

# EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ACEITE CRUDO Y REFINADO OBTENIDO DE LAS VISCERAS DE BOCACHICO (*Prochilodus magdalenae*) Y TILAPIA PLATEADA (*Oreochromis niloticus*)

Jesús Alberto Rodríguez Loperena<sup>1\*</sup>, Martha Liliana Díaz Bustamante<sup>2\*</sup>, Yelis Daneida Barrios Ramos<sup>2\*</sup>, Juan Guillermo Reales<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> MSc(c) Gerencia de Proyectos de I+D, Ingeniero Pesquero, Docente Tecnologías de la Producción Acuícola, jrodriguez3113@hotmail.com

<sup>2</sup> Estudiante, marthadiazbustamante@gmail.com, ybarrios@hotmail.com

<sup>3</sup> MSc en Ciencias Farmacéuticas, Ingeniero Agroindustrial, Docente, juanreales@unicesar.edu.co

\*Programa Ingeniería Agroindustrial; Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Colombia,

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar las características fisicoquímicas del aceite crudo y refinado obtenido de las vísceras de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y la tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*), capturadas en la Ciénaga de Zapatoza. Se tuvieron en cuenta las épocas de invierno y verano para determinar diferencias significativas entre los aceites obtenidos de cada especie. Se tomaron muestras de cuatro poblaciones pesqueras aledañas a la ciénaga, y se conformó con éstas una sola unidad muestral. El aceite crudo extraído de las vísceras fue sometido a un proceso de refinación (desgomado, neutralización, lavado, secado y blanqueo). A ambos aceites se les determinó rendimiento, acidez, índice de yodo, índice de saponificación, índice de peróxido, materia insaponificable, densidad, índice de refracción y perfil lipídico.

**Palabras Clave:** Caracterización química, perfil lipídico, vísceras, Bocachico, Tilapia plateada.

Recibido 23 de Junio de 2015. Aceptado 08 de Octubre de 2015

Received: June 23th, 2015. Accepted: October 08th, 2015

## EVALUATION PHYSICO-CHEMICAL OIL GUTS VISCERA BOCACHICO (*Prochilodus magdalenae*) AND TILAPIA PLATEADA (*Oreochromis niloticus*)

### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the characteristics physicochemical of crude and refined oil obtained from the guts of bocachico (*Prochilodus magdalenae*) and silver tilapia (*Oreochromis niloticus*), caught in the Zapatoza swamp. The winter and summer periods were taken into account to determine significant differences in the oils obtained from each species. Samples of four neighboring fishing villages were taken from the swamp, and settled for these one sample unit. Crude oil extracted from the offal was then subjected to a refining process (degumming, neutralization, washing, drying and bleaching). Both oils were tested for returns, acidity, iodine, saponification index, peroxide, unsaponifiable matter, density, refractive index and lipid profile.

**Keywords:** Chemical characterization, lipid profile, guts, Bocachico, silver Tilapia.

*Cómo citar este artículo:* J. A. Rodríguez, M. L. Díaz, Y. D. Barrios y J. G. Reales, "Evaluación fisicoquímica del aceite crudo y refinado obtenido de las vísceras de bocachico (*prochilodus magdalenae*) y tilapia plateada (*oreochromis niloticus*) capturadas en la Ciénaga de Zapatoza, departamento del Cesar," *Revista Politécnica*, vol. 11, no. 21, pp. 19-28, 2015.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el departamento del Cesar se encuentra la ciénaga de agua dulce más importante del país, la Ciénaga de Zapatos; ésta es considerada como la principal fuente de sustento de las comunidades pesqueras asentadas a sus laderas, y la mayor generadora de producción de peces de interés comercial, como lo es el bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y la tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*). Estas a su vez son consideradas las especies más emblemáticas e importantes social y económicamente en el Complejo Cenagoso [1].

El procesamiento de pescado utilizado para el consumo humano generó residuos viscerales equivalentes entre el 10 y el 15% del volumen total capturado, las cuales provienen de la actividad del eviscerado [2]. Dichos residuos, son la base de ésta investigación que buscó analizar el rendimiento del aceite extraído obtenido a partir de las vísceras de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Tilapia Plateada (*Oreochromis niloticus*), además de determinar las propiedades fisicoquímicas del aceite inicialmente crudo y luego refinado para comparar sus características, teniendo en cuenta las épocas de invierno y verano, analizando así como influía este factor en cada aceite. El conocer los rendimientos y propiedades fisicoquímicas que presenta el aceite de vísceras de estas especies es de gran importancia, debido a que esto contribuye en la valoración y manejo de estos subproductos pesqueros y es un método de aprovechamiento de residuos viscerales que son producto de la explotación piscícola de la región.

Entre los antecedentes que se tuvo en cuenta, se encuentra una investigación desarrollada por Guerra (2012), la cual consistió en la extracción y caracterización de aceite de residuos de peces de agua dulce, que tuvo como objetivos medir el rendimiento de las características fisicoquímicas de aceite de vísceras de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), pacú (*Piaractus mesopotamicus*) y curimatá (*Prochilodus spp*). El resultado de éste trabajo permitió comparar a la especie curimatá (*Prochilodus spp*) con el bocachico (*Prochilodus magdalenae*). Otro antecedente que se tuvo en cuenta fue el Morales & Navarro [2013], quienes efectuaron un estudio donde evaluaron el aceite obtenido a partir de las vísceras de tilapia plateada producidas en

actividades de piscicultura y comparado frente al aceite producido en vísceras de la misma especie capturadas en la Ciénaga, datos que se usaron para comparar las características de los aceites refinados obtenidos en esta investigación.

