

Estudio comparativo de la composición nutricional, antioxidante y sensorial en *Chaetostoma fischeri* y *Saccodon wagneri* en La Maná, Ecuador

Comparative study of the nutritional composition, antioxidant and sensory in *Chaetostoma fischeri* and *Saccodon wagneri* in La Maná, Ecuador

Yuniel Méndez-Martínez^{1*}, Gissela Fernanda Avila-Cajas², Juan Pablo Ordoñez-Iglesias¹, Mariela Carolina Lojan-Avellan¹,
Danis Manuel Verdecia-Acosta³, Jorge Luis Ramírez-de la Ribera³ y Delsito Difilo Zambrano-García¹

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas. Quevedo, Los Ríos, Ecuador. ²Negocios Industriales Real NIRSA S.A. Posorja, Guayas, Ecuador. ³Universidad de Granma (UDG), Centro de Estudio de Producción Animal. Bayamo, Granma, Cuba.

*Correo electrónico: ymendezm@uteq.edu.ec

RESUMEN

Dada la importancia de los peces de agua dulce en la dieta de los ecuatorianos, existe la imperiosa necesidad de conocer más acerca de la calidad de las carnes de las especies nativas de peces en el Ecuador; por ello se realizó el estudio comparativo de la composición nutricional, antioxidante y sensorial del campeche (*Chaetostoma fischeri*) y la chola (*Saccodon wagneri*), procedentes de diferentes ríos en La Maná, Ecuador, en la época de verano. El peso promedio de *C. fischeri* fue de 450,5 gramos (g) y de talla 151 centímetros (cm) y en *S. wagneri* de 420,5 g y 141 cm. Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres repeticiones, donde las variables en estudio estaban dispuestas en forma bifactorial 3x2 (Factor A = Quindigua, Calope, San Pablo; Factor B = *C. fischeri* y *S. wagneri*). La valoración química en el *C. fischeri* tuvo el nivel más alto en humedad (79,27 %) y proteína (27,36 %), mientras la *S. wagneri* en materia seca (32,80 %), lípidos (8,74 %), ceniza (9,14 %) y en elementos no nitrogenados (25,11 %). En cuanto a la actividad antioxidante, mostraron una elevada actividad de superóxido dismutasa (SOD) en el *C. fischeri* (7,63 unidades-miligramos⁻¹-U-mg⁻¹- proteína) en comparación con la *S. wagneri* (12,60 U-mg⁻¹-U-mg⁻¹- proteína). Mediante Absorción atómica se determinó la cantidad de mercurio en el campeche (49 microgramos-kilogramos⁻¹-µg.kg⁻¹) y en la chola (48 µg.kg⁻¹). En el presente estudio hubo interacción río x especie con el mejor desempeño para *C. fischeri* en los ríos Quindigua y Calope en cuanto a la composición química, actividad antioxidante y análisis sensorial, con los mayores valores en proteína, bajos en lípidos, adecuados resultados en cuanto al olor, color, textura y aceptabilidad.

Palabras clave: Lípidos; proteínas; peces de agua dulce; superóxido dismutasa

ABSTRACT

Given the importance of freshwater fish in the diet of Ecuadorians, there is an urgent need to know more about the quality of meat from native fish species in Ecuador; therefore, a comparative study of the nutritional composition, antioxidant and sensory in campeche (*Chaetostoma fischeri*) and chola (*Saccodon wagneri*), coming from different rivers in La Maná, Ecuador, on the summer season. The average weight of *C. fischeri* was 450.5 grams (g) and length 151 centimeters (cm) and in *S. wagneri* is 420.5 g and 141 cm. A completely randomized design was used, with three replications, where the variables under study were arranged in a 3x2 bifactorial form (Factor A=Quindigua, Calope, San Pablo; Factor B = *C. fischeri* and *S. wagneri*). The chemical evaluation in *C. fischeri* had the highest level in moisture (79.27%) and protein (27.36%), while *S. wagneri* in dry matter (32.80%), lipids (8.74%), ash (9.14%) and in non-nitrogenous elements (25.11%). Regarding antioxidant activity, they showed a high superoxide dismutase (SOD) activity in *C. fischeri* (7.63 units. milligrams⁻¹-U-mg⁻¹- protein) compared to *S. wagneri* (12.60 U-mg⁻¹-U-mg⁻¹- protein). Atomic absorption determined the amount of mercury in the campeche (49 micrograms-kilograms⁻¹-µg.kg⁻¹) and in the chola (48 µg.kg⁻¹). In the present study, there was river x species interaction with the best performance for *C. fischeri* in the Quindigua and Calope rivers in terms of chemical composition, antioxidant activity and sensory analysis, with the highest values in protein, low in lipids, adequate results in terms of odor, color, texture and acceptability.

Key words: Freshwater fish; lipids; proteins; superoxide dismutase

INTRODUCCIÓN

Los precios nominales del pescado se incrementarán a una tasa entre 0,8-1,6 % anualmente durante el periodo 2021-2030, donde el crecimiento más fuerte ocurrirá en 2022, cuando se espera que los efectos negativos de la pandemia de COVID-19 terminen. Se prevé que, en términos reales, todos los precios del pescado bajarán durante el periodo; la acuicultura, 0,3 %; la pesca de captura, 1,1 %; el pescado comercializado, 0,9 %; la harina de pescado, 0,6 %; y el aceite de pescado, 0,4 %. Se considera que la producción mundial de pescado crecerá a 1,2 % anual durante el periodo de las perspectivas y una desaceleración relativa en comparación con el crecimiento de 2,1 % anual de la década anterior. Se espera que la producción llegue a 201 millones de toneladas (Mt), lo que representa un incremento total de 23 Mt (+12,8 %) desde el periodo base (promedio de 2018-2020) hasta 2030. La mayor parte del crecimiento se registrará en los países en desarrollo, en especial en Asia. Se espera que la producción de Acuicultura seguirá en aumento durante el periodo de las perspectivas (+23 % para 2030, a más de 2 % anual), aunque a un ritmo más lento del observado durante la década anterior (+4 % anual) [23].

