

BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN LOS MÚSCULOS DE CLARIA GARIEPINUS Y SU INCIDENCIA EN LA SALUD HUMANA.

Bioaccumulation of heavy metals in the muscles of Claria Gariepinus and its impact on human health.

Recibido: 10/04/2023 – Revisado: 16/07/2023 - Publicado: 06/01/2024
DOI: <https://doi.org/10.56124/ubm.v5i8.0001>



ene - jun 2024
Vol. 5 - Núm. 8
e-ISSN 2600-6006

Rafael Armiñana García
<https://orcid.org/0000-0003-2655-7002>
rarminana@uclv.cu

Lizandra Morales Suárez
<https://orcid.org/0000-0003-4813-1643>
lizandram@uclv.cu

Annette Padilla Gómez
<https://orcid.org/0000-0002-7378-0672>
alpadilla@ucf.edu.cu

Onelio Quintero Delgado
<https://orcid.org/0000-0002-5295-4629>
oquintero@uclv.cu
Universidad Central "Marta Abreu",
Villa Clara, Cuba.
Universidad de Cienfuegos "Carlos
Rafael Rodríguez", Cuba.



Resumen

Los metales pesados se hallan entre los contaminantes ambientales y su introducción en las aguas demuestran la presencia de fuentes antropogénicas. El objetivo de la investigación consistió en evaluar la exposición bioacumulativa a metales pesados en muestras de los músculos ventrales de *Clarias gariepinus* que habitan en el ecosistema dulceacuícola Bélico en la ciudad de Santa Clara, Villa Clara, Cuba. Para el desarrollo de la investigación se emplearon métodos de recopilación de la información y de procesamiento de la información recopilada, destacándose la entrevista a 10 personas que se dedican a la pesca de la *Claria* y la encuesta a 50 pobladores que consumen *C. gariepinus*. La captura de los ejemplares se realizó mediante redes, con una luz de malla de 60 a 110 mm, y varas de pescar. Los muestreos se efectuaron en dos zonas del ecosistema dulceacuícola Bélico. La determinación de los metales se realizó por mezcla de digestión ácida, cuantificándose los elementos mediante Espectrometría de Emisión por Plasma Inductivamente Acoplado con Vista Axial (ICP-AES). Los metales pesados encontrados en *C. gariepinus* fueron: Co, Cr, Cu, Zn, As, Pb y Cd. Se concluye que el río Bélico, posee condiciones ambientales de exposición biodisponible para metales pesados.

Palabras clave: Contaminantes ambientales, *Claria gariepinus*, ecosistema dulceacuícola Bélico, exposición bioacumulativa, metales pesados

Abstract

Heavy metals are among the environmental pollutants and their introduction into waters demonstrates the presence of anthropogenic sources. The objective of the research was to evaluate the bioaccumulative exposure to heavy metals in samples of the ventral muscles of Clarias gariepinus living in the Bélico freshwater ecosystem in the city of Santa Clara, Villa Clara, Cuba. For the development of the research, methods of information collection and processing of the information collected were used, highlighting the interview to 10 people involved in Claria fishing and the survey to 50 villagers who consume C. gariepinus. The specimens were captured using nets with a mesh size of 60 to 110 mm and fishing rods. Sampling was carried out in two zones of the Bélico freshwater ecosystem. The metals were determined by acid digestion mixture, and the elements were quantified by Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry with Axial View (ICP-AES). The heavy metals found in C. gariepinus were: Co, Cr, Cu, Zn, As, Pb and Cd. It is concluded that the Bélico river has environmental conditions of bioavailable exposure for heavy metals.

keywords: Environmental contaminants, *Claria gariepinus*, Bélico freshwater ecosystem, bioaccumulative exposure, heavy metals.

Cita sugerida APA - 7ma. Edición

Armiñana, R., Morales, L., Padilla, A., & Quintero, O. (2024). Bioacumulación de metales pesados en los músculos de *Claria Gariepinus* y su incidencia en la salud humana. ULEAM Bahía Magazine, 1 - 8. Obtenido de https://revistas.uleam.edu.ec/index.php/uleam_bahia_magazine/issue/view/22bahia_magazine

Introducción

La seguridad alimentaria se ha convertido en eje principal para la supervivencia del planeta, dada la aumentada expansión demográfica y la decreciente disponibilidad de recursos alimenticios (FAO, 2017). El pescado juega un papel esencial, dado que puede reducir los índices de malnutrición por su contenido de aminoácidos esenciales, proteína de alta calidad, lípidos con ácidos grasos esenciales (EPA y DHA), vitaminas y minerales (Kris et al., 2002; FAO, 2016). Adicionalmente reduce el riesgo de enfermedades coronarias, diabetes e hipertensión y contribuye al desarrollo y crecimiento fetal (Fuentes et al., 2018).

En este siglo XXI, la contaminación de los ríos es uno de los problemas más serios y emergentes en la mayoría de los países en desarrollo, por la rápida industrialización y agricultura intensiva que han generado un aumento en la cantidad de efluentes que se eliminan en cuerpos de agua naturales, dichos efluentes constituyen una de las principales fuentes de toxicidad ambiental, que pone en peligro la biota acuática y deteriora la calidad del agua (Laxmi et al., 2019).

