



Análisis físico-químico de filetes de la especie exótica *Hemiancistrus aspidolepis* en Costa Rica¹

Physico-chemical analysis of fillets of the exotic species *Hemiancistrus aspidolepis* in Costa Rica

Nelson Peña-Navarro², Paulina Vargas-Alpizar³

- ¹ Recepción: 5 de febrero, 2020. Aceptación: 21 de septiembre, 2020. Este trabajo se realizó como parte de los objetivos del proyecto Conservación, uso sostenible de la biodiversidad y mantenimiento de los servicios de los ecosistemas de humedal de importancia internacional (Proyecto Humedales), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - Sistema Nacional de Áreas de Conservación, 2014-2019.
- ² Universidad Técnica Nacional, Dirección de Investigación, Sede del Pacífico, Puntarenas, Costa Rica. npena@utn.ac.cr (autor para correspondencia, <https://orcid.org/0000-0002-8916-812X>).
- ³ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Proyecto humedales, San José, Costa Rica. pvargasalpizar@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0003-1850-3004>).

Resumen

Introducción. Cuando especies de animales invasoras se introducen en un ecosistema que no es su área de distribución natural, su control podría estar determinado por la posibilidad de utilizar estos organismos para el consumo humano u otra alternativa de manejo. **Objetivo.** Determinar las características físico-químicas del filete de *H. aspidolepis*, y comparar su calidad nutricional con especies de peces de consumo humano de origen marino y de aguas continentales. **Materiales y métodos.** Se recolectaron 109 peces en tres Refugios de Vida Silvestre en Costa Rica, durante el 2017, se pesaron en fresco y sin vísceras, además se pesó cada filete, las vísceras y la carcasa. Se les realizó un análisis proximal, para determinar el contenido de ácidos grasos, minerales y mercurio. **Resultados.** La longitud promedio de los individuos recolectados fue de 25,35 cm y el peso promedio fue de 162,55 g, de los cuales el 8,2 % fueron vísceras, y 19,02 % fue músculo. Para cada muestra se obtuvieron promedios por cada 100 g de: 80,69 g de agua, 17,64 g de proteína y 73,40 kcal de energía. Los niveles de grasa trans y carbohidratos totales fueron de 0,01 y 0,55 g 100 g⁻¹, respectivamente. Los minerales por cada 100 g fueron 281,81 mg de potasio, 28,87 mg de sodio y 1,23 mg de hierro. Los ácidos grasos en mayor cantidad fueron: palmítico (23,64 %), esteárico (9,43 %) y tricosenoico (7,26 %). El nivel de mercurio total fue inferior a 0,15 ppm. **Conclusiones.** Los individuos colectados no poseían tallas ni porcentajes de peso de filetes similares a los utilizados para mercado y consumo humano. *H. aspidolepis* posee semejanzas en contenido proximal, ácidos grasos y minerales con respecto a algunos peces de consumo humano; los contenidos de proteínas y lípidos la hacen apta para su consumo y comercialización.

Palabras clave: análisis proximal, seguridad alimentaria, pez silvestre, proteína animal.

Abstract

Introduction. When invasive animal species are introduced into an ecosystem that is not their natural range, their control could be determined by the possibility of using these organisms for human consumption or other management



alternativas. **Objective.** To determine the physical-chemical characteristics of the *H. aspidolepis* fillet, and to compare its nutritional quality with fish species for human consumption of marine origin and continental waters. **Materials and methods.** 109 fish were collected in three Wildlife Refuges in Costa Rica, during 2017, they were weighed fresh and without viscera, in addition each fillet, viscera, and carcass were weighed. A proximal analysis was performed to determine the content of fatty acids, minerals, and mercury. **Results.** The average length of the collected individuals was 25.35 cm and the average weight was 162.55 g, of which 8.2 % were viscera, and 19.02 % were muscle. For each sample, there were obtained averages per 100 g of: 80.69 g of water, 17.64 g of protein and 73.40 kcal of energy. The levels of trans fat and total carbohydrates were 0.01 and 0.55 g 100 g⁻¹, respectively. The minerals per 100 g were 281.81 mg of potassium, 28.87 mg of sodium, and 1.23 mg of iron. The fatty acids in greater quantity were: palmitic (23.64 %), stearic (9.43 %), and tricosanoic (7.26 %). The total mercury level was less than 0.15 ppm. **Conclusions.** The collected individuals did not have similar sizes and weight percentages of fillets to those used for market and human consumption. *H. aspidolepis* has similarities in proximal content, fatty acids, and minerals with respect to some fish for human consumption; the contents of proteins and lipids make it suitable for consumption and commercialization.

Keywords: proximal analysis, food security, wild fish, animal protein.

Introducción

Las especies invasoras son aquellas que se han introducido en un ecosistema que no es su área de distribución natural y donde logran colonizar y establecerse (Aguirre-Muñoz et al., 2009) al superar barreras geográficas, ambientales, de cautiverio, reproductivas, entre otras (Blackburn et al., 2011). Además, una especie introducida se convierte en invasora al causar deterioro ambiental o económico al ser humano (Deines, 2013). En los ecosistemas de humedal las oportunidades para las invasiones son amplias, debido a que la gama de hábitat es muy variada, van de habitats terrestres a acuáticos incluidos los ecosistemas marinos, además de la gran probabilidad de que estos cambien (Howard, 1999).

En Costa Rica, la tilapia (*Oreochromis niloticus*), la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y la carpa común (*Cyprinus carpio*), fueron introducidas para el desarrollo de la acuicultura para consumo humano, mientras que otras especies como la carpa dorada (*Carassius auratus*), la olomina (*Poecilia reticulata*), el platí (*Xiphophorus variatus*) y el pez pleco leopardo (*Pterygoplichthys pardalis*) se introdujeron como especies ornamentales, muchas de las cuales son actualmente consideradas por la población como especies exóticas invasoras (Deines, 2013; Guerrero, 2016; Castillo, 2018).

La especie del pez diablo o pleco *Hemiancistrus aspidolepis* (Angulo et al., 2013), es una de las dos especies de plecos del sur del país, la cual se reporta distribuida en la vertiente Pacífica entre los ríos Grande de Térraba de Costa Rica y el río Tuyra de Panamá (Bussing, 2002). Sin embargo, actualmente se le encuentra en ríos y humedales del Caribe y Norte del país, como los ríos: Frío, San Carlos, Sarapiquí, Colorado y San Juan.

