

IS THE DEVIL FISH (*Hypostomus plecostomus* L.), THAT HABITS THE ECOSYSTEM OF PLAN DE AYALA, OSTUACÁN, CHIAPAS, EDIBLE?

¿ES COMESTIBLE EL PEZ DIABLO (*Hypostomus plecostomus* L.), QUE HABITA EN EL ECOSISTEMA DE PLAN DE AYALA, OSTUACÁN, CHIAPAS?

Ramírez-Albores, E.O.¹; Méndez-Lau, N.²; Castañón-González, J.H.²; Lagunas-Rivera, S.²; Ferrera-Alcázar, R.²; Rosales-Quintero, A.¹; Villalobos-Maldonado, J.J.^{2*}

¹Instituto Tecnológico de Tuxtla-Gutiérrez, Ingeniería Bioquímica. ²Instituto Tecnológico de Tuxtla-Gutiérrez. Laboratorio de Biotecnología, Carretera Panamericana km.1080, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

*Autor de correspondencia: juanjovillam@hotmail.com

ABSTRACT

Objective: To evaluate the exploitation of Devil fish (*Hypostomus plecostomus*), analyzing the content of heavy metals, as well as its ecosystem.

Design/methodology/approximation: To address the study two zones were selected; three random samples were taken with three replications in each zone, analyzing the physicochemical parameters of water *in situ* and *ex situ*, for heavy metals and chemical demand of oxygen. Devil fish samples were collected to analyze their content of heavy metals, in gills, muscle and liver, using the optical emission spectrophotometer with inductively coupled plasma (ICP-OES). The results were the average of the determinations in each case and, a proximal chemical analysis on the Devil fish meat was also carried out.

Results: The water quality of the Grijalva River that crosses the town of Plan de Ayala, Ostuacan, complied with the maximum permissible limits of the applicable regulations to water bodies of national goods. The content of heavy metals in the organs of Devil fish fulfilled the maximum permissible limits of national and international regulations, making its consumption viable regarding this parameter.

Limitations of the study/implications: This study is a general diagnosis, and therefore it is necessary to study the use more thoroughly, to raise confidence.

Findings/Conclusions: Due to its high protein content, Devil fish can be an alternative for balanced feeding of other aquatic species in captivity.

Keywords: Heavy metals, Grijalva River, protein, pollution.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el aprovechamiento del Pez Diablo (*Hypostomus plecostomus*), analizando el contenido de metales pesados, así como de su ecosistema.

Diseño/metodología/aproximación: Se seleccionaron dos zonas de estudio, se tomaron tres muestras al azar con tres repeticiones en cada zona, el análisis de los parámetros fisicoquímicos de agua *in situ* y *ex situ*, para los metales pesados y la demanda química de oxígeno. Se recogieron muestras de peces Diablo para analizar su contenido de metales pesados, en las branquias, músculo e hígado, utilizando el espectrofotómetro de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES), los resultados fueron la media de las determinaciones en cada caso y, también se realizó un análisis químico proximal a la carne del Pez.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 12, diciembre. 2018. pp: 85-90.

Recibido: junio, 2018. **Aceptado:** agosto, 2018.



Resultados: La calidad del agua del río Grijalva que atraviesa la ciudad de Plan de Ayala, Ostuacán, cumplió con los límites máximos permisibles de las regulaciones aplicables a los cuerpos de agua de los bienes nacionales. El contenido de metales pesados en los órganos de los peces diablo, cumplió con los límites máximos permisibles de las regulaciones nacionales e internacionales, haciendo que su consumo sea viable en relación con este parámetro.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Este estudio es un diagnóstico general, por lo tanto, es necesario estudiar el uso más a fondo, para elevar la confianza.

Hallazgos/conclusiones: Debido a su alto contenido de proteínas, el Pez Diablo puede ser una alternativa de alimentación balanceada para otras especies acuáticas en cautiverio.

