

## Concentración de Hg, Pb, Cd, Cr y As en hígado de *Carcharhinus limbatus* (Carcharhiniformes: Carcharhinidae) capturado en Veracruz, México

Fernando Mendoza-Díaz, Arturo Serrano\*<sup>1</sup>, Liliana Cuervo-López<sup>2</sup>, Alejandra López-Jiménez<sup>1</sup>, José A. Galindo<sup>1</sup> & Agustín Basañez-Muñoz<sup>2</sup>

1. Laboratorio de Mamíferos Marinos, Universidad Veracruzana, km. 7.5 Carretera Tuxpan-Tampico, C.P. 92850, Tuxpan, Veracruz, México, CP. 92850; arserrano@uv.mx, tigrerayado013@hotmail.com, malexa\_58@hotmail.com, jose\_angel82@hotmail.com
  2. Laboratorio de Conservación y Preservación de Ecosistemas, Universidad Veracruzana, Carretera Tuxpan-Tampico km 7.5, Colonia Universitaria, C.P.92850, Tuxpan, Veracruz, México; abasanez@uv.mx, lcuervo@uv.mx
- \* Correspondencia

Recibido 06-II-2012. Corregido 20-VIII-2012. Aceptado 24-IX-2012.

**Abstract: Concentration of Hg, Pb, Cd, Cr and As in liver *Carcharhinus limbatus* (Carcharhiniformes: Carcharhinidae) captured in Veracruz, Mexico.** Pollution by heavy metals in marine ecosystems in the Gulf of Mexico is one of the hardest conservation issues to solve. Sharks as top predators are bioindicators of the marine ecosystem health, since they tend to bioaccumulate and biomagnify contaminants; they also represent a food source for local consumption. Thus, the objective of this study was to study the possible presence of heavy metals and a metalloid in livers of *Carcharhinus limbatus*. For this, a total of 19 shark livers were taken from animals captured nearby Tamihua, Veracruz, Mexico from December 2007 to April 2008. 12 out of the 19 captured sharks were males, one was an adult female, three were juvenile males, and three juvenile females. Four heavy metals (Hg, Pb, Cd, and Cr) and one metalloid (As) were analyzed in shark livers using an atomic absorption spectrophotometry with flame and hydride generator. Our results showed that the maximum concentrations found were: Hg=0.69mg/kg, Cd=0.43mg/kg, As=27.37mg/kg, Cr=0.70mg/kg. The minimum concentrations found were: As=14.91mg/kg, Cr=0.35mg/kg. The Pb could not be determined because the samples did not have the spectrophotometer minimum detectable amount (0.1mg/kg). None of the 19 samples analyzed showed above the permissible limits established by Mexican and American laws. There was a correlation between shark size and Cr and As concentration (Pearson test). The concentration of Cr and As was observed to be higher in bigger animals. There was not a significant difference in heavy metals concentration between juveniles and adults; however, there was a difference between males and females. A higher Cr concentration was found in females when compared to males. None of the samples exceed the maximum limit established by the laws of Mexico and the United States of America. Much longer studies are needed with *C. limbatus* and other species caught in the region, in order to determine the degree of contaminants exposure in aquatic ecosystems and to identify potential health risks to consumers. Rev. Biol. Trop. 61 (2): 821-828. Epub 2013 June 01.

**Key words:** pollution, heavy metals, sharks, *Carcharhinus limbatus*, Gulf of Mexico, marine ecosystems.

La contaminación de los ecosistemas marinos es uno de los problemas más arduos de afrontar hoy en día. La mayoría de los contaminantes orgánicos e inorgánicos son transportados por los ríos y se acumulan en los estuarios, la plataforma y la pendiente continental (Espinoza & Vanegas 2005). El Golfo de México constituye una de las áreas que se encuentra en alto riesgo por la contaminación, debido a la gran actividad

industrial que se lleva a cabo en la misma. Las principales causas de contaminación son las aguas residuales urbanas e industriales no tratadas, así como la recolección y la mala disposición de los residuos sólidos urbanos e industriales (Beltrán *et al.* 2005). La mayoría de las costas de la región tienen algún grado de contaminación, teniendo como resultado pérdida de biodiversidad y serias amenazas para la salud humana.