La contaminación por metales, tiene una influencia esencial en la sociedad humana debido a su persistencia y capacidad de biomagnificarse a lo largo de la cadena alimentaria, por lo que, afecta la salud humana por la eventual ingestión de metales pesados biomagnificados en las fuentes de alimentos (peces) o por la ingesta directa de agua contaminada (Copaja & Muñoz, 2018; Luo et al., 2021).

Los metales pesados se encuentran entre los más comunes contaminantes ambientales y su presencia en las aguas y la biota indican la presencia de recursos naturales o fuentes antropogénicas. La existencia de metales pesados en el medio acuático, se ha convertido en una seria amenaza debido a su toxicidad, bioacumulación, larga persistencia y biomagnificación en la cadena alimentaria (Erdoğrul y Ates 2006, Agah et al., 2009; Yi y Zhang, 2012; Monroy et al., 2014).

Es de destacar que los metales pesados al alcanzar al medio acuático se establecen en los sedimentos los cuales intervienen como integradores y concentradores de metales y luego dependiendo de la forma física y química de estos pueden movilizarse y ser trasladados a través de las membranas biológicas de diferentes especies de peces.

Los moluscos bivalvos como animales filtradores, y los peces tienden a acumular metales en sus músculos. Para cada elemento traza, los sitios de acumulación, y en los peces puede variar según la vía de absorción y, también con la intensidad y duración de la exposición (Bertolotti & Noé, 2018). Cuando los ecosistemas acuáticos están contaminados por metales pesados, constituyen un serio problema ambiental (Brodeur et al., 2009; Javed et al., 2015; Argota et al., 2016).

Para el hombre, la ingesta por alimentos se considera la fuente más significativa de exposición a los metales pesados, con ex-

posición de la exposición accidental y ocupacional (OMS, 2011), originando diversos problemas de salud. El envenenamiento por plomo puede producir perjuicios a los sistemas cardiovascular, renal, gastrointestinal, hematológico y reproductivo, así como cambios subcelulares y perturbaciones del desarrollo neurológico, siendo éste último el más significativo (UNEP, 2012).

Los efectos adversos para la salud son el resultado de la especificación del metal acumulado en el cuerpo, el grado de exposición (cantidad, frecuencia y duración) y la edad del sujeto (Clarkson y Magos, 2006; Kim et al., 2016; Vargas & Marrugo, 2019).

La mayoría de metales como Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Cadmio (Cd) e incluso el Arsénico (As); surgen de procesos de liberación al medio ambiente, producto de fenómenos naturales o actividades antrópicas (Nawab et al., 2018). No obstante, genera gran preocupación el Hg, toda vez que casi todo el que se acumula en el músculo de los peces, se encuentra en su forma más tóxica, el Metilmercurio (CH₃Hg), logrando biomagnificarse en concentraciones miles de veces mayores a las encontradas en el agua y biodisponible a cualquier matriz (tejidos musculares y adiposos de los peces) (Nakamura et al., 2014; Salazar et al., 2017). La conversión del Hg a una forma orgánica como el CH₃Hg, es el puente de entrada del metal a las cadenas alimentarias acuáticas que culminan en el consumo humano (Hsu et al., 2013).

C. gariepinus, o pez gato africano, es un pez dulceacuícola de la familia Clariidae. esta especie tropical está ampliamente distribuida debido a su alta tasa de crecimiento, fecundidad y tamaño. Alcanza hasta 29 kg, es carnívora y altamente depredadora. La carne es suave, de sabor agradable y su valor en el mercado internacional es de 2,38 dólares el kilogramo y han demostrado ser tan voraces como invasivos (Armiñana et al., 2017).

La Claria es introducida en Cuba en julio de 1999, para aumentar el consumo de proteínas de la población durante los años del llamado «período especial», al año siguiente se decide su explotación a gran escala principalmente para el cultivo intensivo. Sin embargo, se sabía que era una especie altamente invasiva, pero evidentemente, ni los alevines que llegaron fueron híbridos, ni los planes de contingencia se llevaron a la práctica, las que sí pasaron por las puertas de muchas instituciones, fue *C. gariepinus*, producto de las fallas en la seguridad biológica. Los hubo también que, inescrupulosamente, vendieron los alevines para criarlos en estanques particulares, y hasta en no pocas peceras, acabó con otras especies, al usarlos como peces ornamentales (Armiñana et al., 2017).

Se ha podido constar mediante la observación participativa que, en el ecosistema dulceacuícola Bélico, que atraviesa la ciudad de Santa Clara, está presente la especie *C. gariepinus*, y que pobladores de la ciudad la pescan, para después comercializarlas como alimento humano y animal a sectores vulnerables de la población, sin tener en cuenta que este río está altamente contaminado, debido en lo fundamental a la acción antrópica, y estos peces pueden contener en sus músculos metales pesados que causan serios problemas a la salud humana. En tal sentido los investigadores se

propusieron como objetivo: evaluar la exposición bioacumulativa a metales pesados en muestras de los músculos ventrales de *C. gariepinus* presentes en el ecosistema dulceacuícola Bético en la ciudad de Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en dos zonas del ecosistema dulceacuícola Bético (Figura 1) en la ciudad de Santa Clara, Villa Clara, Cuba (Figura 2).



