

## CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN *Dormitator latifrons* DE LA LAGUNA DE TRES PALOS, GUERRERO, MÉXICO

Rodríguez-Amador, Roosevelt <sup>a</sup>, Violante-González, Juan <sup>b</sup>, Monks, Scott <sup>b</sup>, Pulido-Flores, Griselda <sup>b</sup>, Pérez-Pérez, Nalleli Concepción <sup>a</sup>, Gaytán-Oyarzún, Juan Carlos <sup>c</sup>

<sup>a</sup> División de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo. Paseo del Agrarismo 2000, Carr. Mixquiahuala - Tula, Km 2.5. Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo, C.P. 42700, [roosevelt.rodriguez@itsoeh.edu.mx](mailto:roosevelt.rodriguez@itsoeh.edu.mx)

<sup>b</sup> Unidad Académica de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, Gran Vía Tropical No. 20, Fracc. Las Playas, C.P. 39390, Acapulco, Guerrero.

<sup>c</sup> Área Académica de Biología Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Centro de Investigaciones Biológicas, Apdo. Postal 1-10, Pachuca, C.P. 42001, Hidalgo, Hidalgo.

Recibido 15 de junio 2019; aceptado 10 de diciembre 2019

*Palabras clave:*

Metales pesados, Inocuidad alimentaria, Bioacumulación

**RESUMEN.** En general los metales se depositan en las lagunas costeras, debido a actividades humanas. La contaminación por metales pesados, específicamente por Pb es considerado un problema ambiental y de salud debido a su naturaleza no biodegradable, persistencia y afinidad por acumularse en diferentes órganos y tejidos. En este sentido, el objetivo de esta investigación fue determinar la presencia de Pb en diferentes estructuras del cuerpo de *Dormitator latifrons* a lo largo del tiempo durante cuatro muestreos para evaluar su posible riesgo en la salud humana. Se realizaron 4 muestreos para determinar la acumulación de plomo, en tejidos de *Dormitator latifrons* en la laguna de Tres Palos, Guerrero. Las concentraciones de plomo variaron ( $p < 0.05$ ) en diferentes tejidos. La presencia de Pb en el orden de acumulación, en relación al tipo de tejido del pez fue: Visceras > Branquias > Hígado > Piel > Músculo. La concentración de Pb en vísceras y en músculo se presentó en un rango de 5.35 a 8.09 mg/kg y 2.02 a 3.53 mg/kg de febrero a octubre, respectivamente. Estos valores sobrepasan los límites máximos permisibles de Pb con respecto a lo establecido en la NOM para el consumo humano de especies marinas. Por lo tanto, es necesario implementar medidas y establecer restricciones para el consumo de este pez, debido a que su consumo puede ser un riesgo para la salud humana.

*Key words:*

Heavy metals, Food safety, Bioaccumulation

**ABSTRACT.** In general, metals deposited in coastal lagoons are due to human activities. Heavy metals contamination, specifically by Pb, is considered an environmental and health problem due to its non-biodegradable nature, persistence and affinity for accumulating in different organs and tissues. In this sense, the objective of this research was to determine the concentrations of Pb in different structures of the body of *Dormitator latifrons* over time during four samplings to evaluate its possible risk in human health. Four samples were taken to determine lead accumulation in tissues of *Dormitator latifrons* in Tres Palos Lagoon, Guerrero. Lead concentrations were significantly different ( $p < 0.05$ ) in the tissues of the fish. The presence of Pb in the order of accumulation, in relation to the type of tissue of the fish was Viscera > Gills > Liver > Skin > Muscle. The concentration of Pb in viscera and muscle was in a range of 5.35 to 8.09 mg/kg and 2.02 to 3.53 mg/kg from february to october, respectively. These values exceed the maximum permissible limits of Pb with respect to what is established in the NOM for human consumption of marine species. Measures and regulations for the consumption of this fish should be established because it is a risk to human health.