En México existen 22 ríos que vierten sus aguas al Golfo de México; de estos, el principal es el río Bravo (Vázquez-Botello *et al.* 2004). Estos ríos aportan grandes cantidades de nutrientes al Golfo de México, así como contaminantes desde tierra adentro debido a la gran actividad agropecuaria e industrial en la zona (Vázquez-Botello *et al.* 2004). Tan solo en la porción de Estados Unidos, se encuentran los grandes complejos portuarios industriales y comerciales de Brownsville, Corpus Christi, Houston y Galveston; mientras que en México, son los de Tampico-Madero, Altamira, Tuxpan, Veracruz, Alvarado, Coatzacoalcos, Dos Bocas y Ciudad del Carmen. En ambos casos son fuentes potenciales de contaminantes de metales pesados a los sistemas marinos y costeros (Vázquez-Botello *et al.* 2004).

Los estudios de la biota de sistemas marinos y costeros son un pilar esencial para entender el estado de salud de los cuerpos de agua, así como, de su capacidad productiva. Por esta razón, los análisis de los grupos ictiológicos de niveles tróficos superiores como es el caso de los tiburones, pueden dar indicios del estado de salud del ecosistema en general. Esto debido a que son depredadores y que se alimentan de otros peces incluyendo tiburones y rayas, calamares, pulpos, langostas y tortugas (Márquez-Farias & Castillo 1998), por lo que pueden acumular y magnificar metales pesados (Marcovecchio *et al.* 1991, Fowler *et al.* 2004, Evers *et al.* 2008).

En la actualidad la pesca de tiburones representa, tanto para el Golfo de México como para el resto del país, una valiosa fuente de alimento y empleo para muchas comunidades (Arenas-Fuentes & Jiménez-Badillo 2004). Sin embargo, existe una enorme preocupación por el consumo de carne de tiburón y de muchos otros organismos acuáticos contaminados por metales pesados y metaloides, pues históricamente ha habido casos de intoxicación y muerte por haber comido carne contaminada, tal y como sucedió en 1950 en Japón, cuando varias personas se intoxicaron al haber consumido peces y mariscos con altos índices de mercurio (Flores 1987).

En México son pocos los estudios que se han hecho sobre contaminación por metales pesados de organismos acuáticos superiores (Ruelas-Inzunza & Paéz-Osuna 2005). La mayor parte de estos se han enfocado a algas y pastos marinos, así como, organismos bentónicos (poliquetos, moluscos) y algunos otros (peces y aves). En el Golfo de México, se han realizado varios estudios de este tipo, porque en ella han ocurrido serios problemas de derrames de petróleo en la zona petrolera e industrial, principalmente en Veracruz, Tabasco y Campeche (Vázquez-Botello *et al.* 2004). En un estudio realizado en ostiones de la especie *Crassostrea virginica* capturados en la laguna de Tamiahua, permitieron detectar concentraciones elevadas de metales (Cd=7.32mg/kg, Cu=202.43mg/kg, Cr=33.64mg/kg, Ni=7.62mg/kg y Pb=21.42mg/kg (Guzmán-Amaya *et al.* 2005). Con base en lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo estimar las concentraciones de Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Plomo (Pb) y Arsénico (As) en el hígado del tiburón puntas negras (*Carcharhinus limbatus*) que se captura en las aguas costeras de Tamiahua, Veracruz, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio:** Tamiahua se encuentra al norte del estado de Veracruz, México, entre las coordenadas 21°16' 40.59" N - 97° 26' 44.02" W. Se trata de un pequeño pueblo, en donde la pesca es la principal actividad comercial de la región. Entre las especies que se capturan están los crustáceos (camarón y jaiba), moluscos (almejas y ostiones) y peces diversos (Gordillo-Cruz & Cruz-Paredes 2005) y el tiburón puntas negras. La pesca de esta última especie se lleva a cabo en las aguas adyacentes a la bocana de la laguna de Tamiahua (CONABIO 2010).