En el Ecuador, según Jiménez y col. [14], se ha registrado la existencia mínima de 836 especies de peces continentales, de las cuales doce han sido introducidas con diferentes fines; 824 son especies primarias, estrictamente de agua dulce, distribuidas en las vertientes oriental y occidental, mientras que Revelo y Lazz [26] indican que, la producción de peces de agua dulce a nivel nacional se ha limitado a pocas especies nativas (*Colossoma macropomum*, *Dormitator latifrons*, *Prochilodus magdalenae*, entre otros; aproximadamente el 0,5 %) y especies introducidas como trucha (*Oncorhynchus mykiss*) (47,12 %) y tilapia (*Oreochromis niloticus*) (52,38 %) representan el 99,5 % de cultivos en proceso [16, 17, 18].

Sin embargo, cabe destacar que, los recursos y el hábitat de las especies de agua dulce están afectados debido al estrés inducido por la contaminación y el cambio climático, al traer consigo pérdida de la biodiversidad en especies nativas. Aspectos a tener en cuenta ya que en los últimos años, la comercialización de peces ornamentales se ha convertido en una actividad de gran importancia para la Acuicultura a nivel mundial; en donde se reconoce a países como Singapur, España, Japón, Malasia e Indonesia como los mayores productores y exportadores de peces de agua dulce. Los productos originados por las pesquerías se destacan entre los más comercializados dentro del sector alimenticio por su alto valor biológico, los cuales contribuyen a suplir la demanda de proteína (P) animal, además de ser fuente de vitaminas, minerales y lípidos (L) como omega-3 y omega-6, por lo que el consumo *per cápita* de pescado a nivel mundial, ha pasado de 9-20,5 kilogramos (kg) [32].

Generalmente, estas especies acuícolas presentan características propias definidas como su composición, valor nutritivo y calidad sensorial, que pueden estar influenciados por diversas variables como la especie, edad, medio en que viven, tipo de alimentación, época de captura, entre otros [10].

Diversos factores pueden incidir en la calidad del músculo de un pez, donde además de las características bioquímicas, nutricionales y microbiológicas, en diversas investigaciones se tienen en cuenta las sensoriales, en aras de proveer como alimento al consumidor en óptimas condiciones. De ahí la importancia de realizar estudios que aporten mayor información sobre la composición nutricional, antioxidante y sensorial en *Chaetostoma fischeri* y *Saccodon wagneri*, procedentes de diferentes ríos en la época de verano, en el Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se llevó a cabo en los ríos Quindigua, Calope y San Pablo, que se encuentran ubicados en el cantón la Maná, éste lugar se caracteriza por tener una extensa red fluvial (ríos, quebradas, esteros), que se unen con la cuenca de Quevedo y del Guayas. En la TABLA I se presentan las coordenadas de los ríos del cantón La Maná.

TABLA I
Coordenadas de los ríos del cantón La Maná

Indicadores	Ríos		
	Quindigua	Calope	San Pablo
Altitud	112 msnm	342 msnm	110 msnm
Latitud	-0,9333333	-1,15	0,9833333
Longitud	-79,3706100	-79,3667	-79,45
JOG	SA17-04	SA17-08	SA17-04
UTM	PU79	PU87	PU79

msnm: metros sobre el nivel del mar, JOG: caída de la catarata, SA: salto de agua, UTM: Universal Transversal de Mercator, PU punto de ubicación

Captura de organismos

Los muestreos se realizaron en los ríos de mayor importancia del Cantón la Maná (Quindigua, Calope y San Pablo). La pesca de las especies *C. fischeri* (campeche) y *S. wagneri* (chola) fueron hechas de manera artesanal, tomando una muestra de 30 ejemplares por cada río y especie para un total de 180, luego se procedió al pesaje y medición de los ejemplares capturados, utilizando una balanza digital de $\pm 0,001$ gramos (g) de precisión (PE 3600 Mettler-Toledo, Columbus, Ohio, EUA). Los peces fueron medidos con cinta métrica (Truper, 3m-Fh, Distrito Federal, MX) para su longitud total en centímetros (cm), abarcando desde la sínfisis mandibular hasta la extremidad distal del rayo más largo de la aleta caudal ventral, con el lóbulo extendido normalmente. Para *C. fischeri*, el peso promedio fue de 450,5 g y de talla 151 cm y en *S. wagneri* 420,5 g y 141 cm.

Luego se colocaron en una hielera [Matrix, capacidad para 40 litros (L)], incluyen pastillas de frío, las cuales consisten en una funda de polietileno de alta densidad que contiene un líquido congelante, el cual debe congelarse por 24 horas (h) a una temperatura de -20°C a -24°C , se registró la temperatura con un Data Logger testo 175 T2 (instrumentos testo S.A, Barcelona, ES) y se trasladó de manera inmediata hasta las instalaciones del laboratorio, donde fueron lavados con agua y se procedió a quitar sus escamas y eviscerado, con un cuchillo estéril [17, 18]. Para el fileteado se realizó un corte longitudinal a lo largo de la espina, la incisión se hizo detrás de la cabeza y hasta el espinazo [19].

Composición nutricional

La composición nutricional se realizó siguiendo los métodos recomendados por la Sociedad Oficial de Química Analítica [1]: humedad (HU) por secado a 110°C en una estufa (Kalstein, YR05260 (A), Kalstein, París, Francia) durante 24 h, P (nitrógeno $\times 6,25$) por el método de Kjeldhal, cenizas (C) por combustión a 550°C durante 12

h en una mufla (Yomato FO, F0510CR, Yamato Scientific America Inc.USA), L (extracto etéreo) por el método Soxhlet y extracto libre de nitrógeno (ELN)[1].

Actividad antioxidante de superóxido dismutasa (SOD)

Para determinar la actividad antioxidante mediante la aplicación de la enzima SOD, se ubicaron las muestras de las especies de pescado en un homogeneizador mecánico (Kalstein, YR02956, Kalstein, París, FR) que contenía 0,5 mililitros -mL- de buffer de fosfato (50 milimol -mM-, pH 7,8). Se centrifugó (Gemmy, PLC-05, Taipéi, TW) (5,724 G durante 5 minutos -min- a 4°C). Luego se incubaron (Memmert, WNB 10, Memmert GmbH-Co, Alemania) las muestras durante 5 min a 65°C. Se obtuvo la muestra sobrenadante a partir de la segunda centrifugación de crudo, del cual fue extraída y almacenada por separado a -20°C en congelador (MELING, DW-YL270, Labo mersa, EUA).