Figura 1. Mapa satelital donde se observa una parte del Consejo Popular Condado Sur y el río Bético. Los puntos amarillos indican las dos zonas de colectas de *C. gariepinus*, Foto Google Maps.

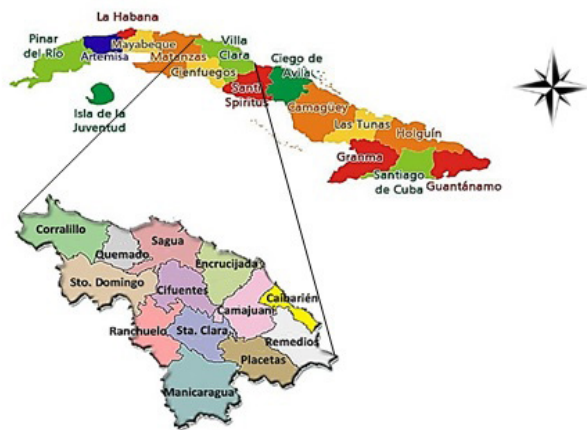


Figura 2. Mapa de Cuba con sus 15 provincias y el municipio especial Isla de la Juventud y mapa de la provincia de Villa Clara con sus municipios. Foto Google Maps.

Este río nace en la loma Dos Hermanas a los 22.387° de latitud norte y los 79.965° de longitud oeste, su vertiente o desembocadura se consume en el río Arroyo Grande ubicado a los 22.465° de latitud norte y los 70.966° de longitud oeste en la ciudad de Santa Clara. Es de destacarse que las aguas que corren a través del cauce se caracterizan por su baja calidad a causa de la fuerte

contaminación de que es objeto por la deposición inadecuada de los residuos sólidos y las características de los vertederos así como los residuos líquidos, al verterse las aguas negras sean urbanas e industriales y de los centros de salud que vierten hacia sus aguas de forma directa mediante conexiones legales e ilegales que ocasionan cambios en la calidad de sus aguas (Hernández, 2018)

Los materiales utilizados para la captura de *C. gariepinus* fueron los siguientes: las redes, con una luz de malla de 60 a 110 mm, y cañas o varas de pescar.

Las técnicas de pesca utilizadas fueron la pesca con cebo y redes de camino. La determinación de los metales se realizó por mezcla de digestión ácida, cuantificándose los elementos mediante Espectrometría de Emisión por Plasma Inductivamente Acoplado con Vista Axial (ICP-AES).

Se procesaron 0.10 g de muestra de músculos ventrales de *C. gariepinus*, y posteriormente se sometieron a digestión húmeda con ácido nítrico. Los resultados se expresaron en microgramos por gramo.

Los músculos extraídos de la región ventral de los peces se introdujeron en una estufa a 700 C durante 48 horas para su secado total (Argota et al., 2013). Las muestras fueron pulverizadas y homogenizadas utilizando un mortero. Para analizar los metales se pesó en una balanza analítica 0,10g de músculos, colocándose luego en vasos de precipitados de 250 mililitros (ml). Se añadieron 5ml de una mezcla de ácidos HClO₄: H₂SO₄ (7:1) y 15ml de HNO₃ concentrado, efectuando la digestión en una plancha de calentamiento a 80°C hasta la evaporación total de la mezcla de ácidos. Se añadió nuevamente 5ml de HNO₃ concentrado y se calentó hasta constatar la presencia de sales húmedas. A continuación, se trasladó cuantitativamente a frasco volumétrico 25ml, con ayuda de una disolución de ácido nítrico 0.7 M. La cuantificación de los elementos se efectuó mediante Espectrometría de Emisión por Plasma Inductivamente Acoplado con Vista Axial (Argota et al.2013).

Para la realización de la investigación se esgrimieron otros métodos propios de las investigaciones socioculturales, por las características de la investigación, donde los pobladores tuvieron una participación activa. Los métodos que se esbozan a continuación están en correspondencia con lo planteado por Armiñana et al. (2018, 2020).

Entrevista: para conocer las opiniones de diversos pobladores del Consejo Popular Condado Sur que se dedican a la pesca de peces dulceacuícolas, relacionados con los métodos de captura, zonas de pesca, destino de los ejemplares capturados y otros aspectos.
Encuesta: para constatar por parte de los pobladores del Consejo Popular Condado Sur, si ellos consumen la Claria con frecuencia, lugar de procedencia y el efecto negativo que puede provocar a la salud esta especie de pez.

Observación: para constatar in situ el proceso de captura de *C.*

gariiepinus, su procesamiento y posterior comercialización.

Análisis-síntesis: para valorar los principales aportes de investigadores cubanos y foráneos al tema de la investigación. Además, se conciertan y contrastan las reflexiones procedentes de las fuentes consultadas.

Análisis de documentos: para suministrar la indagación necesaria del estado actual del objeto de investigación, considerándose diversos autores que han trabajado el tema y sus resultados.