### INTRODUCCIÓN

El estado de Guerrero cuenta con 10 lagunas costeras distribuidas a lo largo de su línea de costa, donde se capturan una gran variedad de especies de peces de diferentes ambientes (marinos, dulceacuicolas y salobres), además de ser utilizadas para la actividad turística. La laguna más importante por sus dimensiones (50 Km<sup>2</sup>) y volumen de captura,

es la laguna de Tres Palos, localizada a unos 25 Km del puerto de Acapulco<sup>1</sup>. En esta laguna, la pesca de escama es una de las actividades económicas más importantes de muchas familias de pescadores que habitan en sus márgenes.

La laguna de Tres Palos al igual que la mayoría de los cuerpos lagunares ubicados en las zonas

costeras de México, enfrenta un grave problema de deterioro ambiental<sup>4,5</sup>, debido al vertimiento de aguas residuales provenientes de unidades habitacionales construidas en sus márgenes o en zonas de humedales que comunican con la laguna<sup>6</sup>. Además, del impacto generado por la actividad pesquera, por la existencia de un gran número de cooperativas que utilizan motores fuera de borda para la captura de peces<sup>2</sup>. El contaminante más importante, que puede ser depositados en los cuerpos de agua costeros, debido a las actividades humanas e industriales, es el Plomo (Pb), metal pesado altamente tóxico aún en muy bajas concentraciones, que puede ocasionar daños importantes a la salud humana<sup>4, 7, 8, 9, 10</sup>.

Entre las especies de peces que se capturan de manera constante a lo largo del año, se encuentra *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) conocido como popoyote; considerada como la segunda especie más importante, por su volumen de captura<sup>2</sup>. *Dormitator latifrons* es un pez que se caracteriza por su alta capacidad para sobrevivir en ambientes deficientes de oxígeno y resistir amplias variaciones de salinidad y temperatura, además de ser una especie capaz de convertir la energía de los detritus en formas útiles para organismos de estratos tróficos superiores<sup>3</sup>. Por su mal aspecto, *D. latifrons* es considerado como una especie de tercera clase, esto dificulta su comercialización en forma entera. Sin embargo, dado el color de su carne blanca, es una alternativa de consumo y en los últimos años se ha comercializado en forma de filete; por lo tanto, ha incrementado su comercialización, debido a su distribución en los restaurantes y hoteles del Puerto de Acapulco para su incorporación en la elaboración del tradicional “ceviche”, un platillo típico de la localidad.

Algunos estudios realizados en peces a nivel mundial, indican que estos organismos tienden a retener y acumular metales pesados directamente del agua, así también a través de su dieta<sup>10, 11, 12, 13</sup>. En México, los estudios para determinar la concentración de metales pesados en peces se han realizado en lagunas costeras de Sinaloa<sup>14</sup>, en lagunas del estado de Hidalgo<sup>15</sup> y otras que corresponde al Golfo de México para diversas especies de peces marinos y costeros<sup>16, 22</sup>. En el estado de Guerrero, y particularmente, la laguna de Tres Palos, hay escasos estudios de metales pesados en peces de la laguna. En este respecto

existe un estudio puntual de un solo muestreo en el mes de febrero del 2011, que indicó la presencia de Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Manganeso (Mn) y Cromo (Cr) en agua y diferentes estructuras de *D. latifrons*<sup>17</sup>. Sin embargo, se desconoce cuál es el comportamiento de estos metales a lo largo del tiempo, así como también si existen diferencias en cuanto a su acumulación en diferentes estructuras de este pez.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar la presencia de Pb en diferentes estructuras del cuerpo de *D. latifrons* a lo largo del tiempo, dividido en dos temporadas climáticas (lluvias y secas) durante cuatro muestreos para evaluar su posible riesgo en la salud humana.

## METODOLOGÍA

**Ubicación del sitio de estudio.** La laguna de Tres Palos se encuentra ubicada a 25 Km al este del Puerto de Acapulco y se localiza entre los 99° 38' y 99° 47' de longitud oeste y a los 16° 43' y 16° 48' de latitud norte. Es una laguna somera, que tiene una profundidad máxima de 3.5 m y abarca una superficie de unos 55 Km<sup>2</sup> (Figura 1).