H. aspidolepis, pertenece a la familia Loricariidae, familia originaria de Sudamérica que se caracteriza por tener una coraza de placas óseas que cubre todo el cuerpo y cabeza, excepto el vientre (Bussing, 2002), posee una dieta básica de detritus, algas y algunos invertebrados bentónicos (Covain & Fisch-Muller, 2007). Alcanzan longitudes de hasta los 80 cm (Hoover et al., 2014) y su madurez sexual llega a los 12,5-13,0 cm de longitud, necesitan elaborar cavidades en las paredes de ríos y lagunas para anidar y colocar sus huevos (Gibbs et al., 2008; Nico et al., 2009; Hoover et al., 2014).

Cuando se determinó la abundancia de la especie, las relaciones longitud-peso y los aspectos reproductivos de *H. aspidolepis* en la vertiente Atlántica norte de Costa Rica, se concluyó que este pez es la especie capturada con mayor abundancia y biomasa total, posee procesos reproductivos establecidos, por lo que su invasión es de forma extendida y dominante (Castillo, 2018). Algunos estudios sugieren la posibilidad de utilizar especies consideradas como invasoras para el consumo humano, como ha sido el caso de la tilapia en Costa Rica, cuya presencia se ha controlado en los ríos y lagunas, debido a que es consumida por los pobladores y esto ha generado una reducción de su impacto ambiental (Castillo, 2018). *H. aspidolepis* y otras especies de este género no afectan la salud de las personas, pueden ser comestibles y obtenerse subproductos para uso humano y animal (Castillo, 2018). Además, se debe considerar que los pescados poseen un aporte valioso como alimento en la dieta humana por su contenido nutricional y su relación entre su consumo y un adecuado estado de salud (Fonseca-Rodríguez & Chavarría-Solera, 2017), influenciado por su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (Njinkoue et al., 2016).

H. aspidolepis, se considera un pez magro debido a su bajo contenido de grasa que es inferior al 3 % (Varlik et al., 2004) y en comparación a otras especies de peces que tienden a poseer mayores contenidos grasos como el caso de la tilapia, el pargo y la corvina (Izquierdo-Córser et al., 2000) o el lenguado, la barracuda y la anguila (Fonseca-Rodríguez & Chavarría-Solera, 2017).

Al analizar alternativas para el control de *H. aspidolepis* en el humedal Ramsar de Caño Negro, se determinó la factibilidad de implementar la creación de harina de pescado a partir de este pez, como alternativa para mitigar su impacto negativo y a la vez mejorar la condición socio-económica de la zona (Fonseca & Vargas, 2018). Por lo consecuente, para organismos introducidos, nuevos en un ecosistema y poco conocidos por la población, se hace importante realizar estudios de estos animales como fuente de proteínas, ácidos grasos y minerales, con la finalidad de analizar si son adecuados para el consumo humano (Izquierdo-Córser et al., 2000) y si lo son, qué aporte nutricional estarían brindando. El consumo de alimentos con una mayor cantidad de ácidos grasos insaturados (AGI) se relaciona con una mejor condición médica asociada a la disminución de accidentes cardiovasculares (Carrillo et al., 2011), y el consumo de peces bajos en ácidos grasos saturados (AGS) y altos en ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), mejoran la salud de los seres humanos cuando su consumo es constante (Undeland et al., 2004), con beneficios en la reducción de inflamación crónica, depresión, lesiones cardíacas, entre otras (Castro et al., 2013).

Dado que algunos de estos humedales son también sitios Ramsar, el pez pleco ha sido objeto de estudio por la Unidad Técnica del Proyecto Humedales PNUD-SINAC (Proyecto Humedales de Sistema Nacional de Áreas de Conservación - Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, Global Environmental Facility, 2018), en respuesta a la Resolución VIII.18. de Ramsar, la cual insta a hacerse cargo de los problemas que plantean las especies invasoras de peces en ecosistemas de humedales. El objetivo del presente estudio fue determinar las características físico-químicas del filete de *H. aspidolepis*, y comparar su calidad con otras especies de peces de consumo humano de origen marino y de aguas continentales.

Materiales y métodos

Muestreo de organismos

Los pescados de *H. aspidolepis* evaluados en este trabajo fueron capturados en los Refugios Mixtos de Vida Silvestre y Sitios Ramsar: Caño Negro (Laguna Caño Negro y San Sebastián), Maquenque (Río San Carlos a la altura de Boca Tapada) y Barra del Colorado (Isla Brava y Puerto Lindo), durante el primer semestre de 2017 (Figura 1), como parte de los muestreos realizados por el Proyecto Humedales para obtener información de línea base de la ecología de esta especie de Loricaridos.

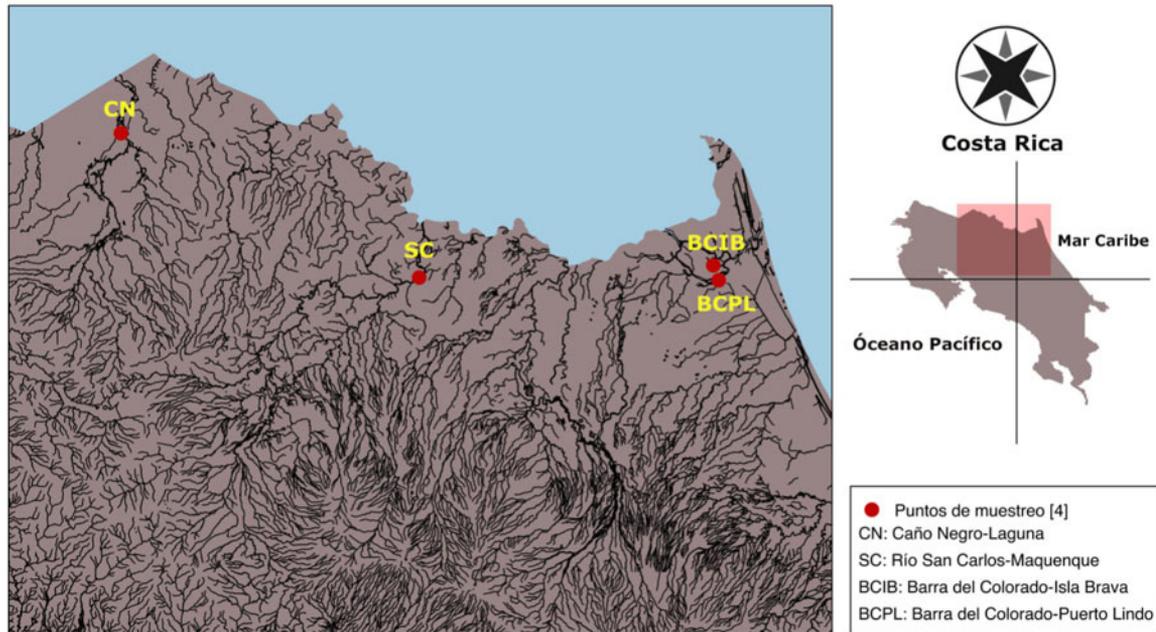


Figura 1. Sitios de colecta de *Hemiancistrus aspidolepis* en Refugios Mixtos de Vida Silvestre en Costa Rica. 2017.

