

Contenido de metales pesados en músculo de pez diablo *Pterygoplichthys pardalis*

Emilio Jesús Maldonado-Enríquez¹, Ulises López-Noverola², Rosa María Salinas-Hernández², Nicolás González-Cortés², Carlos Alberto Cuenca-Soria¹, Román Jiménez-Vera¹, Jose Luis Hernández-Juárez¹

División Académica Multidisciplinaria de los Ríos¹, División Académica de Ciencias Agropecuarias²
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Tenosique, Tab.¹, Teapa, Tab.²; México

[emilio.maldonado, ulises.lopez, rosa.salinas, nicolas.gonzalez, carlos.cuenca, roman.jimenez, jluis.hernandez]@ujat.mx

Abstract— Devil fish *Pterygoplichthys pardalis*, is an invasive species in freshwater lagoons in Mexico, and it has scarce commercial value. An alternative to use it, is for making of devil fish meal, to use as food source whether animal or human consumption. The aim of the present study was to determine the heavy metals content, in muscle meal of *Pterygoplichthys pardalis*, sampled from the Río Usumacinta, in Tabasco, Mexico. Zinc, iron and copper were found at permissible levels, according to the values established for the FAO/OMS. Cadmium and lead were detected as trace elements. The results can reveal that the consumption of *P. pardalis* meal not represent possible risks to human health, due to the presence of heavy metals in it.

Keyword— devil fish, *Pterygoplichthys pardalis*, heavy metals, muscle.

Resumen— El pez diablo *Pterygoplichthys pardalis*, es una especie invasiva en cuerpos de agua en México, con poco valor comercial. Una alternativa de aprovechamiento es la elaboración de harina con fines alimentarios. El objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de metales pesados en harina del músculo de *Pterygoplichthys pardalis* capturados en el río Usumacinta, Tabasco, México. Los metales Zinc, Hierro y Cobre se encontraron dentro de los valores permisibles establecidos por la FAO/OMS. Los metales Cadmio y Plomo, estuvieron presentes como elementos traza. La presencia de metales pesados en harina de músculo de *P. pardalis*, no representa posibles riesgos para la salud humana.

Palabras claves— pez diablo, *Pterygoplichthys pardalis*, metales pesados, músculo.

I. INTRODUCCIÓN

Los metales pesados en el medio ambiente acuático pueden afectar a los ecosistemas acuáticos y suponen un riesgo para los peces consumidores, y consecuentemente, para los otros niveles de las cadenas tróficas. Los metales pesados pueden entrar a los ecosistemas acuáticos de diferentes fuentes naturales y antropogénicas, incluidas las aguas residuales domésticas o industriales, lixiviación de vertederos, basureros y depósitos atmosféricos (Forstner, 1983).

Se requieren metales como el hierro y el manganeso para las actividades metabólicas en los organismos, pero algunos otros elementos como arsénico, cadmio, cromo, cobre, mercurio, níquel, plomo y zinc presentan efectos de toxicidad en organismos acuáticos (Mason, 1991). En los ecosistemas acuáticos, los metales pesados han recibido una atención considerable debido a su toxicidad y acumulación en la biota y los peces (Senthilkumar *et al.*, 2007; Sajwan *et al.*, 2008). Los peces son parte importante de la dieta humana debido al alto contenido de proteína, baja en grasas saturadas y ácidos grasos omega suficientes que son conocidos para apoyar la buena salud, por lo tanto, diversos estudios se han adoptado en todo el mundo sobre la contaminación de diferentes especies de peces por metales pesados. El tejido muscular de los peces es lo más utilizado para el análisis, ya que es un importante tejido para el almacenamiento de metal y es la principal parte comestible del pescado (Bhattacharyya *et al.*, 2010; Sivaperumal *et al.*, 2007).

Una de las problemáticas ecológicas suscitadas en varias de las cuencas hidrológicas más grandes de México, entre ellas la región de los ríos que comprende la cuenca del Usumacinta y que lo conforman

los municipios de Tenosique, Balancan, Emiliano Zapata, Jonuta en el estado de Tabasco, México, es la enorme proliferación del pez armado sudamericano *Pterygoplichthys* sp, conocido comúnmente como pez diablo. Debido a su gran capacidad reproductiva se considera una amenaza para las pesquerías tradicionales de especies nativas de la región (Delgadillo, 2008), así mismo la problemática ambiental, económica y social generada por este organismo es alta y ha ido en aumento, con impactos identificados como, la degradación del hábitat, el desplazamiento de especies nativas, deterioro de la calidad del agua, introducción de enfermedades, destrucción de márgenes y ruptura de redes de pesca entre otros (Everardo *et al.*, 2013).