El aceite crudo y refinado obtenido de vísceras de las especies bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) capturadas en la Ciénaga de Zapatos, evaluados en este trabajo, mostraron aceptables rendimientos en ambas especies, sin embargo el bocachico es la especie que tiene un mayor rendimiento en aceite crudo y se aproxima más a lo que dicen Santos, Malveira, Cruz y Fernandes (2010), acerca de que el contenido de lípidos en las vísceras de pescados puede ser de hasta un 45%. Por otro lado, se analizaron las diferencias fisicoquímicas y se pudo determinar que estos aceites tienen buenas proporciones de ácidos grasos esenciales.

## 2. METODOLOGÍA

Para desarrollar este estudio se tuvo en cuenta cuatro poblaciones pesqueras aledañas a la Ciénaga de Zapatos y en cada una se tomaron simultáneamente submuestras de vísceras para mezclar y conformar una sola unidad muestral. Posteriormente se dividió en tres partes, para obtener un aceite crudo promedio al que se le efectuaron antes y después del proceso de refinado, las diferentes pruebas fisicoquímicas.

### 2.1 Diseño y Análisis estadístico

Se evaluó el aceite crudo y refinado obtenido de las vísceras de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) en épocas de verano e invierno, implementando un análisis estadístico en donde los factores a analizar fueron la especie, el tipo de aceite y la época del año, por lo que se aplicó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 2 repeticiones. Se efectuó un análisis de varianza a las variables a medir y solo a aquellas que fueron significativas se les determinó la prueba F a un nivel de confianza del 95% y la prueba de Tukey para comparar cuales medias son significativamente diferentes de otras. Se utilizó el software Statgraphic Centurión XVI.11 en la evaluación estadística de los resultados. Para el perfil de ácidos grasos, se realizó un análisis por muestra y los valores se presentaron como promedios de dos repeticiones  $\pm$  la desviación estándar.

## 2.2 Variables de Respuestas

Las variables que se midieron y analizaron en el aceite de vísceras de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*), tanto crudo como refinado fueron: rendimiento de aceite, índice de yodo, índice de saponificación, acidez, materia insaponificable, índice de peróxido, densidad, índice de refracción y perfil lipídico.

## 2.3 Muestreo

En los puntos estratégicos y aledaños a la Ciénaga de Zapatosa (Candelaria corregimiento del municipio de Chimichagua Cesar, Belén corregimiento del municipio del Banco Magdalena, Saloa corregimiento del municipio de Chimichagua Cesar y Zapatosa corregimiento del municipio de Tamalameque Cesar), se tomaron las vísceras de los peces de las especies bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) en la época de invierno y verano.

### 2.3.1 Extracción del aceite

Una vez recolectadas las vísceras, se limpiaron para desechar el contenido de las heces de manera que se pudiera realizar la extracción del aceite, para la cual se tuvo en cuenta la metodología descrita por Guerra y Oña [3], en la cual se almacenan las vísceras a -20°C aproximadamente por 24 horas. El material congelado fue cortado en cubos con aproximadamente un 1cm de arista y colocado en un Beacker de 5000 ml con el doble de su peso en agua sometiendo a calentamiento en baño maría a una temperatura de 65-75 °C. Se filtró el contenido para eliminar el material sólido, se separó el aceite del filtrado por decantación con ayuda de embudos de separación de 500ml y finalmente se sometió a centrifugación a 3000rpm/10min.

**2.3.2 Refinación del aceite crudo:** Posteriormente se tomó parte del aceite extraído de ambas especies y se le realizó, el proceso de refinación desarrollado por Morais [4], que consta de cinco etapas consecutivas: desgomado, neutralización, lavado, secado y blanqueo.

**2.3.3 Cromatografía:** El perfil de ácidos grasos fue determinado por cromatografía de gases con detector de llama GC/FID. Finalmente se determinaron las pruebas fisicoquímicas tales como acidez, Índice de yodo, Índice de saponificación, índice de peróxido, porcentaje de materia insaponificable, densidad e índice de refracción, por

medio de métodos analíticos de acuerdo a la norma técnica colombiana.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSION

### 3.1 Rendimiento

El rendimiento del aceite crudo obtenido de las vísceras de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) en época de verano, indicados en la **tabla 1**, mostró un mejor valor que en época de invierno. Sin embargo, en un estudio realizado por Guerra [5], el rendimiento del aceite obtenido de las vísceras de pacú (*Piaractus mesopotamicus*) fue de un 42,53%, confirmando lo que dice Santos [6], que el contenido de lípidos en las vísceras de pescados puede ser de hasta un 45%. Lo anterior denota que el rendimiento en aceite de vísceras de las especies estudiadas en el presente trabajo se encuentra en porcentajes significativos.

Las diferencias observadas en el contenido lipídico de las muestras estudiadas, pueden estar relacionadas con las condiciones ambientales de la zona al momento de la captura (salinidad, temperatura, clorofila, oleaje), la disponibilidad de alimentos, diferencias biológicas como la especie, el tamaño, el sexo, el comportamiento migratorio y el ciclo biológico o desove de la especie entre otros factores (endógenos y/o exógenos), que pudieron influir en la variabilidad de los lípidos [7].