Figure 1. *Hemiancistrus aspidolepis* sampling sites in Mixed Wildlife Refuges in Costa Rica. 2017.

Se recolectaron 109 organismos, para lo que se utilizó una atarraya de filamento de nilón con 2,9 m de apertura y una luz de malla de $\frac{3}{4}$ de pulgada. Para cada punto de muestreo se realizaron cincuenta lances, definidos como buenos cuando la apertura fue mayor a 70 % del área de la atarraya y que cayera sin obstrucción de troncos u otros objetos. Todos los ejemplares capturados fueron preservados para su análisis mediante congelamiento (-10 °C) y transportados en hieleras a la Estación Biológica del Parque Ecológico del Sistema Nacional de Áreas de Conservación de Costa Rica (SINAC).

Caracterización física de las muestras

Cada uno de los peces analizados fue pesado de forma completa en fresco y luego eviscerado, además, se obtuvo el peso de cada filete, las vísceras y la canal, utilizando una balanza digital de $\pm 0,001$ g de precisión. Los pescados fueron medidos por su longitud total (cm), abarcando desde la sínfisis mandibular hasta la extremidad distal del rayo más largo de la aleta caudal ventral, con el lóbulo extendido normalmente. Se revisaron los individuos internamente y externamente con la finalidad de inspeccionar si las hembras tenían huevos y si presentaban algún endo o ecto parásito.

Obtención del filete de *H. aspidolepis*

Se obtuvieron dos filetes enteros para cada uno de los pescados con un cuchillo afilado. Se realizó un corte longitudinal a lo largo de la espina, la incisión se hizo detrás de la cabeza y hasta el espinazo (Figura 2).

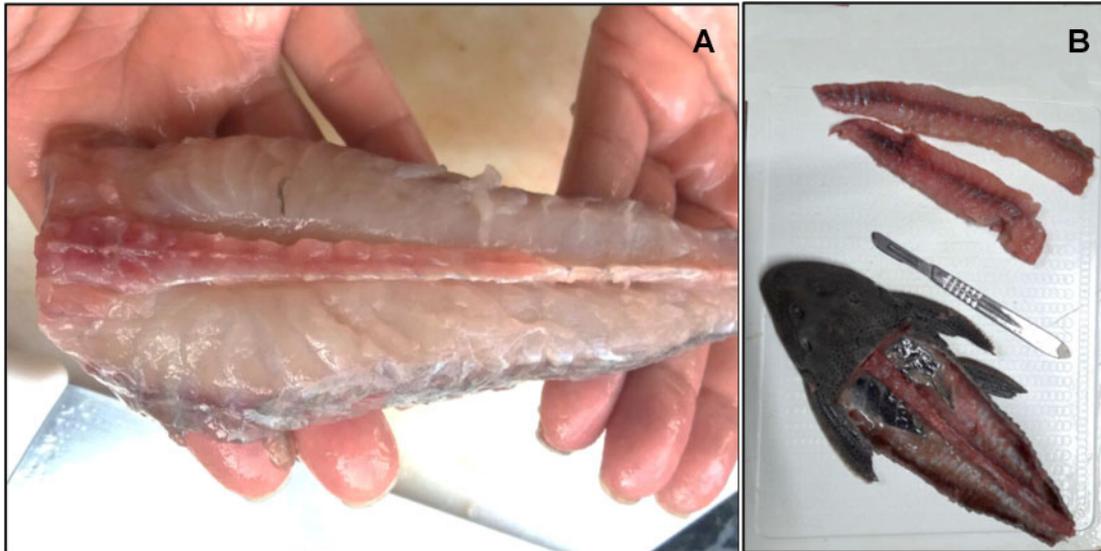


Figura 2. A) Corte longitudinal del lomo de *Hemiancistrus aspidolepis*, para mostrar el músculo. B) Especimen de *Hemiancistrus aspidolepis* con sus dos filetes enteros. Costa Rica, 2017.

Figure 2. A) Longitudinal cut of the *Hemiancistrus aspidolepis* loin, to show the muscle. B) *Hemiancistrus aspidolepis* specimen with its two whole fillets. Costa Rica, 2017.

Caracterización química de los filetes

Se obtuvieron conjuntos de músculos de diferentes ejemplares, ya que por el tamaño de los animales se necesitaron filetes de varios individuos para conformar una unidad de 150 g y hasta obtener diez submuestras compuestas, las cuales fueron transportadas en contenedores cubiertos con hielo, al Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA) de la Universidad de Costa Rica.

A cada submuestra compuesta se le realizó el análisis proximal según los métodos recomendados por la Sociedad Oficial de Química Analítica (AOAC, por sus siglas en inglés): humedad (H) por secado a 110 °C en una estufa durante 24 h, proteínas (P) (Nx6,25) por el método de Kjeldahl, cenizas (C) por combustión a 550 °C durante 12 h en una mufla y grasa (G) por el método gravimétrico. Además, carbohidratos totales (CH) ($100 - \%H - \%C - \%P - \%G$), valor energético en kcal ($4x\%CH \text{ disponible} + 4x\%P + 9x\%G$) y valor energético por grasa en kcal ($9x\%G$) (Association of Official Analytical Chemists, 2019; Izquierdo-Córser et al., 2000).

La determinación del perfil de ácidos grasos se realizó aplicando los protocolos de la AOAC, métodos 948.15, 996.06 basado en cromatografía de gases y para minerales el protocolo AOAC, métodos 985.35 y 999.11, basado en espectrofotometría de absorción atómica (Association of Official Analytical Chemists, 2019). Se determinó el contenido de mercurio total (Hg-T), mediante la técnica de vaporización térmica (DMA) (Ruíz, 2016). Para cada muestra de músculo se tomó aproximadamente 150 mg para su respectivo análisis. Todas las muestras se analizaron por duplicado.