Con el fin de aprovechar la presencia de esta especie invasora, la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) promueve la captura del pez diablo para el consumo humano o su utilización comercial en diversos sectores productivos del país. Se llevan a cabo estrategias con los sectores público y privado para explotar este pez invasivo, cuya carne presenta un alto valor nutricional rico en aceite Omega 3; se puede consumir en ceviche, frito, empapelado o en caldos. Transformado en harina, el pez diablo presenta alto contenido de proteína de alta calidad biológica, por lo que puede ser utilizada como ingrediente proteico en la formulación de dietas acuícolas (SAGARPA, 2011).

En otras regiones de México, con las problemáticas que la presencia del pez diablo en embalses acuáticos implica, se han adoptado diversas alternativas de aprovechamiento. En la presa El Infiernillo, en el estado de Michoacán, se le captura y transforma en harina de pescado para su uso como fertilizante agrícola y como ingrediente de alimento para ganado (Mendoza *et al.*, 2009). El consumo humano como complemento alimenticio es posible, aunque se requiere un estudio más a fondo ya que ciertas especies de pez diablo, tienden a acumular metales pesados, lo que ha desalentado su consumo (Cano *et al.*, 2012).

Una de las alternativas viables de aprovechamiento de este pez, es la utilización del musculo como alimento para consumo humano, por su alto contenido proteínico. La harina de pescado es una fuente de energía concentrada, con un 70% a 80% del producto en forma de proteína y grasa digerible, su contenido de energía es mayor que muchas otras proteínas. La harina de pescado tiene un contenido relativamente alto de minerales como el fósforo, las vitaminas también están presentes en niveles relativamente altos, como el complejo de vitamina B incluyendo la colina, la vitamina B₁₂ así como A y D (Susa y Vásquez, 2011).

Hoy en día, la carne de pez diablo es utilizado como un recurso alimentario, tanto para consumo humano como para elaboración de harinas, que pueden agregarse como aditamento nutritivo, a los alimentos para animales mediante procesos biotecnológicos. Por otra parte, se han realizado estudios en el pez diablo relacionados a aspectos de distribución geográfica y taxonomía. Sin embargo con respecto a investigaciones que evalúen el contenido de elementos minerales y metales sobre la harina del músculo de pez diablo, de la cuenca del Usumacinta del Municipio de Tenosique. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue realizar estudios sobre el contenido metales pesados en la harina de musculo de pez diablo *Pterygoplichthys pardalis*, para determinar si se encuentran dentro de los límites establecidos por las Normas internacionales.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Lugar

Esta investigación se realizó en los talleres y laboratorios de acuicultura de la División Académica Multidisciplinaria de los Ríos de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, ubicada en la carretera Tenosique-Estapilla Km.1, en el municipio de Tenosique, Tabasco, México. En colaboración del laboratorio de biotecnología del Centro Investigación de Ciencias Agropecuarias, (CICA) de la División

Académica de Ciencias Agropecuarias-UJAT, ubicada en el Km. 25 carretera Villahermosa-Teapa, México.

B. Materia prima

El muestreo de los individuos capturados en tres sitios en el río Usumacinta en las rancherías el Recreo ubicada entre los paralelos 17°28'31'6"N y 91°25'52'6"O, Chaculji 17°29'55'56"N y 91°27'59'93"O, Pino Suárez 17°29'55'56"N y 91°27'59'93"O en el municipio de Tenosique, Tabasco, México. Para el desarrollo del presente estudio se colectaron 50 organismos vivos, de cada uno de los sitios de muestreos en el río Usumacinta, en el municipio de Tenosique, Tabasco, México

El procesamiento de los organismos se realizó en las instalaciones del área de los laboratorios de acuicultura y Alimentos de la División Académica Multidisciplinaria de los Ríos. (El procedimiento realizado desde el momento de la colecta de los peces hasta la elaboración de la harina fue de 60 horas para cada uno de los sitios estudiados).