**Obtención de las muestras.** Los muestreos se efectuaron en dos temporadas climáticas: lluvias (abril a septiembre) y secas (octubre a marzo). Se efectuaron 4 muestreos bimensuales, a partir del mes de febrero a octubre del año 2011 efectuadas en la localidad de San Pedro Las Playas, debido a su cercanía con el desemboque del Río La Sabana que abastece a Laguna de Tres Palos. Las muestras de peces fueron etiquetadas y transportadas en hielo para su conservación<sup>18</sup>, hasta el laboratorio de ecología de la Unidad Académica de Ecología Marina de la Universidad Autónoma de Guerrero. La talla y peso promedio de los peces fueron obtenidos antes de su examen, siendo estas mediciones de 20.75 ± 1.45 cm y 151.12 ± 38.0 g, respectivamente.

Las colectas de agua, se tomaron por triplicado en envases de polipropileno previamente lavados con ácido nítrico al 3%. Posteriormente, cada muestra se ajustó a pH 2 in situ y se mantuvieron a 4 °C en refrigeración hasta su análisis. En el laboratorio las muestras fueron digeridas en el horno de microondas CEM (Modelo Marx-5) a presión y temperatura elevadas (180 °C y 180 Psi) de acuerdo al método EPA 3015<sup>19</sup>.

Un total de 30 individuos de *D. latifrons* fueron obtenidos por capturas comerciales. Durante el examen de los peces se extrajeron las siguientes estructuras: branquias, piel, músculo, hígado y vísceras (estómago e intestino, incluida la grasa mesentérica); cada uno de los tejidos y órganos se

pusieron en una estufa. Las muestras de cada una de estas estructuras fueron etiquetadas y mantenidas en congelamiento durante su traslado al laboratorio de Morfología Animal del Centro Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

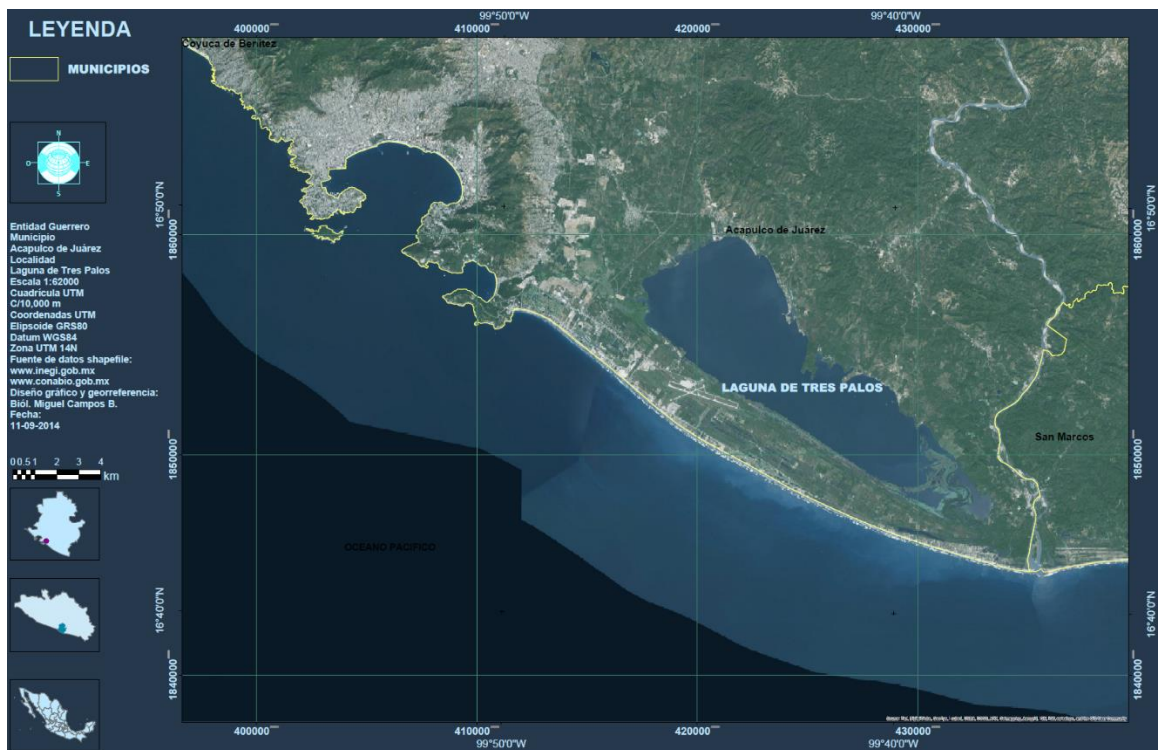


Figura 1. Localización de la Laguna de Tres Palos, Guerrero (San Pedro Las Playas).