Palabras clave: Metales pesados, Río Grijalva, Proteína, Contaminación

INTRODUCCIÓN

La Ecotoxicología es la ciencia que estudia los efectos tóxicos de sustancias químicas contaminantes y agentes físicos sobre los diversos organismos vivos, especialmente sobre comunidades y poblaciones dentro de los ecosistemas, incluye el conocimiento de las rutas de estas sustancias e interrelación con el ambiente (Truhaut, 1977; Butler, 1978). Se puede decir que la ecotoxicología se encarga del estudio de las relaciones directas e indirectas entre las causas, los impactos sobre los individuos y las alteraciones finales sobre las poblaciones y comunidades. La ecotoxicología utiliza dos métodos para realizar la investigación en un ecosistema: El monitoreo ambiental y el monitoreo biológico.

Dado que el estudio ecotoxicológico es muy amplio y complejo, ya que incluye, presencia de sustancias contaminantes, estudios histológicos, biomarcadores bioquímicos y moleculares, entre otros, en el presente estudio por lo que respecta al monitoreo ambiental, se realizó un reconocimiento general de la cuenca donde se encuentra el poblado de Plan de Ayala ecosistema en estudio, y la calidad del agua determinando los parámetros siguientes: oxígeno disuelto, temperatura, pH, conductividad eléctrica, demanda química de oxígeno, además de metales pesados, por lo que respecta al monitoreo biológico se capturaron ejemplares del pez diablo a los cuales se les practicó análisis de contenido de proteína total, determinación de metales pesados, la importancia de realizar monitoreo, es generar un conocimiento que asocie el ecosistema del pez diablo con su calidad e inocuidad que nos proporcionará la confianza para su consumo y aprovechamiento, ya que esta especie soporta condiciones de contaminación (presencia del pez diablo en aguas residuales), que por lo mismo su calidad e inocuidad no es confiable para su consumo.

Los peces diablos, conocidos como plecos, "limpia-peceras", "limpia-vidrios, también llamados "bagre sudamericano" o *Hypostomus plescostomus*, quienes se han expandido alarmantemente en cuantos años, y la falta de interés de comercializarlos está causando una gran amenaza para la biodiversidad

de los ecosistemas acuáticos continentales, y para las pesquerías de agua dulce en México. Es una especie nativa de la cuenca del Amazonas en Sudamérica, pertenecen a la familia Loricariidae, de la cual se conocen hasta el momento más de 680 especies en el mundo y aún existen varias sin descubrir. Su presencia se ha extendido y en los últimos tres años, los plecos se han expandido rápidamente y actualmente es común encontrarlos en varias de las cuencas hidrológicas más grandes del país. Los peces diablo, especies invasoras perfectas que tienen diversas particularidades de su morfología, su fisiología y su comportamiento acentúan el potencial invasivo de los peces diablo, como una reproducción precoz y con una alta tasa reproductiva, un comportamiento de anidación que junto con sus hábitos nocturnos los hacen imperceptibles, y el cuidado parental que resulta en una alta supervivencia larval.

El desarrollo de escamas con fuertes espinas y placas óseas, en gran medida, explica la carencia de depredadores. Los peces diablo desplazan a otras especies, algunas de ellas endémicas, de diversas formas entre las que destacan la ingestión incidental de sus huevos y la competencia por algas y detritus. Sus hábitos alimenticios resultan en la re-suspensión del sedimento y en cambios en el tamaño y la distribución de las partículas en el fondo, por ello es posible que también sean portadores de enfermedades y parásitos. Por tal motivo no existe el interés de pescarlos y comercializarlos, ni mucho menos consumirlos (Amador-del Ángel et al., 2014).

