproductos de la industria del fileteado de trucha arcoiris (jaulas flotantes y estanques de cemento), expresados como porcentaje de cada ácido graso, frente al total de AG identificados.

Nomenclatura	Nombre común	Trucha en jaulas flotantes				Trucha en estanques de cemento			
		Cabeza	Esqueleto <sup>1</sup>	Recorte	CMS <sup>2</sup>	Cabeza	Esqueleto <sup>1</sup>	Recorte	CMS <sup>2</sup>
C14:0	Mirístico	3,04	2,90	3,12	3,63	2,79	2,90	2,59	2,91
C15:0	Pentadecanoico	0,36	0,35	0,38	0,38	0,40	0,42	0,38	0,40
C16:0	Palmitico	20,41	20,42	21,44	28,55	19,89	20,94	19,65	21,93
C16:1	Palmitoleico	5,68	5,40	6,70	7,21	5,96	5,66	5,76	6,13
C17:0	Margárico	0,37	0,38	0,39	0,51	0,42	0,43	0,39	0,40
C17:1	Heptadecenoico	0,22	0,25	0,29	0,37	0,29	0,32	0,29	0,24
C18:0	Esteárico	6,14	5,94	6,50	7,69	6,39	6,49	5,90	6,44
C18:1n-9t	Trans-oleico	0,20	0,36	0,17	0,50	0,07	0,17	0,07	0,06
C18:1n-9c	Cis-oleico	25,33	23,76	27,35	30,59	26,12	24,95	24,38	26,00
C18:1n-7	Vaccénico	4,98	4,25	4,91	5,71	4,89	4,75	4,46	4,60
C18:2n-6c	Linoleico (LA)	14,24	14,11	13,4	8,13	12,78	12,76	12,48	12,52
C18:3n-6	Gamma linoléico	0,29	0,31	0,24	0,36	0,18	0,25	0,27	0,26
C20:1	Gadoleico	1,51	1,51	1,52	1,70	1,34	1,21	1,37	1,29
C18:3n-3	Alfa Linolenico (ALN)	1,24	1,45	1,23	0,61	1,18	1,21	1,27	1,06
C20:2	Eicosadienoico	0,57	0,58	0,69	0,61	0,53	0,49	0,51	0,29
C20:3n-6	Dihomogammalino-lénico	0,59	0,61	0,53	0,00	0,44	0,46	0,48	0,49
C22:1n-9	Erúcico	0,16	0,41	0,16	0,00	0,12	0,13	0,16	0,11
C23:0	Tricosanoico	1,11	1,52	1,02	0,44	1,27	1,28	1,71	1,22
C22:2	cis-13,16-Docosadienoico	0,19	0,29	0,19	0,00	0,19	0,20	0,28	0,19
C20:5n-3	Eicosapentaenoico (EPA)	2,58	2,93	1,96	0,92	2,54	2,60	2,95	2,41
C24:1	Nervónico	0,22	0,38	0,15	0,54	0,28	0,32	0,19	0,21
C22:5n-3	Docosapentaenoico (DPA)	0,92	0,96	0,90	0,19	0,95	0,97	0,97	0,87
C22:6n-3	Docosahexaenoico (DHA)	9,65	10,92	6,78	1,37	10,97	11,07	13,47	9,99
AGPI		30,27	32,16	25,92	12,19	29,76	30,01	32,68	28,08
AGMI		38,30	36,32	41,25	46,62	39,07	37,51	36,68	38,64
AGS		31,43	31,51	32,85	41,20	31,16	32,46	30,62	33,30
n-3		14,39	16,26	10,87	3,09	15,64	15,85	18,66	14,33
n-6		15,12	15,03	14,17	8,49	13,40	13,47	13,23	13,27
n6/n3		1,05	0,92	1,30	2,74	0,85	0,85	0,71	0,92

<sup>1</sup> Esqueleto sin carne; <sup>2</sup> CMS: Carne mecánicamente separada; AGPI: ácidos grasos polinsaturados; AGMI: ácidos grasos monoinsaturados; AGS: ácidos grasos saturados; c: cis; t: trans; n-6: ácidos grasos de la familia n-6; n-3: ácidos grasos de la familia n-3.

**TABLA 5.** Análisis microbiológico de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris (jaulas flotantes, estanques en tierra y taques de concreto).