**Tabla 1.** Rendimiento de los aceites crudos y refinados obtenidos de las vísceras de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y la tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) en época de verano e invierno.

Aceite	Rendimiento	
	Crudo <sup>a</sup>	Refinado <sup>b</sup>
<b>Bocachico en verano</b>	37,45 ± 0,74	61,50 ± 3,11
<b>Tilapia plateada en verano</b>	29,13 ± 0,68	73,25 ± 2,36
<b>Bocachico en invierno</b>	29,75 ± 2,34	58,00 ± 2,58
<b>Tilapia plateada en invierno</b>	25,60 ± 1,08	69,25 ± 1,71

<sup>a</sup> Expresado en g de aceite/100g de vísceras de pescado limpias. Medias ± desviación estándar de cuatro repeticiones.

<sup>b</sup> Expresado en ml de aceite refinado / 100ml de aceite crudo de pescado. Medias ± desviación estándar

Por otro lado, Los rendimientos en el aceite refinados de bocachico y tilapia plateada variaron con respecto al aceite crudo como era de esperarse, debido a que durante las etapas de refinación se retiran gomas, ácidos grasos libres y productos de oxidación lipídica que disminuyen la proporción inicial del aceite a refinar [8].

**3.2 Caracterización fisicoquímica:** Los valores de las características fisicoquímicas evaluadas en el aceite crudo y refinado extraído de las vísceras de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) en verano e invierno se muestran en la tabla 2 y tabla 3

**Tabla 2.** Propiedades fisicoquímicas del aceite crudo obtenido de las vísceras de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) capturadas en época de verano e invierno de la Ciénaga de Zapatos

Parámetro	Und	Aceite crudo			
		Verano		Invierno	
		Bocachi co	Tilapi a	Bocachi co	Tilapi a
Acidez	% ácido oléico	15,052 ± 3,042	9,658 ± 0,969	9,051 ± 6,509	18,180 ± 3,603
Índice de yodo (II)	cg I <sub>2</sub> /g	81,473 ± 1,004 <sup>a</sup>	73,903 ± 1,087 <sup>b</sup>	77,392 ± 1,560 <sup>c</sup>	73,852 ± 2,179 <sup>d</sup>
Índice de Saponificac (IS)	mgKO H/g	201,300 ± 3,715	254,68 4 ± 7,415	193,034 ± 3,798	220,88 7 ± 4,690
Índice de peróxido (IP)	meqO <sub>2</sub> /kg	3,993 ± 1,411	1,682 ± 0,014	4,641 ± 0,561	5,211 ± 1,248
Materia Insaponif (MI)	%	0,345 ± 0,007	0,395 ± 0,021	0,335 ± 0,163	0,395 ± 0,049
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	0,901 ± 0,008	0,904± 0,005	0,901 ± 0,001	0,899 ± 0,002
Índice de refracción	a 40°C	1,464 ± 0,000	1,464 ± 0,000	1,464 ± 0,001	1,465 ± 0,001

Medias ± desviación estándar de tres repeticiones.

**Tabla 3.** Propiedades fisicoquímicas del aceite refinado obtenido de las vísceras de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) capturadas en época de verano e invierno de la Ciénaga de Zapatos

Parámetro	Und	Aceite Refinado			
		Verano		Invierno	
		Bocachi co	Tilapi a	Bocachi co	Tilapi a
Acidez	% ácido oleico	2,789 ± 0,181	2,547 ± 0,613	1,522 ± 1,448	1,414 ± 1,103
Índice de yodo (II)	cg I <sub>2</sub> /g	86,642 ± 2,294	76,905 ± 1,082	79,506 ± 1,954	75,93 6 ± 2,442
Índice de Saponificac (IS)	mgKO H/g	206,820 ± 18,215	252,64 6 ± 6,582	187,847 ± 5,824	206,4 38 ± 12,56 32
Índice de peróxido (IP)	meqO <sub>2</sub> /kg	11,991 ± 2,1341	16,460 ± 4,653	10,951 ± 2,381	16,01 7 ± 3,855
Materia Insaponif (MI)	%	0,290 ± 0,028	0,315 ± 0,078	0,275 ± 0,163	0,335 ± 0,049
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	0,904 ± 0,004	0,905 ± 0,005	0,900 ± 0,001	0,899 ± 0,003
Índice de refracción	a 40°C	1,464 ± 0,000	1,465 ± 0,000	1,465 ± 0,000	1,466 ± 0,001

Medias ± desviación estándar de tres repeticiones.

**3.2.1. Acidez:** Los valores encontrados para la acidez, estadísticamente no presentaron diferencias significativas entre los aceites de las especies. Sin embargo, el valor de acidez libre en los aceites crudos de ambas especies en época de verano e invierno, estuvo muy por encima de los límites señalados por Bimbo [9] para estándares de calidad de aceite crudo de pescados (1-7%). Estos altos valores coincidieron con los reportados por Morales & Navarro [10], trabajo en el cual se evaluó las características del aceite producido a partir de las vísceras de la tilapia plateada, frente al mismo producto generado en ambientes de cultivo. En esta condición, el aceite de vísceras de tilapia plateada capturada en la Ciénaga de Zapatos, extraído bajo las mismas condiciones, mostró un 15,72% de acidez. Estas variaciones de acidez en el aceite se pueden deber a los hábitos alimenticios de la especie, a la naturaleza y calidad de la

materia prima, al grado de pureza de la grasa, como también al procesamiento y condiciones de conservación del aceite [11].