Análisis estadístico

Los datos se presentan como media \pm desviación estándar. Se realizó una comparación de las medias obtenidas de las submuestras compuestas de *H. aspidolepis* con las medias obtenidas en la literatura, donde realizaron los

mismos procedimientos con peces de origen marino y de aguas continentales. El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico SPSS®. Se utilizó el análisis de varianza para detectar si existieron diferencias entre las medias y el procedimiento de Duncan para comparar las medias.

Resultados

Caracterización física

El peso promedio de los individuos colectados fue de 162,55 g, de los cuales el 8,2 % fueron vísceras, 19,02 % fue músculo, traducido en dos filetes y el resto comprendió la carcasa donde se incluía la cabeza y cualquier otro tejido adicional (Cuadro 1).

Cuadro 1. Caracterización física de *Hemiancistrus aspidolepis* colectados en refugios mixtos de vida silvestre en Costa Rica. 2017.

Table 1. Physical characterization of *Hemiancistrus aspidolepis* sampled in Mixed Wildlife Refuges in Costa Rica. 2017.

	Peso total	Peso de vísceras	Peso de filetes	Peso de la carcasa	Peso de filetes	Longitud total
			g		%	cm
Promedio	162,55	13,36	30,92	118,27	19,02	25,35
Máx.	444,00	31,33	112,63	286,00	40,43	37,00
Mín.	30,00	3,00	3,75	22,00	5,22	15,50
D.E	104,38	6,83	26,17	67,01	5,10	5,46

Máx: máximo; Mín: mínimo; D.E: desviación estándar / Máx: maximum; Min: minimum; D.E.: standard deviation.

El 15,6 % (17/109) fueron especímenes que se encontraron entre los 300 y 400 g, y solo 1,8 % (2/109) pesaron más de 400 g. La longitud de los animales no superó los 37 cm, y los más pequeños apenas superaron los 15 cm. No se encontraron endo ni ectoparásitos y solo se presentaron cinco especímenes con masa de huevos en la cavidad torácica, por lo que se presume que para las fechas de colecta, la población se encontraba iniciando la fase reproductiva.

Análisis proximal y valor energético

El agua fue el componente de mayor presencia en los filetes de los pescados, teniendo 80,69 g en cada 100 g. Se obtuvieron valores mínimos de grasa total de 0,22 g 100 g⁻¹, donde se lograron extraer componentes importantes de ácidos grasos saturados, insaturados y poliinsaturados. Los niveles de grasa trans y carbohidratos totales fue mínimo, se obtuvo 0,01 y 0,55 g 100 g⁻¹, respectivamente (Cuadro 2). La sumatoria entre el porcentaje de grasa y humedad fue aproximadamente de 81 %.

La proteína constituyó un 17,64 %, lo que representa un valor energético de 73,40 kcal por cada 100 g de filete. El índice de jugosidad, traducido en la relación humedad/proteína (H/P) fue de 4,57.

Cuadro 2. Análisis proximal y valor energético de filetes de *Hemiancistrus aspidolepis* colectados en refugios mixtos de vida silvestre en Costa Rica. 2017.

Table 2. Proximal analysis and energy value of *Hemiancistrus aspidolepis* fillets sampled in Mixed Wildlife Refuges in Costa Rica. 2017.

	Promedio	Máx.	Mín.	D.E
Humedad (g 100 g ⁻¹)	80,69	81,50	79,76	0,64
Cenizas (g 100 g ⁻¹)	1,04	1,21	0,95	0,08
Grasa (g 100 g ⁻¹)	0,22	1,12	0,10	0,32
Grasa saturada (g 100 g ⁻¹)	0,04	0,09	0,02	0,02
Grasa monoinsaturada (g 100 g ⁻¹)	0,04	0,08	0,02	0,02
Grasa poliinsaturada (g 100 g ⁻¹)	0,03	0,04	0,02	0,01
Grasa poliinsaturada (g 100 g ⁻¹) (Omega-3)	0,00	0,01	0,00	0,00
Grasa poliinsaturada (g 100 g ⁻¹) (Omega-6)	0,03	0,03	0,02	0,00
Grasa trans (g 100 g ⁻¹)	0,01	0,05	0,00	0,02
Proteína (g 100 g ⁻¹)	17,64	18,92	16,02	0,93
Carbohidratos totales (g 100 g ⁻¹)	0,55	2,30	0,00	0,70
Valor energético (kcal 100 g ⁻¹)	73,40	77,00	70,00	2,50
Valor energética por grasa (kcal 100 g ⁻¹)	0,60	2,00	0,00	0,70

Máx: máximo; Mín: mínimo; D.E: desviación estándar / Máx: maximum; Min: minimum; D.E.: standard deviation.

Contenido de minerales

Se analizaron cuatro minerales de importancia en la dieta de los seres humanos. El mineral que se presentó en mayor cantidad fue el potasio con un promedio de 281,81 mg 100 g⁻¹, seguido del sodio, el calcio y en menor cantidad el hierro (Cuadro 3).

Cuadro 3. Contenido mineral de filetes de *Hemiancistrus aspidolepis* colectados en refugios mixtos de vida silvestre en Costa Rica. 2017.

Table 3. Mineral content of *Hemiancistrus aspidolepis* fillets sampled in Mixed Wildlife Refuges in Costa Rica. 2017.

	Promedio	Máx.	Mín.	D.E
	mg 100 g ⁻¹			
Sodio (Na)	80,99	133,65	62,40	22,28
Calcio (Ca)	28,87	47,10	9,18	13,05
Potasio (K)	281,81	598,67	186,08	118,95
Hierro (Fe)	1,23	2,86	0,80	0,63

Máx: máximo; Mín: mínimo; D.E: desviación estándar. / Máx: maximum; Min: minimum; D.E.: standard deviation.

Contenido y tipos de ácidos grasos

Se presentó el contenido de nueve ácidos grasos saturados (AGS), diez ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y cinco poliinsaturados (AGPI). De los AGS encontrados en mayor cantidad se presentó el palmítico (23,64 %), el esteárico (9,43 %) y el tricosanoico (7,26 %). De los AGMI los principales fueron el oleico (22,63 %), el palmitoleico (5,32 %) y el vaccénico (3,39 %). Con respecto a los AGPI, los ácidos encontrados con mayor frecuencia fue el linoleico y el eicosatetraenoico (Cuadro 4).