C. Obtención de harina

Sacrificio. La Organización Mundial para la Sanidad Animal (World Organization for Animal Health, OIE) mediante el Código Sanitario para los Animales Acuáticos (2010) recomienda el aturdimiento por percusión para peces como carpa, bagre, salmónidos. El aturdimiento por percusión se consigue mediante un golpe de intensidad suficiente en la cabeza, aplicado encima del cerebro o en la parte inmediatamente adyacente.

La obtención de la harina se realizó de acuerdo a la (NMX-FF-032-SCFI-2001). A partir de los filetes se seleccionó el tejido muscular de la parte lateral del troncho del pez y se molió en un molino eléctrico Toro Rey®, para luego deshidratarlo en un desecador convencional a una temperatura de 60°C por 72 h. Obtenida la carne seca se realizó una segunda molienda en un molino eléctrico Thomas scientific®. Finalmente se pasó en un tamiz malla No.40, esto con el fin de obtener el grano fino, comparable al de harina de trigo.

D. Determinación de metales pesados y minerales

Para la determinación de los metales pesados en harina de pez diablo (Cd, Pb, Fe, Zn y Cu), se pesaron 2.00 g de cada muestra por triplicado y colocadas en matraces de 30 mL de Microjkeldahl; 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 Microjkeldahl 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 al digestor por aproximadamente tres horas 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 Jkeldahl para ir lavándolo y pasar por completo las muestras digeridas, al igual que el blanco de reactivos (NOM-117-SSA1-1994).

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 AAnalyst 100® para cada uno de los elementos, utilizando una matriz ácida similar a las muestras digeridas. Todos los elementos se leyeron en la solución concentrada, con excepción del Zn para el cual fue necesario realizar las diluciones de volumen respectivo.

Para realizar los cálculos se consideraron los porcentajes humedad que contenía cada muestra.

$$\text{ppm} = (\text{Lectura en ppm})(\text{DM})(\text{DV})$$

ppm= parte por millón del elemento en cuestión

Lectura en ppm del elemento en el equipo de absorción atómica

DM = Dilución de masa

DV = Dilución de volumen.

E. Análisis estadístico

Se utilizó una prueba de Kruskal Wallis, para determinar posibles diferencias significativas, entre las concentraciones por metal, por sitios de muestreo.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las concentraciones de Cadmio, Plomo, Hierro, Zinc y Cobre en la harina de musculo del *P. pardalis* se presentan en la Tabla 1.

Tabla I. Contenido de metales (ppm) presentes en la harina de plecostomus.

Zona de muestreo	Cd	Pb	Fe	Zn	Cu
Chaculji	0.61 ± 0.02	2.30 ± 0.30	4.65 ± 0.50	42.20 ± 0.80	1.54 ± 0.20
El Recreo	0.61 ± 0.02	2.46 ± 0.30	6.42 ± 0.20	47.78 ± 0.40	1.42 ± 0.10
Pino Suárez	0.65 ± 0.05	2.63 ± 0.20	4.35 ± 0.10	51.93 ± 3.00	1.53 ± 0.20

Las concentraciones de metales pesados, por sitios de muestreo, no resultaron ser significativos ($p > 0.05$), para todos y cada uno de los metales muestreados. No obstante, es posible mencionar que para las muestras de la zona de Pino Suárez, el elemento de zinc es el que se presenta en mayor proporción siendo el valor más alto con 54.39 ppm. Por otra parte, el elemento hierro se encuentra en mayor proporción en el sitio de Recreo y se encuentra con 6.68 ppm, aunque el elemento plomo en Pino Suárez se encuentra en un rango de 2.46-2.76 ppm en las tres muestras de harina de esta zona. Con respecto al cobre este elemento se encuentra en mayor proporción en las muestras de Chaculji, encontrándose en un promedio de 1.54 ppm, sin embargo en el sitio de Pino Suárez, en el tercer sitio de muestreo se encontró este elemento con 1.70 ppm y en el elemento cadmio presento su mayor concentración en los sitios de muestreo de Pino Suárez, estos valores se pueden comparar con lo reportaron Bhupander *et al.* (2011). Los autores mencionados abordaron la bioacumulación de metales pesados en el tejido muscular de peces en cautiverio en humedales Kolkata Medio, analizando el contenido de cobre, zinc, manganeso, hierro, cadmio, níquel, mercurio y arsénico en 35 muestras de músculo de pescado. Se encontró la presencia de trazas en todos los metales estudiados, cuyos resultados se muestran en la tabla II.