La actividad de la enzima SOD se determinó según la técnica aplicada Beauchamp y Fridovich [4], utilizando nitroazul de tetrazolio -NBT- en presencia de la vitamina riboflavina. Brevemente se realizó una mezcla de 2 mL de la reacción (0,1 mM de Ácido etilendiaminotetraacético, 13 micromolar - μ M- metionina, 0,75 mM NBT y 20 μ M riboflavina en 50 mM de buffer de fosfato a un pH de 7,8) y 100 microlitros - μ L- del extracto crudo se colocaron bajo la luz fluorescente durante 1 min o cuando el control alcanzara 0,2 a 0,25 de densidad óptica a 570 nanómetros. La actividad específica (Unidades por miligramos de proteína -U \cdot mg⁻¹ P-) se calculó con ayuda de Microsoft Excel [30].

Mercurio (Hg)

Para la determinación del Hg en el tejido muscular de los peces se pesaron 2 g de cada muestra por triplicado y colocadas en matraces de 30 mL de Mikrokjeldhal una cantidad equivalente fue pesada y llevada al horno por 24 h para determinar el porcentaje de humedad. A las muestras de harina contenidas en los matraces de Mikrokjeldhal se les colocó 10 mL de ácido nítrico concentrado llevando un blanco de reactivo por duplicado. Se dejaron reposar las muestras 12 h. Al día siguiente se colocaron en el digestor equipo microondas (MARS 6, marca CEM, EUA). Se trabajó en viales de teflón para digestión de alta presión (MARS EasyPrep., CEM, EUA) por aproximadamente 3 h hasta que las muestras se tornaron traslúcidas. Se dejaron enfriar las muestras y posteriormente se pasaron a matraces volumétricos de 25 mL, agregando pequeñas cantidades de agua desionizada al matraz Kjeldhal para ir lavándolo y pasar por completo las muestras digeridas, al igual que el blanco de reactivos [21]. Se prepararon las curvas de calibración, utilizando estándares certificados de acuerdo a las especificaciones señaladas en el manual del equipo de absorción atómica (Perkin Elmer Analyst 100, EUA) para cada uno de los elementos, utilizando una matriz ácida similar a las muestras digeridas. Todos los elementos se leyeron en la solución concentrada [15].

Análisis sensorial

Este ensayo se desarrolló con un panel semi-entrenado de 50 evaluadores del área del conocimiento "Nutrición y bromatología". Previo al análisis se llevaron a cabo dos sesiones de familiarización, para asegurar que los jueces entendían los atributos sensoriales a evaluar. Los atributos seleccionados para su evaluación fueron olor, color, textura y aceptabilidad del músculo.

Las muestras fueron tomadas inmediatamente después de la captura, donde se cortaron muestras de músculo epiaxial e hipoa-

axial para proceder a la aplicación de sal y el empaquetado de estas en papel aluminio etiquetado y almacenado en refrigeración. Luego se procedió a la cocción a una temperatura de 90°C durante 20 min y se retiró de la fuente de calor y se lo deja reposar durante 5 min, para luego transportarla debidamente etiquetadas a la zona de evaluación.

El análisis sensorial se llevó a cabo mediante pruebas afectivas con una escala ordinal valorada de 1 a 5.

Dónde **1**: No me gusta; **2**: Me gusta ligeramente; **3**: Ni me gusta, ni me disgusta; **4**: Me gusta; **5**: Me gusta mucho.

Diseño experimental y análisis estadísticos

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x2, tres Ríos Quindigua (A), Calope (B) y San Pablo (C) y especies pez de agua dulce *C. fischeri* (uno) y *S. wagneri* (dos). Se aplicó un análisis de varianza ($P < 0,05$) de clasificación doble considerando el río y la especie de pez como fuentes de variación. Se aplicaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov ($P < 0,05$) y Bartlett ($P < 0,05$) previo al análisis de varianza (ANOVA). La diferencia entre las medias se cuantificó mediante el Tukey ($P < 0,05$). Para el análisis sensorial se aplicó un análisis de Kruskal Wallis.

Se desarrolló un análisis de componentes principales (PCA) utilizando la matriz de covarianza. Todos los datos porcentuales se transformaron en logaritmo natural antes de los estadísticos. Los resultados se presentaron como medias \pm desviación estándar (SD). Para todo esto se empleó el programa estadístico SPSS versión 22.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los indicadores de la composición nutricional muestran interacción ríos x especies (TABLA II) para $P < 0,0001$, con los mayores valores para materia seca (MS), L, C y ELN en la especie *S. wagneri* en los ríos Calope, Quindigua y San Pablo (32,08; 8,74; 9,14 y 25,11 %, respectivamente). Mientras en *C. fischeri* fueron superiores la humedad (H) y la P, con 79,27 y 27,36 % en el río Calope, respectivamente.

Cabe destacar que por especies, los mayores resultados fueron para *C. fischeri* en la MS y los lípidos de 22,55 y 2,94 % en el río Quindigua; la H y P fueron para Calope (79,27 y 91,20 %). Mientras que, para C y ELN con 6,19 y 7,65 % fue para San Pablo.

En el caso de *S. wagneri* se comportó mejor en el río Calope en la MS y ELN (32,08 y 25,11 %), la H, P y C con 73,02; 81,44 y 9,14 % en San Pablo y solo los L en Quindigua fueron mayores con 8,74 %.

Los resultados reportados de la composición química de acuerdo con la interacción río x especie son superiores a los reportados por Peña y Vargas [25], los que al evaluar la composición química proximal del filete de *Hemiancistrus aspidolepis* se encontró que el agua fue el componente de mayor presencia en los filetes de los pescados, teniendo 80,69 %. Quienes además, obtuvieron valores mínimos de grasa total de 0,22 %, sin embargo se lograron extraer componentes importantes de ácidos grasos (AG) saturados, insaturados y poliinsaturados, mientras que las grasa trans y carbohidratos totales presentes fueron mínimos.