Determinación de plomo. Donde en el laboratorio de Química Analítica las muestras fueron digeridas en el horno de microondas CEM (Modelo Marx-5) a presión y temperatura elevadas (180 °C y 180 Psi) de acuerdo al método EPA 3052<sup>20</sup>. Las concentraciones de Pb en cada muestra fueron determinadas por medio de espectrofotometría de absorción atómica. El factor de bioacumulación (FCA) en cada estructura fue calculado como la proporción de la concentración de metal en el organismo y la concentración del metal en el medio<sup>7</sup> (Ecuación 1).

Donde, “C<sub>pez</sub>: concentración de metal en el pez en mg/Kg y C<sub>agua</sub>: concentración en el agua en mg/L”.

Análisis estadístico. Se aplicaron pruebas t Student, para determinar diferencias significativas entre las concentraciones de Pb absorbidas por cada estructura, durante los meses de muestreo, dividido en dos temporadas climáticas anuales (lluvias y secas). Para establecer diferencias entre los valores del factor de bioacumulación mensual de cada estructura, se aplicó un análisis de varianza de una vía (ANOVA). La significancia en los análisis estadísticos fue establecida a un nivel de p ≤ 0.05.

$$FCA = C_{pez}/C_{agua}$$

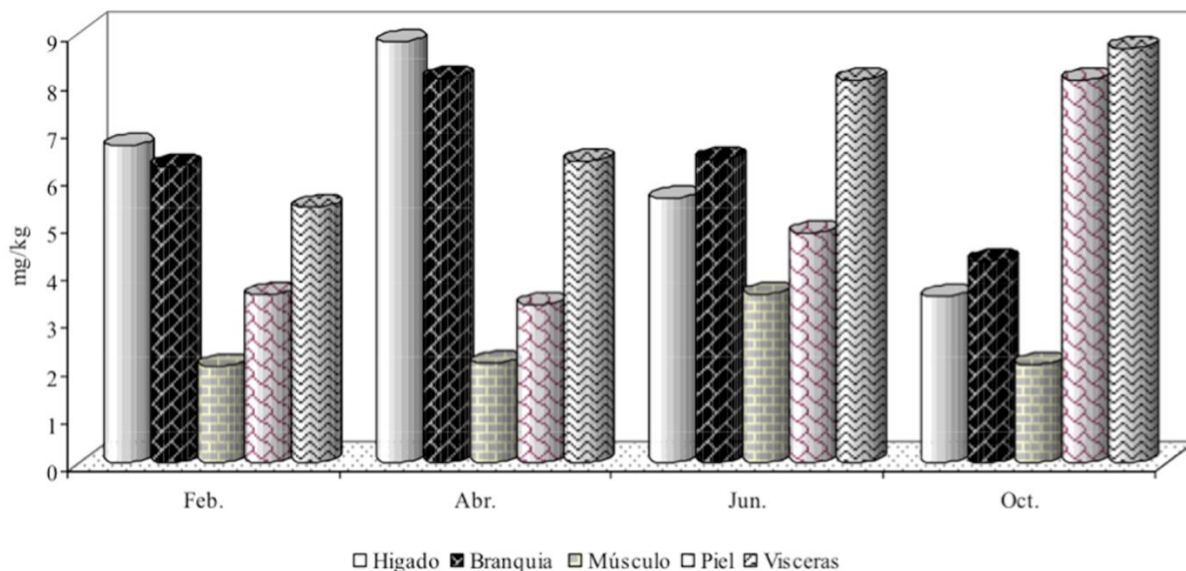
Ecuación 1

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las concentraciones de Pb registradas en cada una de las estructuras examinadas variaron significativamente entre periodos de muestreo ( $p < 0.05$ ) (Figura 2). El patrón de acumulación del Pb en relación al tipo del tejido del pez fue: Visceras > Branquias > Hígado > Piel > Músculo. La mayor concentración de Pb se registró en el mes de octubre en vísceras (8.09 mg/Kg) y piel (8.03 mg/Kg) ( $t = 9.27$ ; 4.51,  $p < 0.05$ , respectivamente); mientras que, en abril la concentración más alta fue en hígado (8.82 mg/Kg) y branquias (8.06 mg/Kg) ( $t = 5.48$ ; 7.96,  $p < 0.05$ , respectivamente).

Los valores del factor de bioacumulación (FCA) en las estructuras examinadas, variaron entre 8.78 (músculo, febrero) y 38.36 (hígado, abril). De manera general, los valores promedio para 4 de las estructuras fueron > 20 durante los 4 meses de muestreo; siendo que, el músculo registró un factor de bioacumulación menor de 10.54 en promedio. La bioacumulación promedio mensual fue significativamente igual ( $F = 0.167$ ,  $p > 0.05$ ).