Este trabajo se enfocó en generar datos confiables que a futuro aseguren

el consumo de los llamados plecos, conociendo su ecosistema de origen y de esta manera poder romper el gran paradigma que impide el aprovechamiento integral de los peces diablos actualmente, de igual manera obtener los beneficios que nos puede aportar su carne, rigiéndonos en normas establecidas para el consumo de especies acuícolas, y de otras especies (pollos, conejos, etcétera), por lo cual posteriormente se pretende elaborar harina de la carne del Pez Diablo (*Hypostomus plecostomus*), ya que estudios previos demuestran que el consumo de 100 g de carne seca de pez diablo, contiene 85 g de proteína y omega-3, y de estos 83.3 g es aprovechado por el cuerpo. (CONAPESCA, 2011). Con base en lo anterior, se evaluó el aprovechamiento del Pez Diablo (*Hypostomus plecostomus*), analizando el contenido de metales pesados, así como de su ecosistema.



Figura 1. Muestreo de agua en el río Grijalva

MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio de la cuenca

Se efectuó un reconocimiento de la cuenca delimitando su área, identificando sus afluentes, líneas divisorias con otras cuencas, su fisiografía o relieve que está relacionada con la climatología, identificando poblaciones cercanas, así como el giro de sus actividades, para conocer de qué manera están impactando al ecosistema, y datos precipitación pluvial, temperatura media, máxima y mínima.

Zona de estudio (área de recolecta)

El río Grijalva, se interna en territorio mexicano por el estado de Chiapas, atraviesa las montañas de la Sierra Madre del Sur y la depresión central de Chiapas, en donde se localizan las principales presas hidroeléctricas; y es en una de éstas donde se localiza el poblado de Plan de Ayala, y donde se decidió tomar las muestras. Se lo-



Figura 2. Captura del pez diablo.

calizaron dos zonas de muestreo, ubicándolos con un sistema de posicionamiento global (GPS), en las coordenadas 17.472583,-93.481525 (zona 1), poblado de Plan de Ayala y 17.463038,-93.473285 (zona 2), aguas abajo de la presa peñitas.

Trabajo de campo (Muestreo de agua y de ejemplares de pez diablo)

Las muestras de agua se tomaron en los sitios que corresponden a la zona 1 y 2, realizándolo con botes de polietileno, estériles, para su transporte en una hielera a 4 °C, hasta ser analizadas. En el momento de la toma de muestras, las botellas se enjuagaron con el agua del río antes de tomar la muestra definitiva (Figura 1). Los ejemplares utilizados se obtuvieron a través de la captura por pescadores de la región, durante el día (Figura 2). Se depositaron en hieleras, adecuadamente rotuladas para su identificación y se conservaron en hielo para su transporte hasta ser analizados.

Análisis fisicoquímico y de metales pesados en el agua

La caracterización fisicoquímica del agua *in situ*, se determinó utilizando un medidor portátil Hach, modelo HQ 400d cuantificando el oxígeno disuelto, temperatura, potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica, además de demanda de química de oxígeno (DQO) *ex situ*. En la determinación de metales pesados se utilizó el equipo de Plasma de Acoplamiento Inductivo, junto con un Espectrofotómetro de Emisión Óptica (ICP-OES).

Metales pesados en el Pez diablo

En la planta piloto del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, a cada pez se le realizó una incisión ventral en plano sagital para retirar las vísceras (Figura 3). Las branquias, músculo e hígado fueron separados y colocados en recipientes de cristal.

Cada tejido se procesó por separado y secado en una estufa a 40 °C hasta tener un peso constante.

Digestión acida de las muestras

Una vez obtenidas las muestras secas de hígado, branquias y músculo; se tomaron 5 g de cada una y se colocaron en recipientes de vidrio, se les adicionó 2 mL HNO₃ y 1 mL HCl, se taparon y se calentaron a 90 °C hasta tener una apariencia cristalina, posteriormente se filtraron con papel filtro Whatman grado 4, el extracto se colocó en tubos de Falcon y se aforaron a 50 mL, para su posterior análisis en el ICP-OES.