Por las características propias de los peces, la carne de pescado puede poseer altos contenidos de H de hasta un 80 %, lo cual puede favorecer el crecimiento de microorganismos trayendo consigo un rápido deterioro del alimento si no se conserva adecuadamente [13]. En este sentido, se ha reportado que existen diversos factores

TABLA II
Composición nutricional de *Chaetostoma fischeri* y *Saccodon wagneri*
capturados en diferentes ríos del Cantón la Maná

Especies	Ríos			EE ¹ ±	P
	Quindigua	Calope	San Pablo		
Materia seca, (%)					
<i>C. fischeri</i>	22,55 ± 1,07 ^c	20,73 ± 0,85 ^d	22,23 ± 0,76 ^c	1,75	0,0001
<i>S. wagneri</i>	29,05 ± 1,19 ^b	32,80 ± 0,89 ^a	26,98 ± 0,90 ^b		
Humedad, (%)					
<i>C. fischeri</i>	77,45 ± 1,07 ^b	79,27 ± 0,85 ^a	77,77 ± 0,76 ^b	1,88	0,0001
<i>S. wagneri</i>	70,95 ± 1,14 ^d	67,19 ± 0,89 ^e	73,02 ± 0,90 ^c		
Proteína, (%) en base seca					
<i>C. fischeri</i>	25,29 ± 0,59 ^b	27,36 ± 0,73 ^a	24,81 ± 0,55 ^b	1,48	0,001
<i>S. wagneri</i>	21,34 ± 0,34 ^c	18,17 ± 0,30 ^d	24,43 ± 0,45 ^b		
Lípidos, (%) en base seca					
<i>C. fischeri</i>	2,94 ± 0,32 ^b	1,77 ± 0,11 ^c	1,77 ± 0,11 ^c	0,58	0,0021
<i>S. wagneri</i>	8,74 ± 0,37 ^a	8,19 ± 0,92 ^{ab}	8,09 ± 0,36 ^b		
Ceniza, (%) en base seca					
<i>C. fischeri</i>	5,09 ± 0,44 ^e	5,26 ± 1,13 ^d	6,19 ± 0,20 ^c	1,019	0,0001
<i>S. wagneri</i>	7,95 ± 0,74 ^b	6,14 ± 0,58 ^c	9,14 ± 0,29 ^a		
Extracto Libre de Nitrógeno, (%) en base seca					
<i>C. fischeri</i>	7,26 ± 0,86 ^c	1,77 ± 0,36 ^d	7,65 ± 0,27 ^c	2,769	0,0034
<i>S. wagneri</i>	12,18 ± 0,25 ^b	25,11 ± 2,00 ^a	1,33 ± 0,88 ^d		

abcde: Valores con letras desiguales difieren para $P < 0,05$ (Tukey, 1949). EE¹±: Error estándar de la interacción ríos × especies

biológicos de la especie que influyen en el contenido de H, como el proceso de desove que incrementa la cantidad de agua en la carne, como consecuencia del agotamiento de las reservas energéticas y madurez sexual [6].

En cuanto al contenido de P en peces puede oscilar entre el 16 y el 21 %, pudiendo encontrarse también concentraciones hasta del 28 % [23]. Mientras que Triviño-Bravo y col. [31] reportaron en *Leporinus ecuadorensis* un 22,08 % de valor proteico. Por su parte, Izquierdo-Corser y col. [13] notificaron en *Colossoma macropomum*, *Hypostomus plecostomus*, *Prochilodus magdalenae*, *Argyrosomus regius*, *Cephalopholis argus*, *Merluccius hubbsi*, *Pargus pargus*, *Dicentrarchus labrax*, *Oreochromis mossambicus* y *Oncorhynchus mykiss* valores entre 18,70-25,53 %. Cabe mencionar que las diferencias en las concentraciones en P se deben al tipo de especie, aspecto que determina la calidad y cantidad de las P; así como, a los cambios que sufren las propiedades hidrodinámicas, la drástica disminución de su solubilidad y pérdida de las propiedades biológicas [12].

Por otra parte, los contenidos de grasa obtenidos con rango de 1,77-8,74 %; son similares a los obtenidos por Ciappini y col., Vásquez-Quispesivana y col. [6, 33], quienes al evaluar el perfil lipídico en boga (*Leporinus obtusidens*), dorado (*Salminus brasiliensis*) surubí (*Pseudoplatystoma coruscans*), vieja azul (*Andinoacara rivulatus*) y *Piaractus brachypomus* encontraron valores desde 4,9-8,7 %, respectivamente. Mientras que, Fontanarrosa y col., Molina y col. [9, 19] analizaron la composición nutricional de la carne de surubí y boga capturados en el río Paraná de la zona Barranqueras, encontraron

una media de L totales de 12,2 %. Sumado a lo anterior, se evaluó el contenido de L en *Brachyplatystoma rousseauxii*, *Leporinus striatus*, *Pseudoplatystoma tigrinum*, donde encontraron valores de 2,8; 8,6 y 16,9 %, siendo catalogada como carne magra para el primero y carne grasas para el segundo y tercero, respectivamente [32]; partiendo de esta referencia los valores de L obtenidos *C. fischeri*, muestran que su carne es magra, no así para *S. wagneri*.

En el presente trabajo, los análisis realizados mostraron que la especie con mayor cantidad de C fue la *S. wagneri* con valor de 9,14 % mientras que el *C. fischeri* con 6,09 % en el río San Pablo, y de acuerdo a la interacción entre los ríos (Quindigua, Calope y San Pablo) y especie (*C. fischeri* y *S. wagneri*). Según Peña-Navarro y Vargas-Alpizar [25], reportaron valores de C de 0,2 – 1,5 % en *Hemiancistrus aspidolepis*, los resultados alcanzados en el presente estudio no se encuentran dentro del rango, lo que puede estar dado a que los peces fueron capturados en la época después del desove, presentando mayores concentraciones de minerales (M) en su carne, ya que a mayor asimilación y absorción de nutrientes, el contenido de M disponibles es mayor. En este sentido, otros estudios muestran valores para: *A. rivulatus* de 1,55 % [12]; *L. obtusidens*, *S. brasiliensis*, *P. coruscans* de 0,90 % [6] y *L. ecuadorensis* de 1,63 % [31].

En cuanto a los elementos no nitrogenados obtenidos para *C. fischeri* se obtuvo 7,65 % mientras que en *S. wagneri* de 25,11 %, para los ríos: Calope (25,11 %), seguido de Quindigua (12,18 %), y San Pablo (7,65 %) (TABLA II), resultados que coinciden con los reportados por Badillo-Zapata y col. [2], en *Dormitator latifrons*, quienes reportaron incrementos de C en la medida que aumentaron los niveles de lípidos en

dieta, aspecto que demuestran que el anabolismo de los carbohidratos en los peces depende del tipo de alimentación, y estos pueden ser almacenados en forma de glicógeno, que se movilizará fácilmente en el momento en que la demanda energética lo requiera [22].