Deductivo-demostrativo: para hacer inferencias alrededor de la situación real de la presencia de metales pesados en los músculos de ejemplares de *C. gariiepinus*, el ecosistema dulceacuícola Bético en la Ciudad de Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Se utiliza, además, como procedimiento el análisis porcentual. Antes de comenzar el trabajo en la zona de estudio, se decidió entrevistar a una muestra seleccionada 10 pobladores del Consejo Popular Condado Sur en la ciudad de Santa Clara que, se dedican a la pesca de la Claria, para indagar sobre sus experiencias en la pesca de peces dulceacuícolas, ríos, arroyos, represas donde se efectúan las capturas, métodos utilizados, finalidad dada por ellos a los peces capturados y si poseen conocimientos si este tipo de pez alberga en sus músculos metales pesados que pueden provocar afectaciones a la salud humana.

Para la realización de la entrevista se tuvo en cuenta que, el entrevistador debe tener soltura y/o paciencia, estar seguro de lo que desea preguntar al momento de empezar a emplear las preguntas. El lenguaje a usar debe ser claro, comprensible, y las preguntas precisas y sencillas (cortas), ser exactas a lo que se quiere preguntar, y adecuadas al nivel cultural del entrevistado (Halperín, 2012; Armiñana et al., 2019).

A continuación, se expone la entrevista a realizar a los 10 pobladores seleccionados que se dedican a la pesca de peces dulceacuícolas.

Objetivo: Indagar entre los diferentes pobladores que se dedican a la pesca de peces dulceacuícolas, en el Consejo Popular Condado Sur en la ciudad de Santa Clara Villa Clara, diferentes aspectos relacionados con los métodos de captura, zonas de pesca, destino de los ejemplares capturados y otros aspectos.

Slogan

Estimado ciudadano, estamos realizando una investigación relacionada con la pesca de la Claria. El tal sentido Ud. No debe sentirse preocupado, pero como investigadores que somos, se nos hace necesario elevar nuestra cultura y máxime cuando Ud. posee una vasta experiencia en la captura de peces dulceacuícolas

Gracias

Cuestionario

1. ¿Cuántos años lleva usted en el arte de la pesca de ejemplares de peces de agua dulce?
2. ¿Qué tipos de peces de agua dulce usted pesca?
3. ¿En qué ríos, o presas realiza usted la pesca?

4. ¿Conoce usted si los ríos o presas donde usted captura las Clarias están contaminados?

5. ¿Qué tipo de arte de pesca utiliza para la pesca de la Claria?

6. ¿Con qué finalidad usted pesca la Claria?

7. ¿Ha oído hablar que si la Claria habita en ríos contaminados puede adquirir en sus músculos metales pesados que pueden ocasionar a las personas serios trastornos digestivos por intoxicación y hasta la muerte, si es consumida?

La encuesta

Objetivo: Investigar en el Consejo Popular Condado Sur, acerca del consumo de *C. gariiepinus* por parte de los pobladores.

Slogan

Estimado ciudadano, estamos realizando una investigación relacionada con el consumo de la Claria. El tal sentido Ud. No debe sentirse preocupado, pero como investigadores que somos, se nos hace necesario conocer algunos aspectos relacionados con el consumo de este pez.

Gracias

Preguntas

1. Incluye usted en su dieta carne de Claria.

Frecuentemente ___ algunas veces ___ no la incluyo ___

En caso de no incluirla en su dieta pudiera decir el ¿por qué?

2. En qué lugar Ud. Adquiere la carne de Claria.

En la pescadería ___ en la calle a vendedores ambulantes ___ me lo llevan a la casa ___ otros ___

3. Conoce usted la procedencia de la Claria que usted consume

Sí ___ No ___

Si su respuesta es afirmativa, por favor mencione el lugar de procedencia

4. Por qué Ud. Consume carne de Claria.

5. Ha oído hablar que la carne Claria puede poseer metales pesados que son dañinos a la salud humana

Sí ___ No ___

Resultados

A continuación, se muestran los resultados derivados una vez realizada la entrevista a 10 ciudadanos que se dedican a la pesca de *C. gariiepinus* y otros peces dulceacuícolas.

La pregunta 1 relacionada con los años que llevan estos pobladores en el arte de la pesca de ejemplares de peces de agua dulce, 3 aseveraron que 15 años para un 30,0%, 4 manifestaron que llevan 7 años lo que representa el 40,0%, 2 expresaron que pescan hace 4 o 5 años aproximadamente, para un 20,0%, y uno 2 años, que constituye el 10,0%.

Acerca de los tipos de peces de agua dulce que los entrevistados capturan, el 100% pescan fundamentalmente la tilapia *Oreochromis spp*, la Claria, la tenca *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758), y la Biajaca *Nandopsis tetracanthus* (Valenciennes in Cuvier & Valenciennes, 1831).

La pregunta 3 concerniente con los ríos, o presas donde ellos realizan la pesca, el 100% confirman que los principales

ecosistemas dulceacuicolas donde se realiza la captura de peces son:

Presa Minerva, los ríos Ochoa, Bélico, Cubanicay y Arroyo grande; todos enmarcados en la ciudad de Santa Clara, provincia de Villa Clara.