Para las muestras de agua se tomaron alícuotas de 50 ml se les adicionó 3 mL de HNO₃ y se calentó a 90 °C hasta obtener una apariencia cristalina y clara, una vez hecho esto, se filtraron con papel filtro Whatman grado 4, el extracto se colocó en tubos de Falcon y se aforaron a 50 ml, para su posterior análisis en el ICP-OES.

Análisis químico proximales a la carne del pez diablo

Con la finalidad de conocer el aporte nutrimental de la carne del pez diablo para su posible aprovechamiento, se efectuaron los siguientes análisis químico proximales: humedad (NOM-116-SSA1-1994), cenizas (NMX-F-607-NOMRMEX-2002); proteína cruda (METODO INTERNO ET-BR04, en NMX-F-608-2002), grasa (NMX-F-615-NORMEX-2004), y carbohidratos.

Orográficamente la zona estudiada se encuentra en la zona de transición entre las grandes montañas de Chiapas y las planicies de Tabasco, al oriente del río Grijalva.

La hidrológia la constituye el río Grijalva y su afluente Ostuacán y los arroyos Alapac, San José, Cambac, Copano, Agua Tibia, Shuxpac, Muxpac,



Figura 3. Disección del pez diablo.

Laja, Maspac, Catedral, Amacoite, Sangre y Tanchichal. El territorio del municipio está integrado en la Región Hidrológica Grijalva-Usamacinta y a la Cuenca Río Grijalva-Villahermosa.

La central hidroeléctrica “Peñitas”, tiene una capacidad de almacenamiento total de 1,485 millones de m³, un área de captación de 127,500 Has. Y una generación neta de energía de 1,610.82 Gigawatts h⁻¹. Plan de Ayala tiene un clima tropical. En comparación con el invierno, los veranos tienen mucha más lluvia. El clima aquí se clasifica como Aw por el sistema Köppen-Geiger, a una altitud de 40 m. Con una población de 1,463 habitantes, en la zona se practican las actividades de agricultura, ganadería, crianza de Tilapias en acuacultura, en menor proporción la pesca y minería. (Estación Metereológica CFE río Grijalva, 7106 Peñitas 2016).

El contenido de metales pesados detectados en el río Grijalva se muestran a continuación en el Cuadro 2.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Los valores obtenidos para la calidad del agua, utilizando el medidor Hach, se muestran a continuación en el Cuadro 1.

Los valores promedio del contenido de metales pesados detectados en los órganos del pez diablo, se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 1. Valores de los parámetros del agua del Río Grijalva.		
Parámetros	Zona analizada	Valor promedio ± desviación estándar
Oxígeno disuelto (mg L ⁻¹)	1	4.5±0.02
	2	3.6±0.01
Conductividad eléctrica (µS m ⁻¹)	1	350±0.57
	2	3980.00
pH	1	7.0±0.02
	2	7.5±0.05
T (°C)	1	29.5±0.50
	2	29.2±0.23
DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	1	37.7±5.80
	2	19.1±7.01

Zonas: (1) poblado; (2) presa peñitas.

Los valores obtenidos del análisis químico proximal a la carne del pez diablo se muestran en el Cuadro 4.

Los resultados obtenidos expresados en el Cuadro 1, en el río Grijalva cumplen con los estándares considerados, en la protección de la vida acuática, especificados en la NOM-001-SEMAR-

Cuadro 2. Concentración de metales pesados en el Río Grijalva.

Zona	Metales presentes en el Río Grijalva (mg L ⁻¹)						
	Cu	Ni	Pb	Al	As	Cd	Cr
1	0.02233	0.00147	0.00912	0.00664	0.000	0.00080	0.00157
2	0.00017	0.00120	0.00014	0.00717	0.000	0.00072	0.00103
Valores máximos permisibles OMS/UE	2.0	0.02	0.01	0.2	0.01	0.005	0.05
NOM-001-SEMARNAT-1996 Protección vida acuática	P.D. 6.0	P.D. 4.0	P.D. 0.4	-	P.D. 0.2	P.D. 0.2	P.D. 1.0

P.D.= Promedio diario; Zonas: (1) poblado; (2) presa peñitas.