Al evaluar el contenido de Hg, los mayores valores fueron para los peces capturados en los ríos Calope y San Pablo, los que no defirieron significativamente con $50 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (FIG. 1). Resultados que

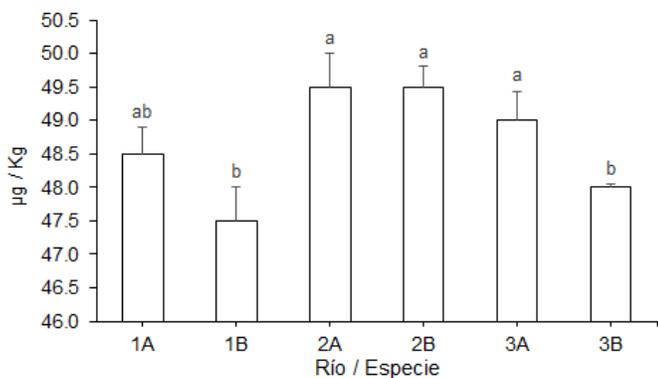


FIGURA 1. Contenido de mercurio según interacción ríos x especies. 1A=Quindigua/ *C. fischeri*, 1B=Quindigua/ *S. wagneri*, 2A=Calope/ *C. fischeri*, 2B=Calope/ *S. wagneri*, 3A=San Pablo/ *C. fischeri* y 3B= San Pablo/ *S. wagneri*

son inferiores a los reportados por Ernawati y col. [8] y Maldonado y col. [15] en *P. pardalis*, quienes notificaron $41 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

En *H. aspidolepis* [25], reportaron concentraciones de mercurio de $150 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, valores que se encuentran por debajo de lo indicado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de EUA [32], quienes consideran como valor máximo (no riesgoso para la salud humana) $0,46 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ por porción de pescado (110 g de pescado crudo) a la semana [32]. Mientras que, en países como Canadá se utiliza un valor límite de 0,5 partes por millón (ppm) que es igual a 500 nanogramos por gramos ($\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece los niveles máximos de metilmercurio en el pescado y los peces depredadores de $0,5$ y $1 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Se considera que el contenido del Hg en las especies acuícolas varía dependiendo de la zona, las condiciones medioambientales, el grado de contaminación del lugar de la pesca y las características del pez, siendo que algunas especies son más propensas a acumular concentraciones más elevadas en el músculo [11, 33].

Para el contenido de enzima SOD (FIG. 2) con interacción río x especie, los mayores valores se encontraron para *S. wagneri* en los ríos Quindigua, Calope y San Pablo, los que fueron superiores en $6,03$; $6,65$ y $2,23 \text{U}\cdot\text{mg}^{-1}\text{P}$, respectivamente a los encontrados en *C. fischeri*. Resultados que coinciden con lo reportado por Bertolotti-Rivera y Noé-Mocchetti [5], quienes al evaluar músculos de peces procedentes del Río Santa Ana, Perú, plantearon que las especies acuáticas con deficiencias nutricionales son propensas al estrés oxidativo causado por temperaturas extremas, hipoxia y contaminación (por metales pesados). De ahí que, las actividades de las enzimas antioxidantes pueden incrementarse o inhibirse debido al

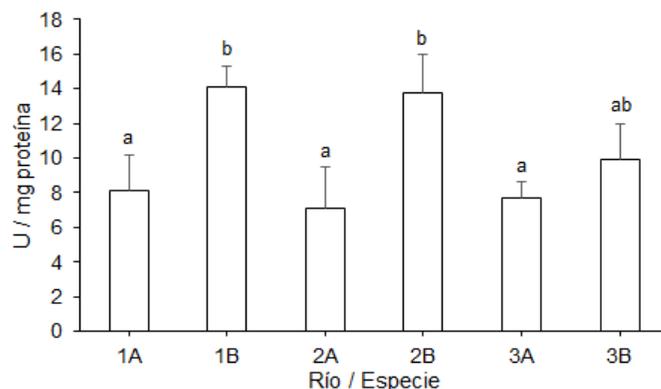


FIGURA 2. Actividad de la enzima superóxido dismutasa según interacción ríos x especies. 1A=Quindigua/ *C. fischeri*, 1B=Quindigua/ *S. wagneri*, 2A=Calope/ *C. fischeri*, 2B=Calope/ *S. wagneri*, 3A=San Pablo/ *C. fischeri* y 3B= San Pablo/ *S. wagneri*

estrés químico dependiendo del tipo y concentración del xenobiótico, intensidad y duración del estrés aplicado, sensibilidad de las especies expuestas, así como su estado nutricional [24].

En este sentido, Vasquez – Quispesivana y col. [33] notificaron que, el valor nutricional es una de las características principales de la calidad de la carne de pescado. De ahí que, el suministro de alimentos inocuos proporciona beneficios nutricionales al mismo tiempo que presenta riesgos mínimos para los consumidores. Sin embargo, el cambio oxidativo de la P induce la pérdida de aminoácidos esenciales y disminución de la digestibilidad, lo que en última instancia reduce la calidad nutricional del músculo; mientras que, la oxidación de L da como resultado la pérdida del valor nutritivo, el desarrollo y la acumulación de sabor desagradable de compuestos tóxicos, que pueden ser perjudiciales para la salud de los consumidores.

En cuanto a la calidad sensorial (TABLA III), existió interacción río x especies para $P < 0,05$, donde los mayores resultados ($3,33$; $3,13$; $3,67$ y $3,40$ para el olor, color, textura y aceptabilidad, respectivamente) fue para la especie *C. fischeri* en los ríos Quindigua y Capole, entre los cuales no existió diferencias significativas.

La puntuación encontrada para las muestras procedentes de estos ríos está entre no me gusta (1), ni me disgusta (3), mientras que, para el San Pablo se encontraban cercanas y dentro del me gusta ligeramente (2).