La pregunta 4 relativa a si los pescadores conocen si los ríos o presas donde ellos capturan la Claria están contaminados, el 100% responden que el río Bélico y Cubanicay, están contaminados por la cantidad de basura que arrastra el río, pero no así el Ochoa y la presa Minerva.

Con relación a la interrogante 5 sobre el tipo de arte de pesca utilizados por ello para la captura de la Claria, el 100% han empleado como artes de pesca la caña de pescar y redes.

Las respuestas dadas por los entrevistados a la pregunta 6 referente a la finalidad que ellos le dan a la pesca de la Claria, el 60,0% aseguran que lo hacen para prepararlas y venderlas a personas de su barrio, porque eso constituye una fuente de ingreso para ellos, 2 pescadores el 20,0%, la utilizan para alimentar a los puercos y los otros 2, el 20,0% para darle de comer a los gatos y perros. Por último y relacionado con la pregunta 7, el 100% de los pescadores no conocen que la Claria puede albergar en sus músculos metales pesados que adquieren al habitar en ríos contaminados y puede ocasionar a las personas serios trastornos digestivos por intoxicación y hasta la muerte, si es consumida.

Resultados obtenidos de la encuesta

Sobre la interrogante 1 relacionada con la inclusión en la dieta de carne de Claria por parte de los encuestados los resultados fueron los siguientes: (17 pobladores) que representa el 34,0% plantean que comen Claria algunas veces, (30) el 50,0% frecuentemente y (3), no la consumen, planteando que la comprar para alimentar a los gatos.

Acerca de los lugares donde las personas adquieren la carne de Claria y en correspondencia con la pregunta 2, (7 pobladores) que constituye el 14% de los encuestados indican que la compran en la pescadería, (32) el 64% la adquieren en la calle por medio de los vendedores ambulantes, y (11) que significa el 22%, le llevan el pescado a la casa.

El 100% de las personas que compran la Claria conocen la procedencia de C. gariepinus, afirmando que provienen de los ríos y represas que se encuentran en Santa Clara.

A la interrogante 4 relacionada, con el consumo de la Claria, las respuestas fueron muy diversas, por ejemplo:

- Porque la Claria no tiene espina.
- Muy nutritiva.
- Me gusta la Claria, es sabrosa cuando la adobas bien.
- Porque es el pescado de agua dulce que menos sabe a tierra es la Claria.
- Resulta difícil conseguir pescado de mar.
- Es más barata que el pescado de mar.

- Porque está muy difícil conseguir la proteína.
- Me resuelve la ausencia de carne de cerdo, pollo, res.
- Porque una libra de filete de Claria me cuesta 160 pesos y una libra de carne de cerdo 400.
- Porque el médico me dijo que comiera pescado.
- Cuando la fríes o la hierves, no tiene ese olor tan penetrante de la tenca o la mura.
- Es el pescado que más venden los pescadores.
- Porque con la carne de la Claria hago picadillo y croquetas.

En correspondencia con la pregunta 5 acerca de que si los pobladores han oído hablar que la carne Claria puede poseer metales pesados que son dañinos a la salud humana, el 100% plantean que no.

Realizadas las entrevistas y las encuestas, se decidió entonces invitar a pescadores de más experiencia para la realización de la captura de C. gariepinus.

Las capturas

Se capturaron un total de 20 ejemplares de C. gariepinus, cuyo tamaño oscilaron entre los 22,0cm y 46cm. El peso en gramo fluctuó entre los 293g y 146g. De los 20 ejemplares capturados 6 fueron hembras y 14 machos y mostraban un aspecto sano, con una copiosa mucosidad. Un 7,0% de la población de este pez presentó algún síntoma de anormalidad como algunas heridas en la boca, debido al empleo de la pesca con anzuelo. Todos mantenían su cloración negro-opaca.

Análisis de metales pesados en la musculatura de C. gariepinus

Los 20 ejemplares examinados mostraron valores de contaminación por metales pesados. Fueron detectados en los músculos ventrales del pez: Co, Cu, Cr, Zn, As, Pb y Cd.

La tabla 1, muestra el contenido de metales pesados en los músculos comestibles de C. gariepinus

Tabla 1. Contenido de metales pesados en el músculo comestible de C. gariepinus.

Número de ejemplares	20
Largo (cm)	22,0 y 46
Peso (g)	290 ± 142
Co	0,06±0,07 (0,01 – 0,25)
Cu	13,69 ± 32,08 (0,86-88,16)
Cr	0,10 ± 0,06 (0,01-0,25)
Zn	14,6 ± 5,4 (5,5-20,0)

As	0,10 ± 0,10 (0,01-0,27)
Pb	0,30 ± 0,38 (0,03-1,23)
Cd	0,09 ± 0,13 (0,02-0,45)

Discusión

En el Consejo Popular Condado Sur, en la ciudad de Santa Clara, Villa Clara, Cuba, muchas personas compran filetes de *C. gariepinus* a vendedores ilegales, que los comercializan, en diferentes zonas de este Consejo, incluso conociendo la procedencia de este pescado. Los ejemplares de *Claria* que se comercializan pueden tener varios orígenes, provenientes del río Bélico, Cubanicay, Ochoa o de la presa Minerva.