Los metales al igual que otras sustancias tóxicas pueden ser absorbidos directamente del agua a través de estructuras como la piel o las branquias, por procesos de bioacumulación, o bien ingresar al cuerpo del pez por el proceso de biomagnificación (es el incremento de las concentraciones por contaminantes conforme sube el nivel de la cadena trófica)<sup>7, 9, 10, 11</sup>. Si bien, es señalado que puede existir diferencias en los niveles de acumulación de metales dependiendo del órgano o el tejido involucrado en la absorción. Los resultados obtenidos indicaron que para *D. latifrons*, es posible establecer un patrón inicial de acumulación por Pb en la laguna de Tres Palos, descrito de la siguiente forma: Visceras > Branquias > Hígado > Piel > Músculo. De acuerdo con este patrón, la estructura que registró una mayor acumulación de Pb durante los muestreos realizados fueron las vísceras (5.35 a 8.09 mg/Kg) (Figura 2). La concentración de Pb en esta estructura puede ser relacionada con la presencia de grasa, dado que los metales tienden a ser fácilmente almacenados en el tejido graso<sup>8, 9</sup>.



**Figura 2.** Concentraciones de plomo (Pb) registradas en diferentes estructuras de *Dormitator latifrons* a lo largo del tiempo, en la Laguna de Tres Palos, Guerrero. Resultados de un triplicado.



**Tabla 1.** Factor de Bioacumulación (FCA) por Pb en diferentes estructuras de *Dormitator latifrons* en la Laguna de Tres Palos, Guerrero. Mediciones por triplicado

Estructura	Meses			
	Febrero	Abril	Junio	Octubre
<b>Vísceras</b>	23.25	27.50	34.87	37.77
<b>Branquias</b>	27.04	35.05	27.65	18.44
<b>Hígado</b>	28.92	38.36	24.10	15.09
<b>Piel</b>	15.28	14.40	20.99	34.92
<b>Músculo</b>	8.78	9.03	15.39	8.96
<b>Promedio</b>	20.66	24.87	24.60	23.04

Las branquias son también señaladas como sitios importantes para la acumulación de metales pesados en peces, debido a que son estructuras metabólicamente activas que se encuentran directamente expuestas al medio circundante, por lo que son el principal sitio de ingreso de sustancias disueltas en el agua<sup>7, 9, 11</sup>. Las concentraciones registradas en las branquias variaron entre 4.24 a 8.06 mg/Kg (Figura 2). Estudios efectuados en México reportan concentraciones de 17.5 a 26.8 mg/g en las branquias de *Tilapia mossambica*, en lagunas de Sinaloa<sup>14</sup>.