Cuadro 3. Metales pesados en los órganos del pez diablo (*Hypostomus plecostomus* L.).

Zona	Órgano	Contenido de metales pesados (mg kg ⁻¹)						
		Cu	Ni	Pb	Al	As	Cd	Cr
1	Músculo	0.00525	0.00022	0.00032	0.00038	0.00005	0.00019	0.00046
	Branquias	0.00204	0.00014	0.00023	0.00069	0.00003	0.00002	0.0003
	Hígado	0.00712	0.0052	0.00618	0.0247	0.00001	0.00397	0.00717
2	Músculo	0.00457	0.00055	0.00061	0.03357	0.00003	0.00223	0.00514
	Branquias	0.54387	0.02167	0.1217	0.74666	0.00008	0.07244	0.08496
	Hígado	0.44343	0.00223	0.1032	0.58193	0.00005	0.04096	0.05557
*	Músculo	30.0	5.0	2.0	0.2	3.0	0.25	0.1
**	Músculo	-	-	1.0	-	-	0.5	-
***	Músculo	30.0	10.0	-	-	-	1.0	-

Zonas: (1) poblado; (2) presa peñitas; * UE=Unión Europea límites máximos.

** NOM-242-SSA1-2009.- Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. *** FAO/OMS=Límites máximos permisibles.

Cuadro 4. Análisis químico proximal de la carne del pez diablo (*Hypostomus plecostomus* L.).

Muestra	Humedad (g 100 g ⁻¹)	Cenizas (g 100 g ⁻¹)	Proteína cruda (g 100 g ⁻¹)	Grasa (g 100 g ⁻¹)	Carbohidratos (g 100 g ⁻¹)
Carne de pez diablo	7.4778	2.7748	90.5996	2.2048	0.00

NAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en la descarga de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Los resultados expresados en el Cuadro 2, correspondientes al contenido de metales pesados, en el río Grijalva cumplen con los estándares considerados en la protección de la vida acuática, especificados en la NOM-001-SEMARNAT-1996, incluyendo la demanda química de oxígeno que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en la descarga de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Así mismo los valores medidos en comparación con los límites máximos permisibles que marca la Organización Mundial de la Salud/

Unión Europea, son inferiores en cada uno de los parámetros.

Los resultados del Cuadro 3, correspondientes al contenido de metales pesados en los órganos músculo, branquias e hígado del pez diablo que habita en el ecosistema delimitado del río Grijalva cumplen con los estándares contemplados, en la normatividad de la Unión Europea, y de la FAO/OMS, además cumplen con los límites máximos permisibles especificados en la NOM-242-SSA1-2009, Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados. Para el contenido de los metales pesados de Plomo y Cadmio. Autores como Maldonado et al. (2015)



registraron valores más elevados en el contenido de metales pesados contenidos en el pez diablo procedente del río Usumacinta (México), pero inferiores a los límites máximos permisibles de la FAO/OMS.

Los elementos que se encontraron en una mayor concentración correspondiente a la zona 1 en músculo fueron Cu>Al>Pb y en la zona 2 en músculo fueron Al>Cr>Cu, Vinodhini *et al.* (2008) encontraron que son el hígado y riñones donde más acumulación de metales pesados existe. Tao *et al.* (1999) realizó un estudio sobre la ingestión de Pb a través de branquias en el pez *Carassius auratus*, llegando a la conclusión de que el Pb es más disponible cuando no hay movimiento de corrientes que cuando las hay y cuando esta adherido a pequeñas partículas, pudiera ser el caso que el plomo y otros metales están más biodisponibles debido a esto. Dan, (1997), menciona sobre la concentración de elementos (Aluminio, Arsénico, Cadmio, Calcio, Cobre, Cromo, Hierro, Plomo, Potasio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Níquel y Selenio) en el Río Kiamichi en Oklahoma (E.U.), que cuando el río se encuentra en su mínimo nivel, las concentraciones de estos elementos tienden a ser superiores, presentándose niveles altos ya sea en sedimentos, adheridos a partículas y en el agua superficial, volviéndolos biodisponibles para la biota acuática.