Los pobladores que consumen *Claria* no conocen que este tipo de pez en sus músculos alberga contaminantes como metales pesados. (Gale et al., 2002) señalan que, los músculos de los peces es la parte del animal que típicamente se consume. En tal sentido el estudio realizado evaluó la concentración de metales pesados en la musculatura de *C. gariepinus*.

Los ejemplares de *C. gariepinus* sometidas al estudio, presentaron concentraciones de cobre y cinc en sus músculos ventrales por debajo de los niveles máximos permisibles según la Norma Cubana, para el consumo humano. En tal sentido no existe riesgo para el consumo humano. Sin embargo, debe evitarse la ingestión del hígado de esta especie, debido a que posee concentraciones de metales pesados lo que coincide con lo aseverado por (Ciardullo et al., 2008).

Se concuerda con (Copaja & Muñoz, 2018; Luo et al., 2021) que la contaminación por metales pesados, tiene una influencia esencial en la sociedad humana debido a su persistencia y capacidad de biomagnificarse a lo largo de la cadena alimentaria, por lo que, afecta la salud humana por la eventual ingestión de metales pesados biomagnificados en las fuentes de alimentos (peces) o por la ingesta directa de agua contaminada. En tal sentido se pudo corroborar que las *Clarias* que consumen las personas, procedentes del río Bélico albergan en sus músculos metales pesados.

Las principales fuentes de contaminación por metales pesados en el río Bélico son la descarga de residuos municipales, aguas albañales procedentes de los hospitales, la quema de residuos en la orilla de los ríos, la deforestación marcada en sus márgenes y fertilizantes utilizados en la agricultura, esto coincide con lo expuesto por (Zuluaga et al., 2015; Barros et al., 2016).

Es importante destacar que la presencia de metales pesados en los ecosistemas dulceacuícolas, y en particular en el río Bélico y otras fuentes fluviales se ha convertido en una seria amenaza

debido a su toxicidad, bioacumulación, larga persistencia y biomagnificación en la cadena alimentaria, lo que no difiere de lo expresado por (Erdoğan & Ates 2006; Agah et al., 2009; Yi & Zhang, 2012; Monroy et al., 2014). La figura 3 muestra una zona del río Bélico altamente contaminada donde se realizaron las capturas de *C. gariepinus*



Figura 3. Foto de una zona del río Bélico donde se realizaron las capturas de *C. gariepinus* (obsérvese la cantidad de desechos que posee esta fuente dulceacuícola) Foto: Rafael Armiñana García.

Siete ejemplares de *C. gariepinus* capturados poseían contenidos de Cd, Pb y Cu por encima de los correspondientes niveles establecidos por la Norma Cubana Obligatoria. Contaminantes metálicos en alimentos regulaciones sanitarias (2015).

Para la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) el Cd, produce irritación grave del estómago causando vómitos y diarreas y en ciertas ocasiones la muerte. Ingerir niveles de cadmio más bajos durante un período prolongado puede producir acumulación de cadmio en los riñones. Si se alcanza un nivel suficientemente alto, se producirá daño del riñón.

Según las OMS (2022) el plomo es una sustancia tóxica que va acumulándose en el organismo y afectando a diversos sistemas. Es especialmente nocivo para los niños de corta edad. Este metal se distribuye por el organismo hasta alcanzar el cerebro, el hígado, los riñones y los huesos. Se deposita en dientes y huesos, donde se va acumulando con el paso del tiempo. La exposición humana se suele evaluar midiendo la concentración de plomo en sangre. El plomo presente en los huesos pasa a la sangre durante el embarazo y se convierte en una fuente de exposición para el feto a lo largo de su desarrollo. No existe ningún nivel por debajo del cual se pueda afirmar que la exposición al plomo no tiene efectos nocivos.

Hernández (2018) asevera que, el plomo puede provocar disminución de la capacidad física, fatiga, trastornos del sueño, cefalea, dolores de los huesos y músculos, síntomas digestivos,

como estreñimiento, dolores abdominales, y disminución del apetito.

Por último, se hace también necesario expresar que, el cobre puede ser nocivo si se ingiere demasiado. Obtener excesivo cobre de forma regular puede causar lesión hepática, dolor abdominal, calambres, náuseas, diarrea y vómito, según los expresado por Hernández (2018).

Teniendo en cuenta que en los resultados obtenidos de esta investigación se constató la capacidad de bioacumulación de metales pesados en la especie estudiada y su probable impacto en la salud de algunos pobladores del Consejo Popular Condado Sur, al ser consumida, se hace necesario alertar a la población, por los medios de comunicación masivos u otras alternativas del peligro que tiene el comer *C. gariepinus* procedentes de ríos contaminados, y además controlar la comercialización ilícita de esta Especie Exótica Invasora. Lo que no difiere de lo expresado por Mesa et al. (2021).

Los autores de esta investigación pudieron constatar in situ, mediante la observación los procesos de pesca de *C. gariepinus* en el ecosistema dulceacuícola Bélico (Figura 4), la preparación de los filetes de *Claria* y su venta a pobladores del Consejo Popular Condado Sur, que esperaban en una fila la llegada de los pescadores con su carga.



Figura 4. Foto tomada a un pescador furtivo en plena faena de pesca de *C. gariepinus* Foto: Rafael Armiñana García.