Tabla II. Concentración ($\mu\text{g/g}$ de peso seco) de metales pesados en músculo de pescados.

Metales	Guía FAO/OMS	Media	Mínimo	Máximo
Cobre	30	7.54 ± 0.94	2.12	27.94
Zinc	100	47.80 ± 3.29	12.30	92.70
Manganeso	1.0	4.24 ± 0.65	NT	12.97
Hierro	100	58-66 ± 6.34	16.52	186.03
Cadmio	1.0	0.31 ± 0.12	NT	2.99
Níquel	10	4.03 ± 0.55	NT	8.97
Mercurio	-	0.41 ± 0.04	0.09	0.77
Arsénico	-	0.45 ± 0.07	NT	1.22

Fuente: Bhupander *et al.*, 2011.

Los metales esenciales, tales como hierro, zinc, cobre y manganeso se encontraron en concentraciones más altas, mientras que los metales no esenciales y tóxicos tales como cadmio, níquel, mercurio y arsénico fueron en general concentraciones bajas. Este estudio reveló que los peces del humedal Kolkata Medio pueden no ser perjudiciales para los consumidores ya que, los niveles de metales pesados estaban debajo de los límites permisibles emitidos por la FAO/OMS.

Por otra parte Ernawati (2014) evaluó la concentración de los metales pesados cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb) en la carne de peces ventosas (*Pterygoplichthys pardalis*), capturados en la cuenca del río Ciliwung, especialmente las partes que fluyen a través de las ciudades de Bogor, Depok, y Jakarta, en Indonesia. Las concentraciones de cadmio y mercurio en la carne de los peces ventosa se encontraron por debajo de las normas establecidas por el Organismo Nacional de Normalización, es decir menos de 0.005 ppm y menos de 0.001 mg/kg, respectivamente. Por otro lado, la concentración de plomo superó la norma, 2.63 ± 1.43 mg/kg en Bogor, 3.45 ± 2.42 mg/kg en Depok, y 2.64 ± 1.88 mg/kg en Jakarta. Los bagres ventosa capturados en la cuenca del río Ciliwung en Bogor, Depok y Yakarta no son recomendables para el consumo humano debido a la concentración de plomo. Los resultados no se compararon con otras especies de peces que habitan esta región.

De acuerdo a los resultados encontrados en la presente investigación, metales pesados como el zinc, fierro y cobre se encuentra dentro de los valores permisibles que marca la FAO/OMS. Sin embargo, respecto de los elementos metales como el cadmio y plomo, se menciona que están presentes como elementos trazas, pero se consideran que de acuerdo a los límites que marca la FAO/OMS, están dentro de los límites permisibles y por lo tanto, podrían no ser perjudiciales para la captura y elaboración de cualquier producto hecho a base de este pez.

IV. CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio, revelaron que la harina del musculo del pez diablo, muestreado en tres sitios del rio Usumacinta (Chaculjí, El Recreo y Pino Suárez), no puede ser perjudicial para los consumidores, ya que los valores observados de metales pesados estuvieron por debajo de los límites permisibles, emitidos por la FAO/ OMS para el consumo humano. Más aún, el máximo valor de metales pesados, en harina de músculo de *P. pardalis*, que correspondió a zinc (región de Pino Suárez), se encuentra dentro los límites permitidos. Se requieren de más estudios, con el fin de determinar la bioacumulación de metales pesados en otras especies de peces de la zona de estudio. El estudio adicional sobre la acumulación de otros compuestos como los plaguicidas organoclorados, PCB (Bifenilos Policlorados), PAHs (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos) y dioxinas en ésta y más especies debe llevarse a cabo, debido al uso de productos químicos orgánicos en la cuenca del Usumacinta de Tenosique, Tabasco, México.



Fig. 1. Peces diablo capturados en el río Usumacinta, en Tenosique, México.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, por otorgar las facilidades para la realización del presente estudio, mediante el acceso a sus instalaciones a través de la División Académica Multidisciplinaria de los Ríos en colaboración con la División Académica de Ciencias Agropecuarias.