**Recolecta de muestras:** Se realizaron muestreos con una periodicidad semanal de noviembre del 2007 a marzo del 2008 (obteniendo un total de 19 muestras, 15 machos y 4 hembras), debido a que es la época de migración de la especie, y por lo tanto es la

temporada en que más se captura el tiburón puntas negras, por las cooperativas pesqueras de Tamiahua. El área de captura de estos organismos comprendió desde la bocana de la laguna de Tamiahua hacia el norte hasta el ejido de Cabo Rojo, a una longitud de 24km mar adentro. La captura se llevó a cabo por medio de pesca artesanal (principalmente por palangre y simbra), y para ello se emplearon embarcaciones de ocho metros de eslora y dos metros de manga, fabricadas en fibra de vidrio con motores fuera de borda de 70hp.

Una vez que las embarcaciones llegaban a las cooperativas con los tiburones, capturados durante el día, se determinó la especie y se procedió a registrar los siguientes datos: longitud total, peso total eviscerado, sexo y estado de madurez (neonatos, juveniles, adultos y hembras preñadas). Posteriormente, con la ayuda de un bisturí se tomaron 100g de hígado de cada uno de los tiburones, y estos se colocaron en bolsas herméticas de plástico para conservarlas en hielo hasta su traslado al laboratorio y realizar los análisis correspondientes. Se seleccionó el hígado para cuantificación de metales pesados, ya que este órgano es altamente consumido por los miembros de la comunidad de Tamiahua, y es comercializado en forma de cápsulas; es importante mencionar que el hígado es un órgano blanco en el cual es fácil de acumular metales.

#### **Preparación y análisis de las muestras:**

Los tejidos fueron descongelados y limpiados con agua destilada. Las muestras se prepararon en base a la NOM-117-SSA1-1994, y consistió en secar todos los tejidos en una estufa eléctrica a 60°C aproximadamente durante una semana hasta alcanzar el peso constante; después, las muestras secas fueron molidas en morteros de porcelana. Las muestras de 0.5g se digirieron con 10mL de ácido nítrico concentrado en un micro-Kjeldahl, proceso que evitó que las muestras llegaran a ebullición. Para el Hg y el As fue necesaria una segunda digestión, con 2.5mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado, 1.25mL de HNO<sub>3</sub>, 3.0mL de KMNO<sub>4</sub> al 5% y se digirieron en el micro-Kjeldahl durante dos horas con

agitación, sin ebullición. Finalmente, se les añadió hidroxilamina hasta eliminar el color rosa. Se prepararon cinco muestras de tejido para cada hígado: (i,ii) dos muestras vírgenes, (iii) muestra de tejido más estándar multielementos certificado (High-Purity Standards ICP Analytical Mixture 5 100µL/mL en 5% HCl) para Cd, Pb, As y Cr y para mercurio (estándar Hg Atomic absorptions Standard 10% HNO<sub>3</sub> 100mL 1 000µL/mL), (iv) un blanco con ácido clorhídrico (HCl) y (v) un blanco referencial (HCl y estándar, los mencionados anteriormente). Las muestras se filtraron en papel Whatman #40 con el fin de eliminar cualquier tipo de residuo. Posteriormente, se depositaron en matraces y se aforaron a 50mL con agua desionizada. Finalmente, se procedió a realizar las lecturas de los elementos con ayuda de un espectrofotómetro de absorción atómica marca GBC modelo HG3000. Las muestras fueron leídas mediante espectrofotometría de absorción atómica por medio de flama y para el Cd, Pb y Cr por generador de hidruros para Hg y As.

A partir de los datos obtenidos se procedió a su interpretación, tomando como referencia los datos de la Norma Oficial Mexicana NOM-027-SSA1-1993 y la FDA (Administración de drogas y alimentos, por sus siglas inglés) de los Estados Unidos de América (Agency for Toxic Substances & Disease Registry 2007). Se realizaron análisis estadísticos (t-Student y Mann-Whitney) para determinar si existen diferencias significativas en la concentración de metales entre los sexos y estados de madurez de los organismos. Para establecer si hay una correlación entre longitudes y concentración de metales se realizó la prueba de Correlación de Pearson. Estos análisis se realizaron mediante el programa estadístico Sigma Stat versión 3.

## **RESULTADOS**

Se recolectaron un total de 19 hígados del tiburón *Carcharhinus limbatus* en un lapso de cinco meses de noviembre 2007 a marzo 2008, de los cuales 12 muestras correspondieron a machos adultos, una hembra adulta y a juveniles machos (3) y hembras (3). La talla máxima

(longitud total) registrada fue de un macho adulto con 151cm y la talla mínima reportada fue de 84cm de una hembra juvenil (Cuadro 1).