Los resultados independientemente de revelar el riesgo a la salud que conlleva el consumo de peces con contenido de metales pesados, ponen en evidencia el deterioro ambiental existente en el ecosistema dulceacuícola Bélico. Es por ello que los autores de este trabajo investigativo consideran realizar monitoreos periódicos del contenido de metales pesados en *Claria* que habitan en otras corrientes dulceacuícolas con la finalidad de evaluar sus tendencias temporales y espaciales y el grado de contaminación de los lugares donde habita esta Especie Exótica Invasora, en plena concordancia con lo expresado por Aveiga et al. (2020).

Referencias

- Agah H., Leemakers M., Elskens M., Fatemi S.M.R. and Baeyens W. (2009). Accumulation of trace metals in the muscles and liver tissues of five fish species from the Persian Gulf. *Environ. Monit. Assess.* 157, 499-514. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0551-8>
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). (2023). <https://www.atsdr.cdc.gov/es/index.html>
- Argota Pérez, G., Argota Coello, H & Iannacone, J. (2016). Exposición bioacumulativa a metales pesados en *Gambusia punctata* y *Gambusia punctulata* del ecosistema Almendares, La Habana, Cuba. *The Biologist (Lima)*, 14(2): 339-350.
- Argota Pérez, G., Argota Coello, H., Rodríguez Amado, J & Fernández Heredia, A. (2013). Determinación de Cu, Zn, Pb y Cd por espectrometría de emisión atómica con plasma inductivamente acoplado en órganos de la especie *Gambusia punctata* (Poeciliidae). *Revista Cubana de Química*, 25: 92-99.
- Armiñana García, R., Fimia Duarte, R., Olivera Bacallao, D. & Ferrer Zaita, Y. (2017). Las especies exóticas invasoras en Cuba. Incidencia en la salud humana. Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP), La Habana. Cuba.
- Armiñana García, R., Olivara Bacallao, D., Fimia Duarte, R., Expósito Pérez, M., Moreno Hernández, M & Barreno Rojas, W.I. (2018). Contribución al estudio de la malacofauna terrestre de la loma «El Miradero», San Diego del Valle, Villa Clara, Cuba. *REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria*, 19 (6), www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060618.html
- Armiñana García, R., Olivera Bacallao, D., Fimia Duarte, R., García Ruiz, R., Alarcón Elbal, P.M., González Insua, R., Aldaz Cárdenas, J.W.; Farrés Zequeira, L.Y & Iannacone, J. (2019). Vinculando la comunidad al conocimiento de la mangosta *Herpestes auropunctatus* Hodgson, 1836 (Herpestidae: Mammalia) como Especie Exótica Invasora en el centro de Cuba. *Biotempo (Lima)*, 16: 99-108.
- Armiñana García, R., Fimia Duarte R., Olivara Bacallao, D., Iannacone, J., Argota Pérez, G & Alarcón Elbal, P.M. (2020). Contribución al conocimiento de los moluscos dulceacuícolas de importancia médico-veterinaria en Villa Clara, Cuba. *Revista de Investigaciones Veterinarias de Perú*, 31(1), e17538. <https://dx.doi.org/10.15381/rivpe.v31i1.17538>
- Aveiga Ortiz, A.M., Cárdenas Guillén, F.M., Peñarrieta Macías, F & Alcántara Boza, F.A. (2020). Bioacumulación de mercurio y zinc en especies ictícolas de la subcuenca del río Carrizal, Manabí, Ecuador. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 3 (2) 49-66
- Barros Barrios, O., Doria Argumedo, C. & Marrugo Negrete, J. (2016). Metales pesados (Pb, Cd, Ni, Zn, Hg) en tejidos de *Lutjanus synagris* y *Lutjanus vivanus* de la Costa de La Guajira, Norte de Colombia. *Revista Veterinaria y Zootecnia*, 10 (2) 27-41. DOI: 10.17151/vetzo.2016.10.2.3
- Bertolotti Rivera, F & Noé Moccetti, N. (2018). Concentración