La concentración promedio de Pb registrada en el hígado fue muy similar a la observada en las branquias (6.12 y 6.22 mg/kg, respectivamente), esto indica que esta estructura es también un sitio importante de acumulación de Pb en *D. latifrons*, como se ha observado en otras especies: *Odontesthes bonariensis*, *Oligosarcus jenynsii*, *Cyphocharax voga* y *Astyanax fasciatus*<sup>11</sup>. Por otra parte, las diferencias registradas en las concentraciones de Pb a lo largo del tiempo en esta estructura, pueden ser relacionadas con los hábitos alimenticios y reproductivos de *D. latifrons*<sup>7, 9, 10</sup>. En las lagunas costeras del estado de Guerrero, la especie se reproduce durante la temporada de lluvias, registrando su mayor actividad reproductiva entre los meses de agosto y septiembre<sup>1</sup>. En este sentido, el hígado participa de manera importante en el proceso reproductivo ya que funciona como un almacén energético (principalmente de lípidos). Es

posible que esta estructura acumule una mayor concentración de Pb durante la temporada de secas (diciembre a mayo), cuando el pez se alimenta más activamente y el hígado incrementa en tamaño y peso. Tal como lo sugieren también los valores de las concentraciones obtenidos para este órgano, considerando estas dos temporadas climáticas típicas de ambientes tropicales<sup>10</sup>.

Desde el punto de vista de salud humana, la bioacumulación de metales más importante, es aquella que ocurre en el músculo de peces que se emplean como alimento<sup>11</sup>. En este sentido, las concentraciones de Pb registradas durante los meses de muestreo indicaron que el músculo presentó los valores más bajos (2.02 a 3.54 mg/kg) en comparación con las demás estructuras examinadas (Figura 2). Algunos estudios señalan que el músculo es un tejido que juega un papel menos importante en la acumulación de Pb<sup>7, 10, 11, 12, 14</sup>, esto es confirmado por los resultados obtenidos. Dada la importancia de *D. latifrons* como fuente de alimento de la población local y turística del Puerto de Acapulco, este resultado tiene gran relevancia. No obstante, las concentraciones registradas para este tejido, se encuentran muy por arriba de los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-242-SSA1-2009<sup>18</sup>, donde establece una concentración máxima de Pb de 1.0 mg/kg, para productos pesqueros<sup>5</sup>.

Estudios realizados indican que cuando la principal vía de ingreso es a través del agua, la mayor concentración es registrada en las branquias o la piel<sup>23</sup>. En tanto que, si es por medio de la ingesta de alimento, los metales tenderán a acumularse en los tejidos u órganos del sistema digestivo<sup>11</sup>. Con base en esto, se puede establecer que para *D. latifrons* la principal vía de ingreso de Pb es la digestiva, como lo indican los valores de las concentraciones registradas; esto puede ser atribuido a los hábitos alimenticios, tipo de hábitat y comportamiento de este pez<sup>9, 10, 11</sup>. *D. latifrons* es un pez bentónico de hábitos detritívoros<sup>4</sup>, por lo que su proximidad con el fondo y la ingesta de grandes cantidades de detritus y sedimento pueden incrementar las concentraciones internas de metales tóxicos adquiridos por esta vía, en comparación con las cantidades de metales absorbidos por la branquias y la piel a través del agua.

Aun cuando, en esta investigación se omitió la evaluación de Pb en el sedimento, algunas investigaciones indican que las concentraciones pueden llegar a ser más altas en este medio en comparación con las concentraciones existentes en el agua<sup>9, 10, 13</sup>. En lagunas costeras del Golfo de México se han reportado concentraciones de Pb de 11.1 a 31.8 µg/g en el sedimento y de 0.89 a 1.01 ppm en el agua<sup>5</sup>. Para la laguna de Tres Palos, las concentraciones en el agua variaron entre 0.11 (junio) y 0.54 mg/L (octubre), las cuales pueden ser consideradas como más bajas si se comparan con las reportadas para lagunas costeras del Golfo de México. Sin embargo, la NOM-CE-CCA-001/89<sup>21</sup> establece una concentración de 0.05 mg/L, como el límite máximo permisible en el caso del agua; por lo que se puede establecer que durante algunos meses, como en el caso de octubre en este estudio, la concentración del Pb puede rebasar los límites establecidos en la norma. Esto indica además, que durante algunos meses durante los cuales se presenta la temporada de lluvias (junio a noviembre), las concentraciones de Pb en el agua de la laguna pueden incrementarse en comparación con los meses de secas. Esto se ve reflejado en la mayor absorción de plomo por la vía cutánea de *D. latifrons* durante esta temporada. Por otra parte, el incremento en la concentración de Pb en la laguna durante las lluvias, puede ser atribuido al mayor volumen de descarga de agua que ingresa en esta temporada por medio del río de la Sabana, la principal fuente de aporte de agua a la laguna, el cual transporta durante esta temporada grandes volúmenes de desechos y aguas residuales de la zona suburbana de Acapulco<sup>6</sup>.