La máxima concentración encontrada de Hg fue de 0.693mg/kg y la mínima de 0.068mg/kg, registrándose en promedio una concentración de 0.196mg/kg. Tanto la concentración máxima como la mínima se encontraron en adultos machos (Cuadro 1). El Cd sólo estuvo presente en 12 de los 19 hígados analizados, tanto el valor máximo (0.434mg/kg) como el mínimo (0.282mg/kg) se presentaron en adultos machos. El valor promedio de este metal fue de 0.214mg/kg. Para el Cr, la máxima concentración registrada fue en una hembra juvenil (0.706mg/kg) y la mínima en un macho adulto (0.355mg/kg), con un promedio de 0.478mg/kg. Respecto al As, la concentración mínima (14.914mg/kg), así como la máxima (27.376mg/kg), ambas se presentaron en hembras juveniles, la concentración promedio fue de 21.315mg/kg

(Cuadro 1). En cuanto al Pb, no fue detectado en ninguna de las muestras, no al menos en la cantidad de detección mínima requerida (0.05mg/kg) por el espectrofotómetro.

Los análisis estadísticos de t-Student y Mann-Whitney mostraron una diferencia significativa entre los sexos de los organismos con relación al Cr ( $p=0.024$ ), siendo las hembras las que mayor concentración de Cr presentaron (media=0.559). Para los demás elementos no hubo diferencias significativas ( $p=0.669$ ). En cuanto a los estados de madurez la prueba estadística de t-Student no mostró diferencias significativas entre estos ( $p=0.593$ ). Mediante un análisis de correlación de Pearson, se observó que para el Cr y As, hay una correlación entre la longitud del organismo y la concentración del metal (Cr:  $p=0.0097$ , As:  $p=0.0157$ ). Entre más largo el organismo mayor concentración del metal presentaba. Para el Hg y Cd, no existió correlación alguna.

CUADRO 1

Características de *C. limbatus* muestreados para este estudio y las concentraciones de metales y metaloides que presentaron

TABLE 1

Characteristics of *C. limbatus* sampled for this study and heavy metals and metalloids found

Organismos	Sexo	Estado de madurez	Longitud total (cm)	Hg (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	As (mg/kg)	Pb (mg/kg)
Cl 1	Macho	Juvenil	90	0.133	ND	0.479	14.965	ND
Cl 2	<b>Hembra</b>	<b>Juvenil</b>	84	0.255	0.313	<b>0.706</b>	<b>14.914</b>	ND
Cl 3	Macho	Juvenil	117	0.090	0.393	0.455	26.264	ND
Cl 9	Hembra	Juvenil	95	0.210	0.34	0.595	15.861	ND
Cl 14	Macho	Juvenil	144	0.134	0.353	0.411	17.879	ND
Cl 16	<b>Hembra</b>	<b>Juvenil</b>	141	0.114	ND	0.472	<b>27.376</b>	ND
Cl 4	Macho	Adulto	137.5	0.125	0.33	0.491	21.792	ND
Cl 5	Macho	Adulto	138.5	0.134	0.303	0.448	26.428	ND
Cl 6	<b>Macho</b>	<b>Adulto</b>	132	0.225	<b>0.282</b>	0.686	27.219	ND
Cl 7	Macho	Adulto	143.5	0.155	0.383	0.485	22.624	ND
Cl 8	Macho	Adulto	146	0.278	ND	0.448	20.355	ND
Cl 10	<b>Macho</b>	<b>Adulto</b>	132	<b>0.068</b>	ND	0.376	18.627	ND
Cl 11	Macho	Adulto	151	0.074	ND	0.376	22.442	ND
Cl 12	<b>Macho</b>	<b>Adulto</b>	141	0.174	ND	<b>0.355</b>	23.72	ND
Cl 13	Macho	Adulto	137	0.139	0.31	0.405	20.671	ND
Cl 15	<b>Macho</b>	<b>Adulto</b>	143	<b>0.693</b>	<b>0.434</b>	0.495	19.214	ND
Cl 17	Macho	Adulto	142	0.154	0.321	0.411	22.575	ND
Cl 18	Macho	Adulto	144	0.340	0.312	0.469	19.023	ND
Cl 19	Hembra	Adulto	142	0.244	ND	0.523	23.04	ND

## DISCUSIÓN

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-027-SSA1-1993 (Bienes y servicios, productos de la pesca, pescados frescos-refrigerados y congelados: especificaciones sanitarias) el límite máximo permisible de Hg en peces para consumo humano es de 1.0mg/kg. En este estudio que se realizó con tiburones puntas negras ninguna de las muestras alcanzó este límite, siendo la concentración máxima para este metal de 0.69mg/kg, encontrándose en un macho adulto.