- de plomo, mercurio y cadmio en músculo de peces y muestras de agua procedentes del Río Santa, Ancash – Perú. *Salud tecnología veterinaria*. 35-41. <https://www.google.com/search?hl=es-CU&gbv=2&sxsrf=AJOqlzVhiBXT5nviitV4ZgSIYYLlgKBw3g%3A1673645598014&q=Concentraci%C3%B3n+de+plomo%2C+mercurio+y+cadmio+en+m%C3%BAsculo+de+peces+y+muestras+de+agua+procedentes+del+R%C3%ADo+Santa%2C+Ancash+-+Per%C3%BA&oq=&aqs=heirloom-srp>
- Brodeur, J.C.; Asorey, C.M.; Sztrum, A. & Herkovits, J. (2009). Acute and subchronic toxicity of Arsenite and Zinc to tadpole of *Rhinella arenarum* both alone and in combination. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 72: 884-890.
- Ciardullo, S., Aureli, F., Coni, E., Guandalini, E., Iosi, F., Raggi, A., & Cubadda, F. (2008). Bioaccumulation potential of dietary arsenic, cadmium, lead, mercury, and selenium in organs and tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) as a function of fish growth. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(7), 2442-2451.
- Copaja S. and Muñoz F. (2018). Heavy metals concentration in sediment of Lluta river basin. *Journal of the Chilean Chemical Society* 63(1); 3878-3883. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071797072018000103878&lang=pt ISSN: 0717-9707, Chile.
- Erdoğan Z. and Ates D.A. (2006). Determination of cadmium and copper in fish samples from Sir and Menzelet dam lake Kahramanmaraş, Turkey. *Environ. Monit. Assess.* 117, 281-290. <https://doi.org/10.1007/s10661-006-0806-1>
- FAO (Food and Agricultural Organization). *El Estado de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición en el mundo*. (2017). 144 p. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-I7695s.pdf>
- Gale, N. L., Adams, C. D., Wixson, B. G., Loftin, K. A., & Huang, Y. W. (2002). Lead concentrations in fish and river sediments in the old lead belt of Missouri. *Environmental science & technology*, 36(20), 4262-4268.
- Halperin, J. (2012). *La entrevista periodística. Intimidaciones de la conversación pública*. Editorial Aguilar. Buenos Aires. Argentina. 26 pp.
- Hernández Junco, L. (2018). *Sociedad Científica Estudiantil para el desarrollo de la Educación Ambiental a través de las potencialidades de la Química en II grado en preuniversitario [Tesis de maestría]*. Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas. Villa Clara, Cuba.
- Hsu H, Kucharzyk K, Zhang T, Deshusses. (2013). M. Mechanisms regulating mercury bioavailability for methylating microorganisms in the aquatic environment: A critical review. *Environmental Science & Technology*, 47(6):2441-2456.
- Javed, M., Usmani, N., Ahmad, I. & Ahmad, M. (2015). Studies on the oxidative stress and gill histopathology in *Channa punctatus* of the canal receiving heavy metal-loaded effluent of Kasimpur Thermal Power Plant. *Environmental Monitoring Assessment*, 187: 4179.
- Laxmi V. Naz A. and Kumar B. (2019): Distribution of heavy metals in the water, sediments, and fishes from Damodar river basin at steel city, India: a probabilistic risk assessment. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*. DOI: 10.1080/10807039.2018.1511968. ISSN: 1549-7860, Estados Unidos.
- Luo P. Chengyi X. Shuxin K. Huo A. Jiqiang L. Zhou M. and Nover D. (2021). Heavy metals in water and surface of the Fenghe River Basin, China: assessment and source analysis. *Water Science & Technology* 84;3072–3090. <https://iwaponline.com/wst/article/84/10-11/3072/83688/Heavy-metals-in-water-and-surface-sediments-of-the> ISSN: 1996-9732, Reino Unido.
- Mesa Pérez, M.A., Díaz Riso, O., García Acosta, H., Alarcón Santos, O.A., Tavella, M.T., Bagué, D., Sánchez Perez, J.M., Guerrero Dominguez, D., & Díaz Almeida, C.M. (2021). Bioacumulación de metales pesados y estimación del riesgo de exposición por consumo de peces de agua dulce provenientes de la presa Pedroso (Mayabeque, Cuba). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*: 37, 527-537, 2021
- Monroy M., Maceda-Veiga A. and de Sostoa A. (2014). Metal concentration in water, sediment and four fish species from Lake Titicaca reveals a large-scale environmental concern. *Science of The Total Environment | Journal*, 487, 233-244.
- Nakamura M., Hachiya N., Murata K., Nakanishi I., Kondo T & Yasutake A. (2014). Methylmercury exposure and neurological outcomes in Taiji residents accustomed to consuming whale meat. *Environ Int*; 68:25–32.
- Nawab J, Khan S, Xiaoping W. Ecological and health risk assessment of potentially toxic elements in the major rivers of Pakistan: General population vs. Fishermen. *Chemosphere*. (2018); 202:154–164.
- Norma Cubana Obligatoria 493. (2015). *Contaminantes metálicos en alimentos. Regulaciones sanitarias*. Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261, El Vedado, La Habana. Cuba. Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico: nc@ncnorma.cu; Sitio Web: www.nc.cubaindustria.cu
- OMS (Organización mundial de la salud). (2011). Evaluation of certain Contaminants in food, food: seventy second report of the joint FAO/WHO expert committee on food additives. (WHO technical report series; no. 959).
- OMS. (2022). Intoxicación por plomo y salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health#:~:text=Si%20el%20grado%20de%20exposici%C3%B3n,intelectual%20o%20trastornos%20del%20comportamiento>.
- Salazar Camacho, C., Salas Moreno, M., Marrugo Madrid, S., Marrugo Negrete J & Díez S. (2017). Dietary human exposure to mercury in two artisanal small-scale gold mining communities of northwestern Colombia. *Environ Int*. (2017); 107:47–54.
- UNEP (United Nations Environmental Programme), Lead & Cadmium. URL <http://www.unep.org/hazardoussubstances/Home/tabid/197/hazardoussubstances/LeadCadmum/tabid/29372/Default.aspx> Accessed 24.03.13
- Vargas Licona, S.P & Marrugo Negrete, J.L. (2019). Mercurio, metilmercurio y otros metales pesados en peces de