Resultados similares a los encontrados en el actual estudio fueron obtenidos por Barragán y col., Salazar-Duque y col. [3, 28] al evaluar el efecto de la dieta y técnica de sacrificio en la calidad de las carnes de *Oreochromis niloticus* y *Ancorhynchus mykiss*, no encontraron diferencias significativas en cuanto a las pruebas sensoriales (textura, color y olor). Mientras que, Enrique; Nieves-Rodríguez y col., y Roldan-Acero y col. [7, 20, 27] en *Piaractus brachypomus*, *Arapaima gigas*, *Brycon amazonicus*, *Pseudoplatystoma punctifer*, *Colossoma macropomum*, *Dormitator latifrons* y *Arapaima gigas* notificaron valores entre 4 y 5 (me gusta y me gusta mucho). Comportamiento que se debe a que estas especies, como muchas, enfrentan los efectos que los seres humanos causan sobre el medio ambiente (y que se conoce como antropización), que en este caso se incluye la contaminación de los sistemas limnológicos y la alteración física de los mismos y del alimento disponible en el medio natural donde se desarrollan estas y que contribuyen directamente sobre la calidad de la carne [29].

TABLA III
Análisis sensorial de filetes de *C. fischeri* y *S. wagneri* recolectados en los ríos Quindigua, Calope y San Pablo

Especies	Ríos			EE ¹ ±	P
	Quindigua	Calope	San Pablo		
Olor					
<i>C. fischeri</i>	3,13 ± 0,83 ^a	3,33 ± 0,53 ^a	1,73 ± 0,46 ^{cd}	0,4523	0,0001
<i>S. wagneri</i>	1,40 ± 0,51 ^d	2,53 ± 0,80 ^b	1,93 ± 0,80 ^c		
Color					
<i>C. fischeri</i>	3,13 ± 0,52 ^a	3,13 ± 0,64 ^a	1,93 ± 0,80 ^d	0,392	0,0001
<i>S. wagneri</i>	2,53 ± 0,64 ^b	1,80 ± 0,94 ^d	2,33 ± 0,90 ^b		
Textura					
<i>C. fischeri</i>	3,67 ± 0,49 ^a	3,60 ± 0,86 ^a	1,87 ± 0,52 ^c	0,427	0,0001
<i>S. wagneri</i>	1,40 ± 0,51 ^d	2,13 ± 0,52 ^b	2,00 ± 0,29 ^b		
Aceptabilidad					
<i>C. fischeri</i>	3,40 ± 0,51 ^a	3,13 ± 0,64 ^a	1,92 ± 0,70 ^c	0,369	0,0001
<i>S. wagneri</i>	2,53 ± 0,62 ^b	1,80 ± 0,54 ^c	1,93 ± 0,77 ^c		

abcde: Valores con letras desiguales difieren para $P < 0,05$ (Tukey, 1949). EE¹±: Error estándar de la interacción ríos × especies. Puntuaciones: 1= no me gusta, 2= me gusta ligeramente, 3= no me gusta, ni me disgusta, 4= me gusta, 5= me gusta mucho

Los cambios bioquímicos, físicos y microbiológicos que ocurren tras la muerte del pescado originan pérdida de frescura y un deterioro en la calidad global. Estas modificaciones son dependientes del tipo de especie, del manejo del pescado y de las condiciones de almacenamiento y conservación [6]. El aroma y sabor son las características que con mayor frecuencia se asocian con la calidad del pescado. El mal olor del pescado se debe principalmente a la reducción bacteriana de óxido de trimetilamina a trimetilamina, la cual es responsable del olor típico a carne deteriorada [20]. Los peces de agua dulce, contienen cantidades muy bajas de óxido de trimetilamina, y en este caso los olores desagradables provienen de carbonilos y alcoholes procedentes de los AG poliinsaturados [3]. Otros parámetros indicadores del deterioro y responsables del sabor son la concentración de las bases volátiles y de los productos de degradación de nucleótidos y aminoácidos. Sumado a lo anterior, el metabolismo del Adenosín trifosfato (ATP) se ve alterado en peces sometidos a gran estrés durante la captura y el sacrificio, generándose metabolitos responsables de sabores salados-ácidos y amargos [27].

La textura depende de diversos factores como la especie, la edad, el tiempo de almacenamiento, el estado nutricional, el sacrificio. El bajo porcentaje en colágeno (3 %) es el responsable de que la carne de estos organismos resulte menos dura y menos estable a la cocción. Otros de los factores que afectan este indicador son los cambios de pH *post-mortem* de la carne, ya que en general, la dureza se reduce cuando el pH aumenta; así como el estrés sufrido por el pez antes del sacrificio [28].

Por otra parte, en cuanto a la relación entre análisis sensorial, composición nutricional y actividad antioxidante (FIG. 3), el componente principal uno (CP1) explica el 56,5 % de variabilidad, mientras que el CP2 el 18,4 %. Las variables P, SOD, color y aceptabilidad aparecen muy cerca, lo que indica que entre ellas existe una fuerte asociación lineal directa, así como las variables C, L y MS. El resto de las variables (textura, olor y mercurio) no se observa una relación lineal significativa.

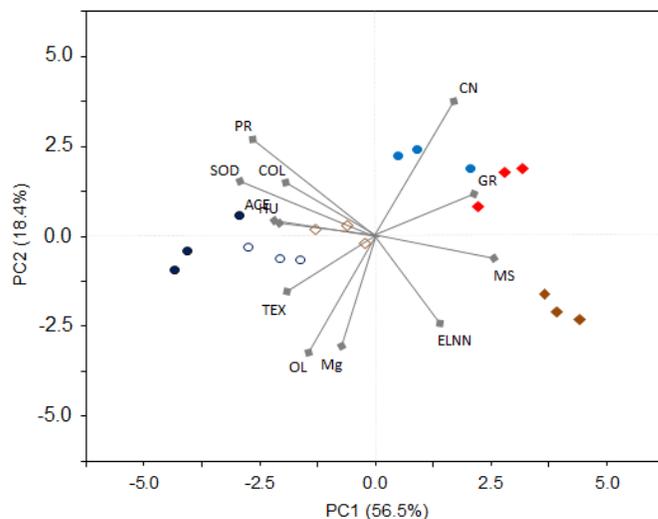


FIGURA 3. Biplot de los componentes principales de las variables nutricionales, antioxidantes y sensoriales. ACE: aceptabilidad; COL: color; CN: ceniza; ELNN: elementos no nitrogenados; GR: grasa; Hg: Mercurio; HU: humedad; MS: materia seca; OL: olor; PR: proteína; SOD: superóxido dismutasa; TEX: textura.