Cuadro 4. Contenido de ácidos grasos saturados, insaturados y poliinsaturados de filetes de *Hemiancistrus aspidolepis* colectados en refugios mixtos de vida silvestre en Costa Rica. 2017.

Table 4. Saturated, unsaturated, and polyunsaturated fatty acid content of *Hemiancistrus aspidolepis* filets sampled in Mixed Wildlife Refuges in Costa Rica. 2017.

	Promedio	Máx	Mín	D.E
Ácido graso saturado (AGS)		% relativo con respecto a la grasa		
Mirístico C14:0	1,53	2,88	0,39	0,82
Pentadecanoico C15:0	0,93	2,13	0,14	0,60
Palmítico C16:0	23,64	30,52	11,11	6,70
Margárico C17:0	0,95	1,37	0,21	0,47
Esteárico C18:0	9,43	12,77	3,84	2,84
Tricosanoico (C23:0)	7,26	13,82	0,70	9,28
Araquídico C20:0	0,78	1,31	0,28	0,38
Laúrico C12:0	0,45	0,77	0,27	0,28
Behénico C22:0	0,88	2,47	0,34	1,06
Ácido graso monoinsaturado (AGMI)		% relativo con respecto a la grasa		
Miristoleico C14:1	0,37	0,72	0,02	0,49
Palmitoleico C16:1	5,32	11,56	0,42	3,94
Margaroleico C17:1	0,43	1,03	0,09	0,35
Oleico C18:1 (ω -9)	22,63	56,22	10,38	15,18
cis-11-eicosénico C20:1 (ω -9)	1,33	3,85	0,52	1,42
8-11,14-eicosatriénico C20:3 (ω -9)	0,93	1,85	0,10	0,64
Nervónico 24:1 (ω -9)	1,56	2,90	0,83	0,85
Vacénico C18:1	3,39	3,91	2,86	0,74
Petroselenico C18:1	0,21	0,32	0,09	0,12
Tras-11-vaccénico C18:1t	0,18	0,26	0,11	0,08
Ácido graso poli-insaturado (AGPI)		% relativo con respecto a la grasa		
Linoleico C18:2 (ω -6)	19,21	30,33	7,75	8,02
α -linolenico C18:3 (ω -3)	1,97	3,50	0,33	1,20
γ -linolenico C18:3 (ω -6)	0,35	0,56	0,05	0,22
cis-11,14-eicosadiénico C20:2 (ω -6)	0,30	0,51	0,14	0,14
cis-5,8,11,14,-eicosatetraénico C20:4 (ω -6)	5,12	8,11	0,62	3,19

Máx: máximo; Mín: mínimo; D.E: desviación estándar / Máx: maximum; Mín: minimum; D.E.: standard deviation.

Contenido de mercurio

Todas las muestras tuvieron niveles de mercurio total (Hg-T) inferior a 150 ng g⁻¹ p.f. (que es igual a 0,15 ppm).

Comparación del análisis proximal entre tipos de peces.

Se compararon los análisis proximales de doce peces estudiadas incluyendo la especie *H. aspidolepis* de este estudio. De las anteriores la del pez diablo, la tilapia, trucha, pangasio y el pez gato son de aguas continentales, mientras que el pargo, la corvina, el lenguado y la barracuda son de aguas marinas.

Con respecto a la media general, *H. aspidolepis* mostró una diferencia superior de 3,8 g 100 g⁻¹ (4,94 %) para la humedad y 0,27 (6,28 %) en la relación H/P, pero una diferencia inferior de 0,76 g 100 g⁻¹ (4,13 %) para la proteína, 2,87 g 100 g⁻¹ (92,88 %) para la grasa y 0,71 g 100 g⁻¹ (40,57 %) de ceniza (Cuadro 5). *H. aspidolepis* es la especie que tuvo la menor cantidad de grasa y ceniza entre los pescados analizados.

Cuadro 5. Comparación del análisis proximal de filetes de *Hemiancistrus aspidolepis* con resultados obtenidos de otras especies de peces consumidas por los seres humanos. Costa Rica, 2017.

Table 5. Comparison of the proximal analysis of *Hemiancistrus aspidolepis* fillets with obtained results for other fish species consumed by humans. Costa Rica, 2017.

Especie	Humedad	Proteína	Grasa	Cenizas	H/P*	Fuente
	g 100 g ⁻¹					
<i>H. aspidolepis</i> (pez diablo)	80,69	17,64	0,22	1,04	4,57	Este estudio
<i>Oreochromis</i> sp. (tilapia)	72,36	23,34	2,26	1,94	2,76	Izquierdo-Córser et al. (2000)
<i>Oreochromis niloticus</i> (tilapia)	81,39	13,66	0,54	1,36	5,96	Olapade et al. (2016)
<i>Oreochromis niloticus</i> (tilapia)	73,62	14,77	2,39	1,51	4,98	Desta et al. (2019)
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (trucha)	77,06	20,86	1,5	1,30	3,69	Izquierdo-Córser et al. (2000)
<i>Pangasianodon hypophthalmus</i> (pangasio)	78,29	12,78	16,55	1,78	6,13	Begum et al. (2012)
<i>Pangasianodon gigas</i> (pez gato)	78,88	19,00	0,54	1,47	4,15	Chaijan et al. (2010)
<i>Lutjanus buccanella</i> (pargo)	76,72	20,99	1,12	1,33	3,66	Izquierdo-Córser et al. (2000)
<i>Lutjanus guttatus</i> (pargo)	69,68	17,61	6,51	4,97	3,96	Benitez-Hernández et al. (2017)
<i>Cynoscion maracaiboensis</i> (corvina)	76,95	20,73	2,11	1,90	3,71	Izquierdo-Córser et al. (2000)
<i>Cyclopsetta querna</i> (lenguado)	79,93	19,86	1,18	1,31	4,02	Fonseca-Rodríguez y Chavarría-Solera (2017)
<i>Sphyaena ensis</i> (barracuda)	77,13	19,52	2,18	1,12	3,95	Fonseca-Rodríguez y Chavarría-Solera (2017)
Promedio	76,89	18,40	3,09	1,75	4,30	
D.E	3,48	3,23	4,54	1,05	0,98	

*H/P: relación humedad/proteína; D.E: desviación estándar / *H/P: humidity/protein ratio; D.E.: standard deviation. No se presentaron diferencias estadísticas, p>0,05 / There were no statistical differences, p>0.05.