## CONCLUSIONES

De manera general, los resultados indicaron que *D. latifrons* presenta una alta capacidad de acumulación de Pb, principalmente a nivel de vísceras, esto se puede relacionar con la alta cantidad de grasa que el pez puede acumular en este sitio. Sin embargo, el músculo es el menos afectado por la concentración de Pb, las concentraciones que puede registrar sobrepasan lo establecido por la normatividad para productos pesqueros de consumo humano. Por lo tanto, obliga a sugerir una reducción en el consumo de este pez, para evitar posibles daños a la salud humana. La mayor concentración de Pb en el agua de la laguna de Tres Palos, ocurre durante la temporada de lluvias, cuando el aporte de aguas

residuales y desechos vertidos de manera constante por el río de la Sabana incrementa su volumen. Debido a lo anterior, es necesario, la implementación de un monitoreo permanente para determinar la variación en la concentración de metales pesados en esta y otras lagunas del estado, mediante la utilización de peces como *D. latifrons*, porque demostró ser un bioindicador de acumulación de Pb.

## REFERENCIAS

1. Violante-González J. 2006. Comunidades de parásitos metazoarios de peces en dos lagunas costeras del estado de Guerrero, México. Tesis de doctorado. CINVESTAV (Unidad Mérida), 154 p.
2. Gil J S. 2005. Sobreexplotación de las pesquerías en la Laguna de Tres Palos México, Guerrero, México. Tesis de Maestría. Unidad de Ciencia y Desarrollo Regional, Universidad Autónoma de Guerrero. 149 p.
3. Yáñez-Arancibia A, Díaz-González G. Ecología trofodinámica de *Dormitator latifrons* (Richardson) en nueve lagunas costeras del pacífico de México (Piscis: Eleothidae). Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México 1977; 4:125-140.
4. Botello AV, Villanueva SF, Rosales LH. 2004. Distribución y contaminación de metales en el Golfo de México. pp. 683-712. En: Caso, M., I. Pisanty y E. Ezcurra. 2004. (Eds). Diagnóstico ambiental del Golfo de México. Instituto Nacional de Ecología, p. 681-710.
5. Vázquez-Sauceda M L, Aguirre-Guzmán G, Sánchez-Martínez J G, Pérez-Castañeda R, Rábago C J. Contenido de metales pesados en agua, sedimentos y ostiones de la Laguna de San Andrés, en Tamaulipas. Hidrobiológica 2006; 18: 21-30.
6. Quiterio A F. 2011. Evaluación ambiental territorial de la cuenca río de la Sabana-Laguna de Tres Palos y su propuesta de manejo. Tesis de doctorado. Unidad de Ciencia y Desarrollo Regional, Universidad Autónoma de Guerrero. 109 p.
7. Nwani C D, Nwachi D A, Okogwu O I, Ude E F, Odoh G E. Heavy metals in fish species from lotic freshwater ecosystem at Afikpo, Nigeria. Journal of Environmental Biology 2010; 31:595-601.
8. Ozuni E, Dhaskali L, Abeshi J, Zogaj M, Haziri I, Beqiraj D, Latifi F. Heavy metals in fish for public consumption and consumer protection. Natura Montenegrina 2010; 9:843-851.
9. Eneji I S, Ato R S, Annune P A. Bioaccumulation of heavy metals in fish (*Tilapia zillii* and *Clarias gariepinus*) organs from River Benue, North Central Nigeria. Pakistan Journal of Analytical and Environmental Chemistry 2011; 1:25-31.
10. Murtala B A, Abdul W O, Akinyemi A A. Bioaccumulation of heavy metals in fish (*Hydrocynus forskahlii*, *Hyperopisus bebe occidentalis* and *Clarias gariepinus*) organs in downstream Ogun coastal water, Nigeria. Transnational Journal of Science and Technology 2012; 2:119-133.
11. Yanina, E. Las lagunas profesan el heavy metal. Metales pesados en ambientes acuáticos pampeanos. En: Espejos en la llanura Nuestras lagunas de la región pampeana. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 2008; 91-98.
12. Öztürk M, Özözen G, Minareci O, Minareci E. Determination of heavy metals in fish, water and sediments of Avsar dam