La etapa de neutralización disminuye la cantidad de compuestos polares, lo que genera la eliminación de ácidos grasos libres y por ende una baja acidez y pigmentación, por lo cual el aceite crudo siempre presentará una disminución de acidez al ser refinado [12].

**3.2.2. Índice de yodo:** El Índice de yodo es un indicativo cualitativo de los aceites, es decir, cuanto mayor sea la insaturación de un ácido graso, mayor será su capacidad de absorción de yodo [11]. Por lo tanto, los resultados en los aceites crudos de vísceras de bocachico y tilapia plateada indican una proporción en ácidos grasos mono y poliinsaturados similar durante las épocas de verano e invierno, aunque difieren un poco con respecto a la especie.

Los aceites de vísceras de ambas especies manejaron valores por debajo de los 100 Cgl<sub>2</sub>/g, lo que los ubica como aceites no secantes, por lo que pueden ser usados en el uso de cosméticos, por la facilidad con que son absorbidos por la piel ya que no exceden su índice de yodo de 110 Cgl<sub>2</sub>/g [13].

**3.2.3. Índice de saponificación:** Los resultados obtenidos demuestran que los valores de índice de saponificación en los aceites crudos de vísceras de bocachico (201,300 mgKOH/g en verano y 193,034 mgKOH/g en invierno) son los más próximos a los límites establecidos en la norma técnica del Codex [14], la cual considera normales valores entre 184 a 196 mgKOH/g, a diferencia del índice de saponificación encontrado en el aceite crudo obtenido de vísceras de tilapia en época de verano e invierno (254,684 y 220,887 mgKOH/g, respectivamente), el cual sobrepasa estos límites.

Las grasas y aceites de alto peso molecular tienen menor índice de saponificación que las de bajo peso molecular [15]. Con base a esto, es posible que los aceites crudos de ambas especies durante la época de verano contengan mayor proporción de ácidos grasos de bajo peso molecular por reportar altos índices de saponificación.

El valor de saponificación del aceite crudo se redujo en el aceite refinado mostrando también diferencias significativas. Esta reducción se debe a que en el aceite refinado existe menor presencia de ácidos

grasos libres que puedan reaccionar con el hidróxido de potasio requerido para la formación de jabón [13].

**3.2.4. Índice de peróxido:** Los resultados de índice de peróxido no mostraron diferencias significativas entre especies ni entre épocas. El índice de peróxidos es un indicativo del avance de la oxidación lipídica, la cual es favorecida por la presencia de ácidos grasos insaturados, por lo que a mayor presencia de estos últimos, mayor será el índice de peróxido [16]. El porcentaje de materia insaponificable, para este mismo autor, es una propiedad fisicoquímica que reviste interés nutricional debido a que contiene principalmente esteroides, de los cuales destacan el colesterol, y vitaminas liposolubles especialmente A, D y E

El valor de peróxido en todos los aceites refinados obtenidos no mostraron diferencias significativas, pero si superan el valor estándar de 10 meq/kg según el Codex [12], lo que hace que estos aceites no sean aptos para consumo. Este aumento de índice de peróxido es posiblemente por la exposición a altas temperaturas a las que es sometido el aceite crudo durante el proceso de refinación, lo cual genera un acelerado proceso de oxidación, fenómeno observado por Crexi [17] en el aceite refinado a partir de residuos de corvina (*Micropogonias furnieri*).

**3.2.5. Materia insaponificable:** Los resultados no mostraron diferencias significativas entre especies ni entre épocas. Estos valores presentes en el aceite de pescado reviste interés nutricional debido a que contiene principalmente esteroides, de los cuales destacan el colesterol, y vitaminas liposolubles especialmente A, D y E [16]. Esta propiedad fisicoquímica mostró valores entre 0,3 – 0,4% en los aceites crudos de vísceras de bocachico y tilapia plateada, valores no afectados por las épocas de verano e invierno.

**3.2.6. Densidad e Índice de refracción:** La densidad e Índice de refracción en los aceites crudos y refinados obtenidos de vísceras de bocachico y tilapia, tanto en invierno como en verano, no presentaron diferencias significativas. El proceso de refinación no influye sobre estas características físicas, por lo que no se observaron diferencias en relación a los aceites crudos [18].

El índice de refracción presentó rangos de 1,464 – 1,466 en todos los aceites tanto crudos como

refinados y estuvo dentro de lo establecido por el Codex [14] con los valores de 1,448 a 1,467 para aceites vegetales.

### 3.3. Perfil de ácidos grasos

La mayoría de los reportes científicos, sobre la composición de ácidos grasos de aceites de pescado no indican el tamaño de la muestra, la época de captura, ni hacen una descripción detallada del área geográfica donde se llevó a cabo el muestreo, lo cual complica las comparaciones entre patrones de ácidos grasos. Estos factores resultaron ser muy importantes por la alta variación existente en el perfil de ácidos grasos presente en el aceite crudo obtenido de las vísceras de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*), incluso en cada repetición realizada durante la misma época del año. En las **tablas 4 y 5** se aprecia los resultados de la caracterización de algunos ácidos grasos que presentaron relevancia entre los aceites crudos y refinados durante las épocas de verano e invierno.