Con respecto al contenido de proteína en los peces de agua dulce, sobresale que *H. aspidolepis* estuvo por encima del promedio (1,40 %) y tuvo menos cantidad de grasa (94,44 %) y cenizas (33,33 %), comparado a los peces marinos, el pez diablo tuvo una mayor cantidad de humedad (6,05 %) y una menor cantidad de proteína (10,64 %), grasa (91,57 %) y cenizas (51,09 %), pero sin presentar diferencias estadísticas.

Discusión

Respecto a las características físicas del *H. aspidolepis*, se aprecia que los individuos colectados no poseían tallas ni porcentaje de peso de filetes como los usuales de peces para mercado y consumo, ya que según Oliveira et al. (2015) un valor aceptable de rendimiento del tronco en peces marinos y de agua dulce debe ser entre 60 y 63 %, de manera que los peces con mayor rendimiento de tronco pueden presentar mayor rendimiento de filete (Santaella et al., 2012), siendo lo anterior, más del doble del rendimiento obtenido en los peces de *H. aspidolepis*, que no superaron el 40% de rendimiento del filete.

El mayor porcentaje de peso estuvo representado por la carcasa, siendo esta hasta tres veces el peso de los filetes, lo cual se explica por el peso de las placas óseas que recubren el cuerpo de los loricaridos y el tamaño de la cabeza. Un estudio indica que las especies con cabeza grande pueden presentar un bajo rendimiento de la porción comestible en relación con el peso total, reportando datos de tamaños de cabeza que representaban hasta el 57% de su peso corporal, como en el caso de *Diapterus peruvianus* (Carranza, 2018).

De los valores obtenidos del análisis proximal, el contenido de ácidos grasos y los minerales mostró que los filetes de la especie *H. aspidolepis* poseen un valor nutricional que permite su consumo por parte de los seres humanos.

Por las características propias de los peces, los filetes de pescado poseen altos contenidos de humedad, de hasta un 80 % y, esto puede favorecer el crecimiento de bacterias, lo que podría generar un rápido deterioro del alimento si es almacenado de forma inadecuada (Izquierdo-Córser et al., 2000), sin embargo, *H. aspidolepis* presentó un valor cercano al recomendado por la Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura (Food and Agriculture Organization, 1999) para la relación humedad y lípidos, lo que favorecería la preservación del producto.

Con respecto a la proteína total, *H. aspidolepis* presentó un nivel cercano a valores de otras especies de importancia comercial (Food and Agriculture Organization, 2007) como la carne de res (22,3 g 100 g⁻¹), pollo (22,8 g 100 g⁻¹) y cerdo (22,8 g 100 g⁻¹), e incluso similares a otras especies de peces tanto de aguas continentales como marinas, por lo que el consumo de esta especie es altamente recomendado por ser más nutritiva y tener un alto contenido de proteína total cercano a los estándares de mercado (Olapade et al., 2016). El Consejo de Alimentación y Nutrición de EE.UU., recomienda en individuos saludables adultos con actividad moderada una energía alimenticia de 3057 kcal día⁻¹, por lo que el consumo filetes de *H. aspidolepis* puede contribuir significativamente a la dieta humana por su contenido de energía (Hernández, 2004).

El índice de jugosidad representado por la relación humedad/proteína fue superior al reportado por otras especies de peces que llegan a un promedio de 3,50, lo que indica que la carne fue jugosa y podría tener una mejor capacidad de aceptación sensorial por parte de las personas, incluso podría poseer características idóneas para la generación de subproductos, como por ejemplo los curados (Izquierdo-Córser et al., 2000).

Se presentó una relación inversa entre la grasa y la humedad, esto es concordante con los resultados obtenidos en los filetes de pez diablo y semejantes a los resultados obtenidos en mero (1,68 22,8 mg 100 g⁻¹), merluza (1,82 mg 100 g⁻¹), robalo (1,66 mg 100 g⁻¹), trucha (1,50 mg 100 g⁻¹) y corvina (2,11 mg 100 g⁻¹) (Izquierdo-Córser et al., 2000).

El contenido calcio (28,28 mg 100 g⁻¹) en *H. aspidolepis* fue superior a los presentados por otras especies cultivadas en aguas continentales como la tilapia (15,66 mg 100 g⁻¹) y la trucha (10,78 mg 100 g⁻¹) (Izquierdo-Córser et al., 2000).

Los seres humanos necesitan de 18 mg día⁻¹ de hierro, por lo que el consumo de 150 g de filete (1,85 mg Fe 100 g⁻¹) de *H. aspidolepis* brindaría un importe aporte complementario al requerimiento diario (Hernández, 2004). Con respecto al potasio y el sodio, se presentaron para *Pangasius hypophthalmus* valores de estos minerales de 335,6 y 387,5 mg kg⁻¹, respectivamente (Orban et al., 2008), los cuales están por debajo de los obtenidos en *H. aspidolepis*. De igual manera, dado que los niveles promedio de K en *H. aspidolepis* estuvieron por encima del promedio general (100,5 mg 100 g⁻¹) de once especies de peces destinadas al consumo humano, lo podría posicionar como una fuente importante de este elemento (Shehawy et al., 2016).

El ácido palmítico fue el AGS en mayor cantidad, sin embargo, fue casi la mitad del mostrado en peces marinos como la merluza (47,5 %), el róbalo (41,6 %) y la lisa (40,8 %) y similar a la corvina, el pargo y la trucha (Izquierdo-Córser et al., 2000). Los AGMI más abundantes fueron el palmitoleico y el oleico en el estudio de Izquierdo-Córser et al. (2000). El AGPI con mayor concentración en *H. aspidolepis* fue el linoleico (g 100 g⁻¹ de grasa), mismo que se encontró en alrededor de 47,4 g 100 g⁻¹ de grasa en la tilapia (Izquierdo-Córser et al., 2000).