En este sentido, el músculo de los peces está compuesto por agua, L, P y pequeñas proporciones de carbohidratos. La H es un componente muy variable, pero inversamente relacionado con el contenido de L y en menor cuantía con las C y proteína. De ahí que se hayan agrupado MS, L y C en un mismo cuadrante y los elementos no nitrogenados no tengan relación con los principales indicadores de calidad. Es conocido que la oxidación de la fracción lipídica del músculo en peces es la mayor causa de deterioro, debido al alto grado de insaturación de los L y alta concentración de metales [6, 34]. La oxidación de los L posee

un efecto perjudicial sobre la calidad de la carne en peces, puesto que se desarrollan olores y sabores desagradables.

CONCLUSIONES

En el presente estudio, la calidad de las carnes de ambas especies (*C. fischeri* y *S. wagneri*) se pueden considerar adecuadas para el consumo humano. Sin embargo, hubo interacción entre los ríos de muestreo y especie con el mejor desempeño en cuanto a la composición nutricional, con mayores valores en P y bajos niveles en L, adecuados resultados en cuanto al olor, color, textura y aceptabilidad para *C. fischeri* en los ríos Quindigua y Calope. En ambas especies, las concentraciones de Hg se consideran bajas, al encontrarse concentraciones por debajo de las cantidades recomendadas por la OMS, aspectos que hacen menos susceptibles a estas especies a presentar estrés oxidativo. De ahí, que se pueda considerar que, los ríos Quindigua, Calope y San Pablo presentan las condiciones óptimas para que las carnes de las especies capturadas puedan ser comercializadas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) y al proyecto de convocatoria FOCYCYT-7ª, número de proyecto PFOC7-48-2020.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official Methods of Analysis of AOAC International. 20th. Ed. Latimer Jr., G.W. (Ed). AOAC International, Rockville MD, USA. Pp 1-200. 2016.
- [2] BADILLO-ZAPATA, D.; DE JESÚS-ZARAGOZA, F.; VEGA-VILLASANTE, F.; LÓPEZ-HUERTA, J.M.; HERRERA-RESENDIZ, S.; CUETO-CORTÉS, L.; GUERRERO-GALVAN, R. Requerimiento de proteína y lípidos para el crecimiento de juveniles del pez nativo *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844). **Ecosist. Recur. Agrop.** 5(14): 345-351. 2018.
- [3] BARRAGÁN, A.; ZANAZZI, N.; GOROSITO, A.; CECCHI, F.; PRARIO, M.; IMERONI, J.; MALLO, J. Utilización de harinas vegetales para el desarrollo de dietas de pre-engorde y engorde de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). **REDVET.** 18(9): 1-15. 2017.
- [4] BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide Dismutase: Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. **Anal. Biochem.** 44(1): 276-287. 1971.
- [5] BERTOLOTTI-RIVERA, F.; NOÉ-MOCETTI, N. Concentración de plomo, mercurio y cadmio en músculo de peces y muestras de agua procedentes del Río Santa, Ancash-Perú. **Salud Tecnol. Vet.** 1: 35-41. 2018.
- [6] CIAPPINI, M.C.; GATTI, M.B.; CHAIN, P.N.; CABRERISO, M.S. Perfil lipídico de tres especies de pescados de agua dulce: Boga (*Leporinus obtusidens*), Dorado (*Salminus brasiliensis*) y Surubí (*Pseudoplatystoma coruscans*). **RECYT.** 21(32): 33-38. 2019.
- [7] ENRÍQUEZ, M.A. Cambios *post mortem* en la calidad de carne de peces amazónicos de las especies *Piaractus brachipomus*, *Arapaimagigas*, *Brycon amazonicus*, *Pseudoplatystoma punctifer* y *Colossomamacropomum*. Revisión bibliográfica. **Rev. Colomb. Invest. Agroindustr.** 9(1): 89-108. 2022.
- [8] ERNAWATI, M.; YUNELTI, D.; AFRIDA, W. Isolation of Antibacterial Compounds from *Garcinia Cf Cymosa*. **J. Nat. Sci. Res.** 4(4): 23-25. 2014.
- [9] FONTANARROSA, M.E.; ESPÍNDOLA, B.; DEL BARCO, D. Estudio de los cambios producidos por cuatro diferentes formas de cocción sobre el contenido de macronutrientes de siete especies de pescados del Río Paraná. **Rev. FACIBIB.** 8: 183-191. 2004.
- [10] FOOD ALIMENTATION ORGANIZATION (FAO). The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome, Italy, 200 pp. 2016. En línea: <https://bit.ly/3VMSgCn>. 10/02/2022.
- [11] FUENTES-GANDARA, F.; PINEDO-HERNÁNDEZ, J.; MARRUGO-NEGRETE, J. Metales pesados en especies icticas de la ciénaga de Mallorquin, Colombia. **Rev. Espacios.** 39(03): 19-30. 2018.
- [12] GONZÁLEZ, M.; RODRÍGUEZ, J.; LOPEZ, M.; VERGARA, G.; GARCÍA, A. Estimación del rendimiento y valor nutricional de la vieja azul (*Andinoacara rivulatus*). **Rev. Invest. Talentos.** 3(2): 36-42. 2016.
- [13] IZQUIERDO-CORSER, P.; TORRES-FERRARI, G.; BARBOZA-MARTÍNEZ, Y.; MÁRQUEZ-SALAS, E.; ALLARA-CAGNASSO, M. Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela. **Arch. Latinoame. Nutr.** 50(2): 463-468. 2000.
- [14] JIMÉNEZ, P.; AGUIRRE, W.; LAAZ-MONCAYO, E.; NAVARRETE-AMAYA, R.; NUGRA-SALAZAR, F.; REBOLLEDO-MONSALVE, E.; ZÁRATE-HUGO, E. Registro de especies nativas con fines comerciales. En: **Guía de peces para aguas continentales en la vertiente occidental del Ecuador**. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. Ecuador. 416 pp. 2015.
- [15] MALDONADO-ENRÍQUEZ, E.J.; LÓPEZ-NOVEROLA, U.; SALINAS-HERNÁNDEZ, R.M.; GONZÁLEZ-CORTÉS, N.; CUENCA-SORIA, C.A.; JIMÉNEZ-VERA, R.; HERNÁNDEZ-JUÁREZ, J.L. Contenido de metales pesados en músculo de pez diablo *Pterygoplichthys pardalis*. **Rev. IberoAmer. Cien.** 2(1): 67-73. 2015.
- [16] MÉNDEZ-MARTÍNEZ, Y.; CEVALLOS-CHEVEZ, M. F.; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, A. R.; BOTELLO-LEON, A.; VERDECIA, D. M. Blood biochemistry and morphometry in *Ichthyoelephas humeralis* (Characiformes: Prochilodontidae) of lotic ecosystems, Los Ríos province, Ecuador. **Rev. MVZ Cordoba.** 27(1): e2174. 2022.
- [17] MÉNDEZ-MARTÍNEZ, Y.; CEVALLOS-CHEVEZ, M. F.; TORRES-NAVARRETE, Y. G.; CORTÉS-JACINTO, E.; RAMÍREZ, J. L. Effect of habitat and sex on biological indicators and blood biochemistry of *Andinoacara rivulatus* in province Los Ríos-Ecuador. **Rev. Fac. Agron. (LUZ).** 39(1): e223910. 2022.
- [18] MÉNDEZ-MARTÍNEZ, Y.; PUENTE-MENDOZA, M. M.; TORRES-NAVARRETE, Y. G.; ZAMORA-ZAMBRANO, R. J.; RAMÍREZ, J. L. Comparative study of serum biochemical and hematology parameters of *Andinoacara rivulatus* and *Ichthyoelephas humeralis* in Los Ríos, Ecuador. **Lat. Am. J. Aquat. Res.** 50(2): 289-300. 2022.
- [19] MOLINA, M.R.; GARRO, O.A.; JUDIS, M.A. Composición y calidad microbiológica de la carne de Surubí. 2000. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. 89 pp. En línea: <https://bit.ly/3uF68IV>. 20/04/2022.