Sistema productivo	Coproducto	NMP <sup>1</sup> Coliformes totales UFC/g o ml <sup>2</sup>	NMP <sup>1</sup> Coliformes fecales UFC/g o ml <sup>2</sup>	Estafilococo coagulasa (+) UFC/g o ml <sup>2</sup>	Detección de Salmonella en 25g de muestra
		10-400 (INVIMA, 1998)	10-400 (INVIMA, 1998)	22.500 (ICTA)	Ausencia total (INVIMA, 1998)
Tilapia en jaulas flotantes	Cabeza	20	<3	<100	Negativo
	Esqueleto <sup>3</sup>	7	7	<100	Negativo
	Recortes	<3	<3	<100	Negativo
	CMS <sup>4</sup>	28	28	<100	Positivo
Tilapia en estanques en tierra	Cabeza	4	<3	<100	Negativo
	Esqueleto <sup>5</sup>	<3	<3	<100	Negativo
	Recortes	<3	<3	<10	Negativo
Trucha jaulas flotantes	Cabeza	<3	<3	<100	Negativo
	Esqueleto <sup>3</sup>	<3	<3	<100	Negativo
	Recortes	<3	<3	<100	Negativo
Trucha en estanques de cemento	CMS <sup>4</sup>	<3	<3	<100	Negativo
	Cabeza	<3	<3	<100	Negativo
	Esqueleto <sup>3</sup>	<3	<3	<100	Negativo
	Recortes	<3	<3	<100	Negativo
	CMS <sup>4</sup>	<3	<3	<100	Negativo

<sup>1</sup> Los valores expresados en NMP/g o ml (Número más probable por gramo o mililitro); <sup>2</sup>UFC/g o ml (Unidades formadoras de colonia por gramo o mililitro); <sup>3</sup>Esqueleto sin carne; <sup>4</sup>CMS - Carne Mecánicamente Separada; <sup>5</sup>Esqueleto con carne.

De igual manera, otros estudios han señalado que los coproductos de la acuicultura cumplen con los requerimientos microbiológicos establecidos por la normatividad, como lo encontraron Petenuci *et al.* (2010) en harina de esqueletos de tilapia y Kotzamanis *et al.* (2001) en coproductos del fileteado de trucha arcoíris.

Cabe destacar que los coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica y trucha arcoíris, deben empezar a considerarse en Colombia como recursos de valor nutricional significativo por su alto aporte de proteína, lípidos y cenizas. Es evidente la necesidad de continuar con investigaciones adicionales que permitan un mayor conocimiento de la composición

de los coproductos de la acuicultura *in natura*, con miras a generar nuevas tecnologías de utilización de estos productos en diversos recursos para alimentación humana y/o animal.

### CONCLUSIONES

Los coproductos de tilapia nilótica y trucha arcoíris (cabeza, esqueleto, CMS y recortes) caracterizados en el presente estudio, mostraron ser un recurso con alto potencial alimenticio, por su aporte proteico, energético y como fuentes de cenizas, Ca y P. Así mismo, la mayoría de éstos cumplieron con los requerimientos microbiológicos establecidos por la nor-

matividad nacional para consumo humano y/o animal.

De manera general, fue evidente que los coproductos de trucha presentaron un perfil de AGPI que podría ser muy beneficioso para la salud y que los coproductos de tilapia poseen un gran potencial como fuentes de Ca y P. Se resalta que, dependiendo del sistema de cultivo empleado (jaulas flotantes o estanques de tierra o cemento), la composición de un mismo coproducto puede variar ampliamente en cada especie. Finalmente, se destaca que la utilización de estos recursos de bajo costo, podría resultar en una disminución de la contaminación ambiental gracias a una adecuada disposición final.

## AGRADECIMIENTOS

A la Dirección de Investigación sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia (DIB) por el apoyo financiero para la ejecución de la investigación. A Colciencias y al Programa Jóvenes Investigadores e Innovadores 'Virginia Gutiérrez de Pineda' por el apoyo económico para el desarrollo del proyecto de investigación. A la profesora Nhora María Martínez Rueda por su acompañamiento en el manejo de los datos y asesoría estadística. A los integrantes del grupo de investigación UN-ACUICULTO por su apoyo y colaboración en el desarrollo de las actividades de investigación.

## REFERENCIAS

- [AOAC] Association Official Analytical Chemists. 2005. Official methods of analysis. 18<sup>th</sup>. ed. Washington: AOAC.
- Boscolo WR, Signor AA, Coldebella A, Wolff G, Feiden A. 2010. Rações orgânicas suplementadas com farinha de resíduos de peixe para juvenis da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Rev. Ciênc. Agron. 41:686-692.
- Carrero J, Martín-Bautista E, Baró L, Fonollá J, Jiménez J, Boza J, López-Huertas E. 2005. Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. Nutr. Hosp. 20(1):63-69.
- Cruz N, Cruz P, Suárez H. 2012. Characterization of the nutritional quality of the meat in some species of catfish: A review. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín. 65(2):6799-6709.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2011. Quality assurance for animal feed analysis laboratories. FAO Animal Production and Health Manual. N°. 14. Roma: FAO. 193 p.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2012. Estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012 (SOFIA). Departamento de Pesca y Acuicultura. Roma: FAO. 230p.
- Feltes M, Correia J, Beirão L, Block J, Ninow J, Spiller V. 2010. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental. 14(6):669-677.
- Folch J, Lees M, Sloane G. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226:497-507.
- García JA, Núñez FA, Chacón O, Alfaro RH, Espinosa MR. 2004. Calidad de canal y carne de trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss* Richardson, producida en el noroeste del Estado de Chihuahua. Hidrobiológica. 14(1):19-26.
- Godoy LC, Franco MLRS, Franco NP, Silva AF, Assis MF, Souza NE, Matsushita M, Visentainer JV. 2010. Análise sensorial de caldos e canjas elaborados com farinha de carcaças de peixe defumadas: aplicação na merenda escolar. Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas. 30(Supl.1):86-89.
- Godoy LC, Franco MLRS, Souza NE, Stevanato FB, Visentainer JV. 2013. Development, preservation, and chemical and fatty acid profiles of Nile tilapia carcass meal for human feeding. J Food Process Pres. 37:93-99.
- Hellberg RS, Mireles DeWitt CA, Morrissey MT. 2012. Risk-benefit analysis of seafood consumption: A review. Compr Rev Food Sci F. 11:490-517.
- Industria Acuicola – Acuicultura y Negocios de México. 2012. Colombia: La producción acuícola crece a ritmo sostenido. Industria Acuicola [Internet]. 8(1). [Citado 2013 agosto 24]. Disponible en: [http://www.industriaacuicola.com/notices\\_2012/febrero/feb17/feb17\\_not13.htm](http://www.industriaacuicola.com/notices_2012/febrero/feb17/feb17_not13.htm)