La ceniza encontrada en *H. aspidolepis* presentó valores cercanos a los de otras especies de peces tanto de aguas continentales como marinas, cercanos a 1,04 (g 100 g⁻¹) (Fonseca-Rodríguez & Chavarría-Solera, 2017; Olapade et al., 2016; Izquierdo-Córser et al., 2000). En cuanto al mercurio, la especie de estudio presentó un valor de 150 ng g⁻¹ que está por debajo del indicado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los EEUU, quienes consideran como valor máximo para no representar riesgos para la salud humana, 0,46 µg g⁻¹ por porción de pescado (110 g de pescado crudo) a la semana (United States Environmental Protection Agency, 2018). Así también, en Canadá se utiliza un valor límite de 0,5 ppm que es igual a 500 ng g⁻¹ y la Organización Mundial de la Salud (OMS), establece los niveles máximos de metilmercurio en el pescado y los peces depredadores en 0,5 y 1 mg kg⁻¹, respectivamente (Food and Agriculture Organization, & World Health Organization, 2015), siendo estos límites superiores a los valores de mercurio obtenidos en el presente estudio. Una de las principales fuentes de ingreso de mercurio a los seres humanos es por medio del consumo de pescado, por su mayor capacidad de acumular este metal pesado (Ruiz, 2016), se esperaría que el consumo de *H. aspidolepis* sea seguro para el organismo humano, debido a que los niveles de mercurio son menores al máximo tóxico para el ser humano.

Conclusiones

El contenido proximal, de ácidos grasos y minerales de *H. aspidolepis* fue similar o mejor para el consumo humano, que otras especies de peces tanto de aguas marinas como continentales, y los contenidos de proteínas y lípidos lo hace idóneo para su posible utilización y comercialización. Considerando estos valores, se podría concluir que hay un beneficio para el ser humano en el consumo de *H. aspidolepis*, aunque el rendimiento de los filetes no sea tan atractivo como otros peces comerciales.

Se puede reducir el impacto de esta especie invasora en las áreas naturales y protegidas a través de su consumo implementando alternativas de manejo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Coordinación y miembros de la Unidad Técnica del Proyecto Humedales Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo – Sistema Nacional de Áreas de Conservación 2014-2019. A los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Acuicultura de la Universidad Técnica Nacional por el apoyo en el procesamiento de las muestras.

Referencias

- Aguirre-Muñoz, A., Mendoza-Alfaro, R., Ponce-Bernal, H. A., Arriega-Cabrera, L., Campos-González, E., Contretas-Balderas, S., Gutiérrez, M. E., Espinoza-García, F. L., Fernández-Salas, L., Galaviz-Silva, L., García de León, F. J., Lazcano-Villareal, D., Martínez-Jiménez, M., Meave del Castillo, M. E., Medellín, R. A., Naranjo-García, E., Olivera-Carrasco, M. T., Pérez-Sandí, M., Rodríguez-Almaraz, G., Salgado Maldonado, G., et al. (2009). Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. En R. Dirzo, R. González, & I.

- J. March (Eds.), *Capital natural de México* (vol. II., pp. 277–318). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. https://www.biodiversidad.gob.mx/v_ingles/country/pdf/CapNatMex/Vol%20II/II06_Especies%20exoticas%20invasoras_Impactos%20sobre%20las%20pobla.pdf
- Angulo, A., Garita-Alvarado, C., Bussing, W., & López, M. (2013). Annotated checklist of the freshwater fishes of continental and insular Costa Rica: additions and nomenclatural revisions. *Check List*, 9(5), 987–1019. <https://doi.org/10.15560/9.5.987>
- Association of Official Analytical Chemists. (2019). *Official methods of analysis of AOAC International* (21st ed.). Vol. 1. <http://www.eoma.aoc.org/>
- Begum, M., Akhter, T., & Minar, M. H. (2012). Analysis of the proximate composition of domesticated pangus (*Pangasius hypophthalmus*) in laboratory condition. *Journal of Environmental Science and Natural Resources*, 5(1), 69–74. <https://doi.org/10.3329/jesnr.v5i1.11555>
- Benitez-Hernández, A., Hernández, C., Ibarra-Castro, L., Sánchez-Gutiérrez, Y., & Gaxiola, G. (2017). *Efecto de diferentes niveles de proteína y carbohidratos en juveniles de pargo flamenco Lutjanus guttatus sobre la composición proximal y parámetros hematológicos*. World Aquaculture Society. Obtenido 14 jul. 2009 de <https://www.was.org/meetings/ShowAbstract.aspx?Id=52379>.
- Blackburn, T. M., Pysek, P., Bacher, S., Carlton, J., Duncan, R., Jarosik, V., Wilson, J., & Richardson, D. (2011). A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution*, 26(7), 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.03.023>
- Bussing, W. (2002). *Peces de aguas continentales de Costa Rica* (2da ed.). Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Carranza, E. (2018). Rendimiento corporal de especies de peces nativos del Golfo de Fonseca de Honduras. *Revista Ciencia y Tecnología*, 23, 46–59. <https://doi.org/10.5377/rct.v0i23.6860>
- Carrillo, L., Dalmau, J., Román, J., Solà, R., & Pérez, F. (2011). Grasas de la dieta y salud cardiovascular. *Atención Primaria*, 43(3), 157.e1–157.e16. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2010.12.003>
- Castillo, D. (2018). *Abundancia, relaciones longitud-peso y aspectos reproductivos de la tilapia (Oreochromis niloticus) y del pleco (Hypostomus cf. aspidolepis) en el Río Sabogal, cuenca del Río Frío, vertiente atlántica norte de Costa Rica* [Tesis Lic. Universidad de Costa Rica]. Repositorio SIBDI-UCR. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/6434>
- Castro, M. I., Maafs, A. G., & Galindo, C. (2013). Perfil de ácidos grasos de diversas especies de pescados consumidos en México. *Revista de Biología Tropical*, 61(4), 1981–1998.
- Chaijan, M., Jongjareonrak, A., Phatcharat, S., Benjakul, S., & Rawdkuen, S. (2010). Chemical compositions and characteristics of farm raised giant catfish (*Pangasianodon gigas*) muscle. *Food Science Technology*, 43(3), 452–457. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.09.012>
- Covain, R., & Fisch-Muller, S. (2007). The genera of the Neotropical armored catfish subfamily Loricariinae (Siluriformes: Loricariidae): a practical key and synopsis. *Zootaxa*, 1462, 1–40. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1462.1.1>
- Deines, A. M. (2013). *Environmental change and tradeoffs in freshwater ecosystem services: Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) introduction to the Kafue River, Zambia* [Ph.D. Diss., University of Notre Dame]. <https://curate.nd.edu/show/s4655d8934f>