Relativo al Cuadro 4, sobre los resultados del examen químico proximal de la carne (músculo), y enfocándose al contenido de proteína se registró un alto contenido, que potencialmente puede ser aprovechado y utilizado en alimentación animal, por ejemplo, como ingrediente de alimento balanceado para Tilapias.

CONCLUSIONES

Existe diferencia estadística significativa en las concentraciones de Cobre y Plomo, en el río Grijalva, entre la zonas 1 y 2. En base a los resultados obtenidos en cuanto a la concentración de metales pesados en los órganos del pez diablo, músculo (carne), branquias e hígado en la dos zonas, estos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles para consumo humano, señalado en los estándares de la Unión Europea (UE), Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación (FAO/OMS) y NOM-242-SSA1-2009. En un futuro se pueden realizar otras pruebas en sedimento y de toxicidad y bioacumulación, al pez diablo de estas zonas para su consumo, sino para alimentación humana en un primer momento, si para alimentación animal y considerando que el contenido de proteína del músculo

reúne los requisitos para la elaboración de alimento balanceado para peces, este puede competir con algunas marcas comerciales.

La variación de los caudales del río se ve afectada, por su regulación que tiene la Presa Peñitas y estos influyen en la concentración de contaminantes presentes en el río.

LITERATURA CITADA

- Anuario estadístico y geográfico de Chiapas 2015. INEGI
- Amador-del Ángel. L.E., Wakida-Kusunoki, A.T. (2014). Peces invasores en el sureste de México. Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad, México, pp. 425-433.
- Butler G.C. (1978). Principles of Ecotoxicology. Scientific committee on problems of the environment (SCOPE). John Wiley and Sons.
- CLIMATE COMPUTING (CLICOM) Estación Meteorológica CFE río Grijalva, 7106 Peñitas 2016
- CONAPESCA. (2011). Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca-SAGARPA.
- Dan B.M., (1997), Concentrations of selected elements in the Kiamichi River above Hugo reservoir. Environmental Quality Program, Tulsa Oklahoma. 20 p.
- EU, Directiva 98/83 CE del Consejo de 3 de noviembre de 1998 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.
- Maldonado-Enríquez, E.J. (2015). Contenido de metales pesados en músculo de pez. Revista Iberoamericana de Ciencias, 67-73.
- NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en la descarga de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- NOM-116-SSA1-1994, Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico.
- NOM-242-SSA1-2009.- Productos y servicios. Productos de la pesca frescos, refrigerados, congelados y procesados.
- NMX-F-607-NOMRMEX-2002. Alimentos- Determinación de cenizas en alimentos.
- METODO INTERNO ET-BR04. Referenciado en la NMX-F-608-2002.
- NMX-F-615-NORMEX-2004 Determinación de extracto etéreo (Método Soxhlet) en alimentos.
- OMS. (2017) Guidelines for drinking-water quality, Fourth edition of the World Health Organization's 633: 307-433.
- Plan Municipal de Desarrollo 2015-2018, Ostucán, Chiapas.
- Tao *et al.*, (1999). Uptake of particulate lead via the gills of fish (*Carrasius auratus*). Archives of Environmental Contamination and Toxicology 37: 352-357.
- Truhaut R. (1977). Ecotoxicology: objectives, principles and perspectives. Ecotoxicology Environmental safety.1: 151-173.
- Vinodhini R, Narayanan M (2008). Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp). Int. J. Environ. Sci. Technol. 5(2):179-182.