Se observa que los valores en ácidos grasos saturados como el mirístico, el pentadecanóico, el esteárico y el araquídico, presentan pequeñas variaciones, incluso durante las diferentes épocas de verano e invierno. Por otro lado el ácido grasos saturado más relevante fue el palmítico, ácido graso que se produce naturalmente en el pescado, siendo una fuente de energía metabólica para su crecimiento [19]. Los valores de ácido palmítico para el aceite crudo obtenido de vísceras de bocachico fueron 33,25% en verano y 29,35% en invierno y para el aceite crudo obtenido de vísceras de tilapia plateada fueron 37,85% en verano y un 27,20% en invierno, valores próximos a los obtenidos por Luzia [20] en donde el curimbatá (*Prochilodus spp.*) reportó un 27,84% en verano y un 30,0% en invierno, y la tilapia (*Oreochromis spp.*) un 35,5% en verano y un 36,4% en invierno. Además los resultados reportados por Restrepo [21], muestra al ácido palmítico como el ácido graso dominante en especies de agua dulce.

**Tabla 4.** Contenido (cantidad relativa, %) de algunos ácidos grasos presentes en el aceite crudo obtenido de las vísceras de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) en época de verano e invierno.

Ácido graso	Cantidad relativa del ácido graso medida en forma del metiléster, %			
	Aceite crudo en verano		Aceite crudo en invierno	
	Bocach	Tilapia	Bocach	Tilapia
<b>Mirístico (C14:0)</b>	2,95 ± 0,35	3,00 ± 0,28	3,20 ± 0,42	2,90 ± 0,00
<b>Pentadecanóico (C15:0)</b>	1,30 ± 0,71	0,90 ± 0,71	1,25 ± 1,34	0,35 ± 0,07
<b>Palmítico (C16:0)</b>	33,25 ± 6,29	37,85 ± 11,95	29,35 ± 1,06	27,20 ± 0,99
<b>Palmitoléico (C16:1)</b>	9,80 ± 4,38	7,35 ± 3,18	5,90 ± 0,99	5,45 ± 0,35
<b>Esteárico (C18:0)</b>	8,70 ± 0,99	8,45 ± 2,19	7,30 ± 0,71	6,90 ± 0,28
<b>Oléico (C18:1n9c)</b>	13,70 ± 13,44	22,85 ± 13,36	20,90 ± 14,71	29,85 ± 0,35
<b>Linoléico (C18:2n6c)</b>	5,40 ± 3,96	7,15 ± 7,57	8,25 ± 4,60	11,35 ± 0,49
<b>Linoléico (C18:3n3)</b>	1,65 ± 0,07	1,35 ± 0,07	1,65 ± 1,20	1,05 ± 0,07
<b>Araquídico (C20:0)</b>	1,60 ± 1,84	1,75 ± 1,20	0,35 ± 0,21	0,25 ± 0,07
<b>Araquidónico (C20:4n6)</b>	1,35 ± 0,64	1,05 ± 0,64	0,90 ± 0,57	0,65 ± 0,07
<b>Eicosapentaenoico (C20:5n3)</b>	0,60 ± 0,01	0,20 ± 0,01	0,45 ± 0,49	0,10 ± 0,00
<b>Docosahexaenoico (C22:6n3)</b>	0,70 ± 0,00	0,65 ± 0,07	0,65 ± 0,21	0,60 ± 0,14

Fuente: Los Autores

**Tabla 5.** Contenido (cantidad relativa, %) de algunos ácidos grasos presentes en el aceite refinado obtenido de las vísceras de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) en época de verano e invierno.

Ácido graso	Cantidad relativa del ácido graso medida en forma del metiléster, %			
	Aceite refinado en verano		Aceite refinado en invierno	
	Bocach	Tilapia	Bocach	Tilapia
<b>Mirístico (C14:0)</b>	3,15 ± 0,35	2,80 ± 0,07	3,3 ± 0,51	2,8 ± 0,14
<b>Pentadecanóico (C15:0)</b>	1,40 ± 0,71	0,40 ± 0,21	1,3 ± 1,13	0,3 ± 0,00
<b>Palmitóico (C16:0)</b>	35,75 ± 7,00	29,40 ± 0,92	29,8 ± 1,11	28,1 ± 0,57
<b>Palmitoléico (C16:1)</b>	10,00 ± 4,81	5,60 ± 0,21	5,8 ± 0,92	4,9 ± 0,00
<b>Esteárico (C18:0)</b>	9,10 ± 1,41	7,00 ± 0,21	7,25 ± 0,70	7,05 ± 0,07
<b>Oléico (C18:1n9c)</b>	13,10 ± 12,16	29,20 ± 4,24	20,3 ± 11,93	30,15 ± 0,21
<b>Linoléico (C18:2n6c)</b>	5,10 ± 3,96	11,40 ± 2,19	8,45 ± 4,07	11,7 ± 0,14
<b>Linolénico (C18:3n3)</b>	1,65 ± 0,07	1,30 ± 0,07	1,75 ± 1,20	0,95 ± 0,07
<b>Araquídico (C20:0)</b>	1,20 ± 1,27	0,60 ± 0,42	0,35 ± 0,21	0,3 ± 0,00
<b>Araquidónico (C20:4n6)</b>	1,00 ± 0,14	0,70 ± 0,07	0,95 ± 0,57	0,55 ± 0,07
<b>Eicosapentaenoico (C20:5n3)</b>	0,50 ± 0,28	0,70 ± 0,14	0,85 ± 0,21	0,75 ± 0,07
<b>Docosahexaenoico (C22:6n3)</b>	0,50 ± 0,28	0,75 ± 0,07	0,85 ± 0,21	0,75 ± 0,14