- [INVIMA] Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos. 1998. Manual de técnicas de análisis para control de calidad microbiológico de alimentos para consumo humano. Bogotá, Colombia: INVIMA. 25 p.
- Izquierdo P, Torres G, González E, Barboza Y, Márquez E, Allara M. 1999. Composición de ácidos grasos y contenido de humedad en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela. *Revista Científica FCV-LUZ*. 9:463-468.
- Kotzamanis YP, Alexis MN, Andriopoulou A, Castritsi-Cathariou I, Fotis G. 2001. Utilization of waste material resulting from trout processing in gilthead bream (*Sparus aurata* L.) diets. *Aquac Res*. 32(Suppl. 1):288-295.
- Maigulema MA, Gernat AG. 2003. The effect of feeding elevated levels of tilapia (*Oreochromis niloticus*) by-product meal on broiler performance and carcass characteristics. *Int J Poultry Sci*. 2:195-199.
- Merino MC, Bonilla SP, Bages F. 2013. Diagnóstico del estado de la acuicultura en Colombia. Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia (AUNAP-FAO). Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 131 p.
- Ministerio de Salud y Protección Social – Colombia. 2012. Resolución 122 de 2012 (enero 26). [Internet] [citado 2013 agosto]. Disponible en: [http://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion\\_minsaludps\\_0122\\_2012.htm](http://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minsaludps_0122_2012.htm)
- Petenunci ME, Stevanato FB, Rodrigues D, Pereira L, Evelázio N, Visentainer JV. 2010. Composição e estabilidade lipídica da farinha de espinhaço de tilapia. *Ciênc Agrotec Lavras*. 34:1279-1284.
- Pinheiro LMS, Martins RT, Pinheiro LAS, Pinheiro LEL. 2006. Rendimento industrial de filetagem da tilápia tailandesa (*Oreochromis* spp.). *Arq Bras Med Vet Zootec*. 58(2):257-262.
- Rocha DN, Simões LN, Paiva G, Gomes LC. 2012. Sensory, morphometric and proximate analyses of Nile tilapia reared in ponds and net-cages. *R. Bras. Zootec*. 41(7):1795-1799.
- Secretaría Técnica Nacional Cadena de la Acuicultura. 2011. Datos estadísticos de la acuicultura en Colombia 2000 – 2011. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 5 p.
- Souza MLR, Freire TC. 2001. Rendimento de carcaça, filé e subprodutos da filetagem da tilapia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L), em função do peso corporal. *Acta Scientiarum*. 23(4):897-901.
- Toppe J, Albrektsen S, Hope B, Aksnes A. 2007. Chemical composition, mineral content and amino acid and lipid profiles in bones from various fish species. *Comp Biochem Phys B*. 146:395-401.
- Usydz Z, Szlinder-Richert J, Adamczyk M, Szatkowska U. 2011. Marine and farmed fish in the Polish market: Comparison of the nutritional value. *Food Chem*. 126:78-84.
- Valenzuela R, Bascuñan K, Chamorro R, Valenzuela A. 2011. Omega-3 fatty acids and cancer, a nutritional alternative for its prevention and treatment. *Rev Chil Nutr*. 38(2):219-226.
- Vignesh R, Srinivasan M. 2012. Nutritional quality of processed head and bone flours of Tilapia (*Oreochromis mossambicus*, Peters 1852) from Parangipettai estuary, South East Coast of India. *Asian Pac J Trop Biomed*. S368-372.

### Citation:

Osorio A, Wills A, Muñoz AP. 2013. Caracterización de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en Colombia [Characterization of byproducts from the filleting industry of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Colombia]. *Rev Fac Med Vet Zoot*. 62(3): 182-195.