- Desta, D. T., Zello, G., Alemayehu, F. R., Estfanos, T. K., Zatti, K., & Drew, M. (2019). Proximate analysis of Nile Tilapia, (*Oreochromis niloticus*), Fish fillet harvested from farmers pond and Lake Hawassa, Southern Ethiopia. *International Journal for Research and Development in Technology*, 11(1), 94–99.
- Food and Agriculture Organization. (1999). *El Pescado Fresco: su calidad y cambios de su calidad*. <http://www.fao.org/3/v7180s/v7180s00.htm#Contents>
- Food and Agriculture Organization. (2007). *Meat processing technology for small- to medium-scale producers*. http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_composition.html
- Food and Agricultural Organization, & World Health Organization. (2015). *Codex Alimentarius: Norma General para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos*. http://www.fao.org/input/download/standards/17/CXS_193s_2015.pdf
- Fonseca, R., & Vargas, P. (2018). Estudio de factibilidad del aprovechamiento económico de una especie invasora *Hypostomus plecostomus* en el humedal de Caño Negro, Costa Rica. *Journal of Marine and Coastal Science*, 10(2), 31–49. <https://doi.org/10.15359/revmar.10-2.2>
- Fonseca-Rodríguez, C., & Chavarría-Solera, F. (2017). Composición proximal en algunas especies de pescado y mariscos disponibles en el pacífico costarricense. *Uniciencia*, 31(1), 23–28. <https://doi.org/10.15359/ru.31-1.3>
- Gibbs, M. A., Shields, J. H., Lock, D. W., Talmadge, K. M., & Farrell, T. M. (2008). Reproduction in an invasive exotic catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* in Volusia Blue Spring, Florida, USA. *Journal of Fish Biology*, 73(7), 1562–1572. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.02031.x>
- Guerrero, T. (2016). *Propuesta base para la estrategia de manejo y control local del pez diablo en el Refugio Nacional de Vida Silvestre mixto Caño Negro, Costa Rica* [Tesis MSc., CATIE]. Repositorio CATIE. <http://hdl.handle.net/11554/8604>
- Hernández, M. (2004). Recomendaciones nutricionales para el ser humano. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 23(4), 266-292.
- Hoover, J. J., Murphy, C. E., & Killgore, J. (2014). Ecological impacts of suckermouth catfishes (Loricariidae) in North America: a conceptual model. *ANSRP Bulletin*, 14(1), 1–20.
- Howard, G. (1999). *Especies invasoras y humedales*. Ramsar. <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/cop7-docs/NON-RESRECS%20FINAL/COP7%2024S.pdf>
- Izquierdo-Córser, P., Torres-Ferrari, G., Barbosa-de-Martínez, Y., Márquez-Salas, E., & Allara-Cagnasso, M. (2000). Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(2), 187–194.
- Njinkoue, J. M., Gouado, I., Tchoumboungang, F., Nguenguim, J. H. Y., Ndinteh, D. T., Fomogne-Fodjo, C. Y., & Schweigert, F. J. (2016). Proximate composition, mineral content and fatty acid profile of two marine fishes from Cameroon coast: *Pseudotolithus typus* (Bleeker, 1863) and *Pseudotolithus elongatus* (Bowdich, 1825). *NFS Journal*, 4, 27–31. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.07.002>
- Nico, L. G., Jelks, H. L., & Tuten, T. (2009). Non-native suckermouth armored catfishes in Florida: description of nest borrows and burrow colonies with assessment of shoreline conditions. *ANSRP Bulletin*, 9(1), 1–30.
- Orban, E., Navigato, T., Lena, G. D., Masci, M., Casini, I., Gambelli, L., & Caproni, R. (2008). New trends in the seafood market. Sutchi catfish (*Pangasius hypophthalmus*) filets from Vietnam: Nutritional quality and safety aspects. *Food Chemistry*, 110(2), 383–389. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.014>

- Oliveira, V. D., Vieira, C., Dessinoni, M., Pimentel, R., Fonseca, R., & Solis, L. (2015). Using morphometric variables in evaluations of body of fish yields. *Journal of Veterinary Medicine and Research*, 2(4), 1032–1036.
- Olapade, O. A., Taiwo, I. O., Lamidi, A. A., & Awonaike, O. A. (2016). Proximate composition of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Tilapia Hybrid (Red Tilapia) from Oyan Lake, Nigeria. *Bulletin of University of Agricultural Science and Veterinary Medicine Food Science and Technology*, 73(1), 19–23. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-fst:11973>
- Proyecto Humedales de Sistema Nacional de Áreas de Conservación – Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo - Global Environmental Facility. (2018). *Ecosistemas Vegetales del Complejo de Humedales de Caño Negro, Los Chiles, Costa Rica*. https://labmeh.catie.ac.cr/wp-content/uploads/2018/06/Ecosistemas-de-Ca%C3%B1o-Negro_2018-1.pdf
- Ruíz, I. (2016). Metodologías analíticas utilizadas actualmente para la determinación de mercurio en músculo de pescado. *Revista Pensamiento Actual*, 16(26), 113–122. <https://doi.org/10.15517/PA.V16I26.25187>
- Santaella, M., Graciá, C. M., Peragio, M. J., & Santaella, J. (2012). Evaluación sensorial de diferentes presentaciones comerciales de dorada (*Sparus aurata*) de acuicultura. *Anales de Veterinaria de Murcia*, 28, 85–96. <https://doi.org/10.6018/j/188751>
- Shehawy, S. M. E., Gab-Alla, A. A., & Mutwally, H. M. A. (2016). Proximate and elemental composition of important fish species in Makkah central fish market, Saudi Arabia. *Food and Nutrition Science*, 7(6), 429–439. <https://doi.org/10.4236/fns.2016.76044>
- United States Environmental Protection Agency. (2018). *EPA-FDA Fish Advice: Technical Information*. United States Environmental Agency. <https://www.epa.gov/fish-tech/epa-fda-fish-advice-technical-information>
- Undeland, I., Ellegard, L., & Sandberg, A. S. (2004). Fish and cardiovascular health. *Scandinavian Journal of Nutrition*, 48(3), 119-130. <https://doi.org/10.1080/11026480410000427>
- Varlık, C., Erkan, N., & Baygar, T. (2004). Su Ürünleri besin bileşimi. In: C. Varlık, (Ed.), *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi* (Vol. 1, pp. 1-45). İstanbul Üniversitesi Yayın.