Fuente: Los Autores

Por otro lado, se destaca la presencia de los ácidos linolénico, linoléico y araquidónico, considerados especialmente como ácidos grasos esenciales, los cuales según la experiencia con ratas, indican que estos ácidos grasos, especialmente el ácido graso linoléico y sus derivados, desempeñan un papel específico en el desarrollo y la función del cerebro y de la retina [22]. En el presente estudio, el ácido linoléico se presenta en mayor cantidad en el aceite crudo de tilapia plateada (7,15% en verano y

11,35% en invierno) que en el aceite crudo de bocachico (5,4% en verano y 8,25% en invierno).

En ambas épocas, el aceite crudo de bocachico posee un poco más de ácido linolénico y araquidónico en comparación al aceite crudo de tilapia plateada bajo las mismas condiciones. Una explicación para esta diferencia entre especies puede estar en los hábitos alimenticios, la cual es una especie de hábitos bentónicos y alimentación detritívora-ilófaga, tiene posibilidades de consumir una mayor proporción de alimentos de origen natural, quizás con un mayor contenido de ácidos grasos, como sería el caso de las algas. Las algas de agua dulce, generalmente, son ricas en ácido alfa-linolénico o ALA [23].

Por otro lado, la baja presencia del ácido araquidónico en el aceite crudo de bocachico y tilapia plateada en época de invierno (0,90% y 0,65%, respectivamente) con respecto a la época de verano (1,35% en bocachico y 1,05 en tilapia plateada), puede ser por un bajo desempeño reproductivo de la especie en dicha época [24].

El ácido oleico, seguido del ácido palmítico, fue uno de los más representantes dentro de la gama de ácidos grasos contenidos en los aceites crudo de vísceras de bocachico y tilapia plateada en las distintas épocas. Este ácido se encontró en mayor proporción en la época de invierno con un 20,9% para aceite crudo de vísceras de bocachico y un 29,8% para aceite crudo de vísceras de tilapia plateada, caso contrario al ocurrido con el ácido palmitoléico, resaltado por pertenecer al grupo de ácidos grasos insaturados.

La mayoría de los peces de agua dulce pueden realizar las reacciones de conversión de ácido alfa-linolénico (ALA) a ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA), razón por la cual pueden presentar altos contenidos de estos últimos [25]. En este trabajo no se observaron diferencias significativas entre los valores de EPA y DHA obtenidos en los diferentes aceites crudos de bocachico y tilapia plateada en época de verano (0,6% y 0,2% en EPA y 0,7% y 0,65% en DHA, respectivamente) e invierno (0,45% y 0,1% en EPA y 0,65% y 0,6% en DHA, respectivamente). El alto contenido de DHA en el pescado es consecuencia del consumo de fitoplancton (rico en AGPI n-3), que contribuye a la adaptación de los peces a las aguas frías [26], lo que atribuye a decir que las pequeñas variaciones de aumento de DHA en el aceite crudo

de bocachico y tilapia plateada durante el verano, puede deberse a que estas especies durante el período seco se alimenta de algas que crecen adheridas a las rocas y palos sumergidos [27].

La desviación estándar observada en los ácidos grasos y en la cantidad total de ácidos grasos saturados e insaturados presente en los aceites crudos (ver tablas 6 y 7), se debe a la alta variabilidad de las muestras dado su carácter biológico, ya que se sabe que los valores de ácidos grasos dependen de factores bióticos como la especie del pescado y estado fisiológico, así como de factores abióticos como el lugar, la época de captura y el proceso industrial al que se someta [28]. Además Stansby dice que tal diferencia se detecta en especies de peces provenientes de una misma área geográfica, así como en aquellos capturados en diferentes épocas del año y que por tal razón, los patrones de ácidos grasos publicados para algunas especies, están dados en intervalos o promedios, que suelen ser muy amplios, aun cuando los tamaños de muestra fueron muy grandes [29].

**Tabla 6.** Contenido (cantidad relativa, %) de ácidos grasos, saturados, insaturados y trans, en forma de metilésteres (FAME), presentes en el aceite crudo de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) en época de verano e invierno.

Ácidos grasos	Cantidad relativa (%) del ácido graso medida en forma del metiléster, presentes en el aceite crudo.			
	Verano		Invierno	
	Bocachico	Tilapia	Bocachico	Tilapia p
Saturad	50,2 ± 10,89	53,45 ± 17,75	44,05 ± 4,60	40,2 ± 2,69
Insatur	37,35 ± 11,53	40,05 ± 15,49	42,8 ± 14,28	50,5 ± 2,55
Trans	-	-	0,2 ± 0,14	0,2 ± 0,14

Medias ± desviación estándar de tres repeticiones.

**Tabla 7.** Contenido (cantidad relativa, %) de ácidos grasos, saturados, insaturados y trans, en forma de metilésteres (FAME), presentes en el aceite refinado de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) en época de verano e invierno.