Núñez *et al.* (1998) realizaron un estudio en 44 cazones (*Rhizoprionodon terraenovae*) capturados en las zonas costeras de Veracruz y Tabasco, en los cuales encontraron concentraciones promedio de Hg en los hígados de 0.16mg/kg en peso seco. Al igual que en el presente estudio, las concentraciones de Hg no rebasan el límite máximo permitido por la normatividad vigente en México. Por otro lado, un estudio llevado a cabo en tiburones de la especie *Carcharhinus leucas* que habitan las lagunas costeras del Golfo de California reportan concentraciones de Hg en el hígado por debajo de los límites permisibles (Ruelas-Inzunza & Páez-Osuna 2005). Sin embargo, concentraciones elevadas de este elemento se han observado en las costas de Florida, donde Evers *et al.* (2008) analizaron Hg en el músculo de *C. limbatus* y obtuvieron un promedio de 3.31mg/kg, lo cual representa una diferencia notable en comparación con las concentraciones que se registraron en los organismos de la zona costera de Veracruz.

La Norma Oficial Mexicana NOM-027-SSA1-1993 indica que la concentración de Cd en peces para consumo humano no debe exceder de 0.5mg/kg. Ninguno de los hígados de los tiburones muestreados rebasó este límite, siendo la concentración máxima de 0.434mg/kg, encontrada en un macho adulto. Ruiz *et al.* (1996), realizaron un estudio de metales pesados (Cd y Hg) en peces nicuro (*Pimelodonus clarias*) y bocachico (*Prochilodus magdalenae*) capturados en el río Magdalena en Colombia, encontrando concentraciones de Hg de

3.5mg/kg y de Cd de hasta 256mg/kg, lo cual muestra que este río se encuentra contaminado. Mientras que en la zona costera de Tamiahua, en los tiburones no se encuentran tales niveles de contaminantes, teniendo en cuenta que estos son organismos que se encuentran en el tope de la red trófica, y que habitan aguas circun-tropicales y algunos en aguas templadas (Furlong-Estrada & Barragán-Cuencas 1997).

La concentración de Cr en el hígado de los tiburones fue baja en comparación a lo que establece la FDA (13 mg/kg), aunque el Cr puede desecharse en las heces y la orina, también puede llegar a bioacumularse y causar algunos daños en el ser humano tales como cuadros gastrointestinales agudos (Galvão & Corey, 1987). La dosis mortal de Cr para el ser humano es de 6-8g/Kg/d de este metal, sin embargo, en México no existe una norma que regule los niveles permisibles de este metal en la biota a pesar del daño que este puede generar.

Ninguna normatividad mexicana establece los límites permisibles de As para productos de la pesca, pescados frescos-refrigerados, así que se tomó como referencia los límites máximos permisibles para el As que establece la Administración de Drogas y Alimentos (FDA) de E.U.A. en peces. La FDA establece que los límites máximos de As, no deben de exceder de 76mg/kg en peso húmedo. En esta investigación la concentración máxima registrada fue de 27.376mg/kg peso seco y la mínima de 14.914mg/kg. La Agency for Toxic Substances & Disease Registry (2007) ha realizado varios estudios en los que ha demostrado que el arsénico aumenta el riesgo de contraer cáncer de piel, hígado, vejiga y pulmones. Lo que es alarmante aún es que en México no se esté regulando la presencia de este contaminante en los pescados que se consumen. El As inorgánico puede causar daños serios a la salud (Agency for Toxic Substances & Disease Registry 2007).

Un estudio realizado en el Mar Mediterráneo de As en hígado de varios tiburones, indicó concentraciones similares a las observadas en este trabajo (Storelli & Marcotrigiano 2004). Por otro lado un estudio realizado en tiburones de la especie *Squalus acanthias* capturados en

la zona costera de Italia, mostró concentraciones altas de Hg (6.5mg/kg), siendo estas concentraciones muy inferiores a las reportadas para esta investigación.