- [20] NIEVES-RODRÍGUEZ, K.N.; ARÉCHIGA-PALOMERA, M.; PEÑA-MARTÍN, E.S.; BADILLO-ZAPATA, D.; CHONG-CARRILLO, O.; VEGA-VILLASANTE, F. Un dormilón gordo nutritivo pero menospreciado: el «chopopo». **Rev. Divulg. Multidiscipl. Centro Universitario de la Costa**. 1(1): 33-38. 2022.
- [21] NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-117-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica. **Diario Oficial de la Federación**. 14 pp. 1995.
- [22] OGBONNAYA, C.H.; IBRAHIM, M. Effects of drying methods on proximate compositions of catfish (*Clarias gariepinus*). **World J. Agric. Sci.** 5(1): 114-120. 2009.
- [23] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (OCDE-FAO). Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable. 2022. En: The state of food security and nutrition in the world. New York, EUA. 14 pp. En línea: <https://bit.ly/3WqC1Ld>. 15/03/2022.
- [24] ORTIZ-CORNEJO, N.L.; TOVAR-RAMÍREZ, D.; ABASOLO-PACHECO, F.; MAZÓN-SUÁSTEGUI, J.M. Homeopatía, una alternativa para la acuicultura. **Rev. Med. Homeop.** 10(1): 18-24. 2017.
- [25] PEÑA-NAVARRO, N.; VARGAS-ALPÍZAR, P. Análisis físico-químico de filetes de la especie exótica *Hemiancistrus aspidolepis* en Costa Rica. **Agron. Mesoame.** 32(1): 63-76. 2021.
- [26] REVELO, W.; LAAZ, E. Catálogo de peces de aguas continentales de la provincia de Los Ríos-Ecuador. **Inst. Nac. Pesca Bol. Esp.** 3(5): 1-57. 2012.
- [27] ROLDÁN-ACERO, D.J.; MOLLEDA-ORDÓÑEZ, A.A.; LUJÁN-TANTARICO, D.; OMOTE-SIBINA, J.R. Elaboración de filete sin piel de paiche (*Arapaima gigas*, Cuvier 1829) ahumado a baja temperatura. **Ingen. Industr.** 39: 189-203. 2020.
- [28] SALAZAR-DUQUE, D.; HOLGUÍN, J.P.; ESTRELLA, I.A.; LOMAS-MARTÍNEZ, G. Mejoramiento de la calidad en la carne de la trucha arcoíris mediante la técnica de sacrificio Ikejime: caso Ecuador. **Cien.ergo-sum.** 26(1): 1-10. 2019.
- [29] SANTAELLA, M.; MARTÍNEZ-GARCÍA, C.; PERIAGO, M.J.; SANTAELLA, J. Sensory analysis of different aquaculture gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) commercial presentations. **An. Vet.** (MURCIA). 28: 85-96. 2012.
- [30] SOBERANES-YEPIS, M.L.; MÉNDEZ-MARTÍNEZ, Y.; GARCÍA-GUERRERO, M.U.; ASCENCIO, F.; VIOLANTE-GONZÁLEZ, J.; GARCÍA-IBAÑEZ, S.; CORTÉS-JACINTO, E. Superoxide dismutase activity in tissues of juvenile cauque river prawn (*Macrobrachium americanum* Bate, 1868) fed with different levels of protein and lipid. **Lat. Am. J. Aquat. Res.** 46(3): 543-550. 2018.
- [31] TRIVIÑO-BRAVO, J.L.; HERRERA-MENA, F.V.; ROCA-CEDENO, J.A.; RIVERA-LEGTON, C.A.; SORNOZA-ZAMBRANO, W.O.; PINCAY-JIMÉNEZ, R.C. Características físicas y químicas del pescado ratón silvestre (*Leporinus ecuadorensis*) en la zona sur de la provincia de Los Ríos. **Cien. Tec. UTEQ.** 14(1): 79-84. 2021.
- [32] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (EPA-FDA) Fish Advice: Technical Information. 2018. United States Environmental Agency. 44 pp. En línea: <https://bit.ly/3FIS460>. 20/02/2022.
- [33] VÁSQUEZ-QUISPESIVANA, W.; PORTURAS-OLAECHEA, P.; CRISPÍN-SÁNCHEZ, F. Efecto de la inclusión de diferentes fuentes lipídicas en la dieta de engorde sobre el perfil de ácidos grasos poliinsaturados en filete de paco (*Piaractus brachypomus*). **Rev. Soc. Quím.** Perú. 85(3): 315-326. 2019.
- [34] VELASCO-GARZÓN, J.S.; GUTIÉRREZ-ESPINOSA, M.C. Aspectos nutricionales de peces ornamentales de agua dulce. **Rev. Politéc.** 15(30): 82-93. 2019.