Ácidos grasos	Cantidad relativa (%) del ácido graso medida en forma del metiléster, presentes en el aceite refinado			
	Verano		Invierno	
	Bocachico	Tilapia	Bocachico	Tilapia p
Saturad	52,85 ± 11,10	39,95 ± 0,21	44,45 ± 5,16	39,15 ± 0,07
Insatur	35,4 ± 11,46	48,5 ± 5,23	42,45 ± 14,92	53,10 ± 0,00
Trans	-	-	0,2 ± 0,14	0,2 ± 0,14

Medias ± desviación estándar de tres repeticiones.

En las tablas 6 y 7 se evidencia que los aceites crudos de tilapia plateada alcanzan valores más altos en ácidos grasos insaturados incluso luego de su refinación, en comparación con el aceite crudo de bocachico durante las épocas de verano e invierno. En cuanto a los ácidos grasos saturados, su aumento confirma lo dicho por el índice de saponificación el cual ubicó al aceite crudo de bocachico y tilapia plateada durante el verano con un alto contenido en ácidos grasos de alto peso molecular, como se indicó anteriormente.

Por otro lado, se observan las variaciones existentes de ácidos grasos en los aceites refinados. Posiblemente estas variaciones se deban a la acción del refinado químico sobre el aceite crudo, puesto que al reducir la cantidad de ácidos grasos e impurezas, se aumentan las proporciones de estos en el aceite refinado, lo que también puede darse a la acción oxidativa de ácidos grasos insaturados, la cual se acelera por la exposición de los aceites crudos a las diferentes temperaturas del durante el refinado.

#### 4. CONCLUSIONES

El rendimiento de aceite crudo obtenido de las vísceras de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) en las épocas de verano e invierno, osciló entre 25,6 y

37,45%, siendo las vísceras de bocachico las de mayor contenido lipídico. Los mejores rendimientos en aceites crudos y refinados se presentaron durante la época de verano, observándose en estos últimos mejores porcentajes en los aceites de vísceras de tilapia plateada.

Las propiedades fisicoquímicas evaluadas a los aceites crudos y refinados de vísceras de bocachico y tilapia plateada se encontraron dentro de las características referidas para aceites de pescado, aunque con los análisis estadísticos aplicados se evidenció en algunas, valores fuera de lo normal, como fue el caso de la acidez, el índice de yodo y el índice de saponificación, constatándose que los mismos aceites presentaban variabilidad tanto con respecto a la especie como a la época.

Los valores en índice de yodo estuvieron por debajo de los aceites de pescado, sin embargo, esta condición es propia de los aceites no secantes, por lo que los aceites de vísceras de las especies estudiadas pueden ser útiles en la industria cosmética y farmacéutica. En el índice de saponificación solo los aceites crudos y refinados de vísceras de bocachico se aproximaron a los límites establecidos en la norma técnica del Codex (1999).

Los valores de índice de peróxido en aceites refinados de vísceras de bocachico y tilapia plateada evidenciaron una alta oxidación, lo que los hace no aptos para consumo humano.

En los lípidos totales de las vísceras de las especies analizadas, el ácido palmítico fue el ácido graso más dominante entre los aceites crudos de las especies bocachico y tilapia plateada. Este estuvo presente en ambas especies durante la época de verano, siendo el aceite crudo de vísceras de bocachico el que manifestó mayor contenido de este ácido. Este aceite también es rico en ácidos insaturados como el linolénico y el araquidónico. También se destacó la presencia de ácidos grasos esenciales como el linoléico, siendo el aceite crudo de vísceras de tilapia el de mayor contenido, el cual también mostró prevalencia en ácido oleico, haciendo de este un aceite con características funcionales.

En relación al contenido de omega 3, en especial el de ácidos como el eicosapentaenoico (EPA) y el docosahexaenoico (DHA), se observó que su

mayor producción se dio durante la época de verano, y tuvo mayor prevalencia en el aceite crudo de vísceras de bocachico.

La evaluación de los aceites crudos y refinados nos permite afirmar que las épocas del año si generan cambios realmente significativos vistos a pequeña escala, por lo que en el presente trabajo podemos tomar a la época de verano como la más adecuada para la extracción de aceite de víscera de bocachico y tilapia plateada.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Jiménez, L., Palacio J. y López R. (2009). Características biológicas del blanquillo (*sorubim cuspicaudus*) littmann, burr y nass, 2000 y bagre rayado (*pseudoplatystoma magdaleniatum*) buitrago-suárez y burr, 2007 (siluriformes: pimelodidae) relaciones con su reproducción en la cuenca media. *Actual Biol.* 31 (90). p. 53-66.
- [2] Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER). (2007). Cuadro estadístico pesquero del Cesar.
- [3] Guerra, J. y Oña, M. (2008). Obtención de aceite de vísceras de pescado, caracterización de los ácidos grasos presentes y su efecto en la alimentación de pollos parrilleros y trucha arco-irris. Trabajo de conclusión de curso (Ingeniería Agropecuaria)- Instituto Agropecuario Superior Andino, Escuela Politécnica del Ejército – Espe. Sangolqui, Ecuador. 137 F.
- [4] Morais, M.M. (2001). Estudo do processo de refino do óleo de pescado. *Revista Instituto Adolfo Lutz.* V.60, N.1, P.23-33.
- [5] Guerra, J. (2012). Extracción y caracterización de aceites de residuos de peces de agua dulce. Tesis para obtención de título de maestría en ciencias, Universidad De Sao Paulo, Facultad de zootecnia e ingeniería de alimentos. Pirassununga, Brasil.
- [6] Santos, F.F.P., Malveira, J.Q., Cruz, M.G.A. y Fernandes, F.A.N. (2010). Production of biodiesel by ultrasound assisted esterification of *oreochromis niloticus* oil fuel. Vol. 89. p. 275 – 279.
- [7] Martínez, R. (2009). Perfil de Ácidos Grasos de peces marinos comerciales de las familias: Carangidae (*Trachurus lathami*); Clupeidae (*Sardinella aurita*, *Harengula clupeiola*, *Ophisthonema oglinum*); Mugilidae (*Mugil liza*) Y Sciaenidae (*Cynoscion leiarchus*, *Micropogonias*