- lake in Turkey. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering* 2009; 6: 73-80.
13. Tabari S, Soheil S, Saravi S, Bandany G A, Dehghan A, Shokrzadeh M. Heavy metals (Zn, Pb, Cd and Cr) in fish, water and sediments sampled from Southern Caspian Sea, Iran. *Toxicology and Industrial Health* 2010; 26:649-656.
  14. Izaguirre G, Páez F, Osuna López J I. Metales pesados en peces del Valle de Culiacán, Sinaloa, México. *Ciencias Marinas* 1992; 18:143-151.
  15. Lozada-Zárate E J, Monks S, Pulido-Flores G, Gordillo-Martínez A J y Prieto-García F. 2007. Determinación de metales pesados en *Cyprinus carpio* de la laguna de Metztlán, Hidalgo, México. En Pulido-Flores, G. y López-Escamilla, A. L. (Eds.) 2007. IV Foro de Investigadores por la Conservación y II Simposio de Áreas Naturales Protegidas del Estado de Hidalgo. Ciencia al día 5. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. p. 91-94.
  16. Vázquez F, Florville-Alejandre T R, Herrera M, Díaz de León L M. Metales pesados en tejido muscular del bagre *Ariopsis felis* en el sur del Golfo de México (2001-2004). *Latin American Journal of Aquatic Research* 2008; 36: 223-233.
  17. Rodríguez-Amador R, Monks S, Pulido-Flores G, Gaytán-Oyarzun J C, Romo-Gomez C, Violante-González J. Metales pesados en el pez *Dormitator latifrons* (Richardson, 1881) y agua de la laguna de Tres Palos, Guerrero, México. *Revista Ra Ximhai* 2012; 8:41-54.
  18. NOM, Norma Oficial Mexicana. 2009. NOM-242-SSA1-2009. Bienes y servicios. Productos de la pesca. Pescados frescos, refrigerados, congelados y procesados. Especificaciones sanitarias y métodos de prueba. Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación, 10 de febrero de 2011.
  19. EPA, United States Environmental Protection Agency. 1995 (rev. 2007). SW-846 EPA Method 3015A: Microwave assisted acid digestion of aqueous sample and extracts. In *Test Methods for Evaluating Solid Waste: Physical/Chemical Methods*. Vol. (eds.). Washington, D. C.
  20. EPA, United States Environmental Protection Agency. 1996. SW-846 EPA Method 3052: Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices. In *Test Methods for Evaluating Solid Waste: Physical/Chemical Methods*. Vol. (eds.). United States Environmental Protection Agency, Washington, D. C.
  21. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). 1989. Acuerdo por el que se establecen los Criterios ecológicos de calidad de agua CE-CCA-001/89. Publicado en el Diario Oficial de la Federación del 2 de Diciembre del 1989. Tomo CDXXX, No. 9. México, D.F.
  22. Páez-Osuna, F. Fuentes de metales en la zona costera marina. En: Botello, A.V., J. Rendón – von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz – Hernández (Eds). *Golfo de México Contaminación e Impacto ambiental: Diagnóstico y Tendencias*, 2a Edición. Univ. Autónoma de Campeche; Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología, 2005; 329-342 pp.
  23. Enej I. S, Ato R. S, Annune P. A. Bioaccumulation of heavy metals in fish (*Tilapia zilli* and *Clarias gariepinus*) organs from River Benue, North Central Nigeria. *Pakistan Journal of Analytical Environmental Chemistry*. 2011; 12:25–31.