REFERENCIAS

- Arroyo, D. M. (2008). Aprovechamiento de la Harina de (*Plecostomus* spp.) Como Ingrediente en Alimento para el Crecimiento de Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación Para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional, Jiquilpan, Michoacán. pp.1-96.
- S. Bhattacharyya, P. Chaudhuri, S. Dutta and S. C. Santra. Bull. Environ. Cont. Toxicol., 2010, 84 (5): 618-622-
- Bhupander K., Mukherjee D.P., Sanjay K., Meenu M., Dev P., Singh S. K. y Sharma C. S. (2011). Bioaccumulation of Heavy Metals in Muscle Tissue of Fishes From Selected Aquaculture Ponds in East Kolkata Wetlands. Annals of Biological Research, 2 (5):125-134.
- Cano, S M. P., Baltazar B. E. y Barba E. (2012). Innovación social y capacidad de organización de las cooperativas pesqueras en el municipio de Balancán. Revista Estudios Sociales, vol. XX, núm. 39, pp. 65-97.
- Delgadillo, P.S., Hernández, S.M.E. y Perera, G.M.A. (2008) Alternativas de Aprovechamiento de *Pterygoplichthys pardalis*, mejor conocido como "pez diablo o plecos" en Tabasco, Cap. IV de Manejo,

- procesamiento primario y transformación de los productos pesqueros con énfasis en los recursos de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Colegio de la frontera sur, México, pp. 65-86.
- Everardo, B, M. Juárez F, J., Magaña, V, M. (2013). Distribución de *Pterygoplichthys pardalis* en las cuencas Grijalva, Tonalá y Carmen -Pajonal-Machona. IV congreso mexicano de ecología. No. Registro: 94 pp. 32.
- Ernawati, Y. (2014). The analysis of the concentration of heavy metals cadmium, mercury and lead in the flesh of suckermouth catfish (*Pterygoplichthys pardalis*) in Ciliwung River, Indonesia. *AAFL Bioflux*, 7, 1, 33-42.
- FAO. 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. *FAO Fisheries Circular* 464: 5-100.
- U. Forstner and G. T. W. Wittmann. Metal pollution in aquatic environment. Berlin, Springer-Verlag., 1983, pp: 30-61
- Hermila R. Rodríguez J. A. (2006). (IMPEE). Curso taller vida útil de alimentos aplicados a la industria por el instituto mexicano de profesionales en envase y embalaje S.C. pp. 1-3.
- C. F. Mason. *Biology of Freshwater Fishes*. 1991, Longman Science and Technology, New York.
- Mendoza R. (2009) “Capítulo 5. Invasión de plecos en la presa El Infiernillo, México: análisis de efectos socioeconómicos (relato de dos invasores)” en Directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies acuáticas exóticas invasoras. Casos de prueba para el pez cabeza de serpiente (Channidae) y el pleco (Loricariidae) en aguas continentales de América del Norte. Comisión para la Cooperación Ambiental.
- NOM-117-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método de Prueba para la Determinación de Cadmio, Arsénico, Plomo, Estaño, Cobre, Fierro, Zinc y Mercurio en Alimentos, Agua Potable y Agua Purificada por Espectrometría de Absorción Atómica. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/117ssa14.html>
- NMX-FF-032-SCFI-2001 productos de la pesca - filete de pescado fresco Refrigerado – especificaciones (Cancela a la NMX-FF-032-SCFI-1994). En línea:
<http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-032-2001.PDF> (Consulta: 17/02/2013).
- A. Raouf, M. Javed and M. Ubaidullah. *Pakistan Vet. J.*, 2009, 29 (1): 24-26.
- K. S. Sajwan, K. Senthilkumar, S. Paramasivam, S.S. Compton and J.P. Richardson. *Archives Environ. Conta. Toxicol.*, 2008, 54:245-258.
- SAGARPA. (2011). Promueve CONAPESCA consumo de nuevas especies y su aprovechamiento productivo. Disponible en:<http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/paginas/2011B601.aspx> (Consulta: 16/02/2013).
- Susa, J. y Vásquez, C. (2011). Aplicación de agentes antimicrobianos orgánicos en la inhibición de *Salmonella* spp en harinas de pescado exportación. Repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Artículo Informe Profesional. Guayaquil, Ecuador.
- P. Sivaperumal, T. V. Sankar and N. Viswanathan. *Food Chemistry*, 2007, 102:612-620.
- K. Senthilkumar, K.S. Sajwan, J. P. Richardson and K. Kannan. *Mar. Poll. Bull.*, 2007, 56:136-149-
- WHO (World Health Organization). *Environ. Health Criteria*. 1989, No. 85. Geneva, Switzerland.