*furnieri*). Universidad de oriente Núcleo de sucre. Cumaná, Venezuela

- [8] Graciani, E, Castellano, M.P. y Ruiz-Mendez, M.V. (2012). Los aceites y grasas. Refinación y otros procesos de transformación industrial. 1era Edición. Sevilla, España. Madrid Vicente.
- [9] Bimbo, A. P. (1999). Pautas para la clasificación del aceite de pescado comestible. A y G., 36. p. 410-421.
- [10] Morales, J. A. y Navarro, A. (2013). Obtención y evaluación del aceite de vísceras de tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) en el centro Biotecnológico del caribe SENA regional Cesar y la ciénaga de Zapatosa. Universidad Popular del Cesar. Colombia.
- [11] Morreto, E. y Fett, R. (1998). Tecnología de óleos e gorduras vegetais na industria de alimentos. São Paulo: Varela. P.150.
- [12] Hernández, C. y Mieres, A. (2005). Extracción y purificación del aceite de la almendra del fruto de la palma de corozo (*Acrocomia Aculeata*).
- [13] Londoño, P., Mieres – Pitre, A. y Hernández C. (2012). Extracción y caracterización de aceite crudo de la almendra de durazno. Avances en Ciencias e Ingenierías.
- [14] Codex. Committee on Food Import and Export Inspection and Certification Systems. (1999).
- [15] Bailey, Alton E. (1961). Aceites y grasas industriales. 2da. Edición. Zaragoza, España: Editorial Reverté.
- [16] Aquerrera-Apestequia, Y. (2000). Alimentos, composición y propiedades, Madrid, España. 2da Edición. p. 29-52. Mc Graw-Hill-Interamericana
- [17] Crexi, V. T., Grunennvaldt, F. L, Soares, L. A. S. y Pinto, L. A. (2007). Los aceites refinados corvina (*micropogonias furnieri*) de los procesos de ensilaje ácido y termomecánica harina. Revista Instituto Adolfo Lutz.
- [18] Villacrés, E. M., Navarrete, Lucero O., Espin S. y Peralta García E. L. (2010). Evaluación del rendimiento, características físico-químicas y nutraceúticas del aceite de chocho (*lupinus mutabilis sweet*). Revista Tecnológica-Espol. Vol. 23, No 2. ISSN 1390-3659
- [19] Sargent ell, J. R., Tocher, D. R. y Bell, J.G. (2002). The lipids. In fish nutrition. 3rd Edition. P. 181-257.
- [20] Luzia, L.A., Sampaio, G.R. y Castellucci, C.M. (2003). The influence of season on the lipid profiles of five commercially important species of brazilian fish.
- [21] Restrepo, T. I., Gonzalo, J. y Pardo, S. (2012). "Freshwater fish as a functional food: fatty acid profile in polyculture of tilapia and bocachico "biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial". 10.2: 44-53.
- [22] Abbott, D. (1970). Introducción a la Cromatografía. Segunda Edición Española. Editorial Alambra S.A.
- [23] Van Dam, A.A., Beverige, M.C.M., Azim, M.E. y Verdegem, M.C.J. (2002). The potential of fish production based on periphyton. Reviews in fish biology and fisheries, 12(1). p. 1–31.
- [24] Bell, M., Dick, J.R., Thrush, M. y Navarro, J.C. (1996). Decreased 20:4n-6 / 20:5n-3 ration in sperm from cultured sea bass, *dicentrarchos labray*, broodstock compared with wild fish. Aquaculture, 194. p.189-199.
- [25] Brett, M.T., Müller-Navarra, D.C. y Persson, J. (2009). Lipids in aquatic ecosystem. p.115-143. New York, Ny: Springer New York.
- [26] Carrero, J. J. (2005). "Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta." Nutrición Hospitalaria. 20.1: p. 63-69.
- [27] Maldonado-Ocampo, J. A., y Usma, J. S. (2006). Estado del conocimiento sobre peces dulceacuícolas en Colombia. Informe Nacional sobre el avance en el conocimiento y la información sobre la biodiversidad 19982004.
- [28] Castro-González, M. I., Ojeda, V. A., Montañó, B. S., Ledesma, C. E. y Pérez-Gil, R. F. (2007). Evaluación de los ácidos grasos n-3 de 18 especies de pescados marinos mexicanos como alimentos funcionales. Arch. Lat. Nutr, 57(1), 85-93.
- [29] Stansby, M. (1963). Composicion of fish. in: industrial fishery technology. ed. reinhold publishing corporation. New York. p. 339-374.