Es de suma importancia recalcar que tanto las normas mexicanas como americanas, los límites máximos permisibles, son en base húmeda, sin embargo las muestras en este estudio se trabajaron en base seca, y que aunque se esperaría encontrar mayor concentración en base seca, los resultados obtenidos no rebasaron lo establecido para base húmeda.

La toxicidad de los metales están influenciados por factores de tipo fisicoquímicos (salinidad, pH, Eh, dureza) y biológicos (edad, talla, hábitos alimenticios, madurez) (Páez-Osuna 2005). En un estudio realizado por Núñez-Nogueira (2005) en tiburones de la especie *C. limbatus* capturados en las playas de Chachalacas y en la costa de Veracruz, mostró que existía una diferencia entre los sexos de los organismos en la concentración del Hg, así como la longitud y la edad de los organismos con la concentración del Pb y Hg. En el presente estudio, se presentaron diferencias significativas entre sexos de los organismos entre el Cr, pero no para los estadios de madurez. Mediante un análisis de correlación de Pearson, se observó que para el Cr y As, hay una correlación entre la longitud del organismo y la concentración del metal. Entre más largo el organismo mayor concentración del metal presentaba. Esto se debe a que en organismos mayores el fenómeno de magnificación se hace más evidente ya que están consumiendo más alimento y generalmente son organismos de mayor edad.

En general, para los tiburones y para la mayoría de los organismos marinos que son consumidos por los humanos, el cumplimiento de las normas sanitarias debe ser primordial. Los organismos acuáticos en particular, los que se encuentran en los niveles tróficos superiores, como son delfines, tiburones y otros peces grandes, tienden a bioacumular y biomagnificar grandes cantidades de metales pesados (Marcovecchio *et al.* 1991, Fowler *et al.* 2004, Evers *et al.* 2008). Es por eso, la importancia de

conocer los niveles de contaminantes inorgánicos en los organismos tope para tener una idea del estado de salud del ecosistema marino y el posible daño en la salud humana debido a que muchos de ellos son de importancia comercial.

La laguna de Tamiagua, así como las aguas de sus costas son muy importantes, debido a que en estas se capturan importantes especies de peces, crustáceos y moluscos de interés comercial. Sin embargo, alrededor de esta zona se encuentran importantes puertos (Tuxpan y Tampico) muy industrializados que cuentan con plataformas petroleras, plantas generadoras de energía eléctrica, gran actividad agrícola y los efluentes domésticos de las ciudades que son vertidos en ríos que desembocan en el mar. Todo lo antes mencionado son las principales fuentes de metales pesados hacia los ecosistemas lagunares, costeros y marinos (Forstner & Wittmann 1979).

Dado lo anterior es de gran interés y de suma importancia realizar estudios mucho más prolongados con *C. limbatus* y con las demás especies que se capturan en la región, con la finalidad de conocer el grado de exposición a contaminantes en los ecosistemas acuáticos se encuentran y determinar los posibles riesgos de salud en los que se puedan encontrar los pobladores que consumen estos organismos.

## AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio de Mamíferos Marinos de la Universidad Veracruzana por haber financiado el proyecto a través de un apoyo otorgado a A. Serrano. A M. López-Ortega por su asesoría en el análisis de las muestras.

## RESUMEN

La contaminación de los ecosistemas marinos y costeros por metales pesados en el Golfo de México es uno de los problemas que afectan a los recursos naturales del medio acuático. Los tiburones por situarse en niveles tróficos superiores de la red alimenticia acumulan y magnifican cantidades considerables de contaminantes. Por esta razón, el objetivo de este trabajo fue determinar la concentración de cuatro metales pesados (Hg, Cd, Pb y Cr) y un metaloide (As) en el tiburón punta negra (*Carcharhinus limbatus*)

por medio de espectrofotometría de absorción atómica con flama y generador de hidruros. Se muestrearon 19 hígados de tiburones capturados cerca de Tamiahua, Veracruz entre noviembre 2007 y marzo 2008, de los cuales 12 fueron machos adultos, una hembra adulta, tres machos jóvenes y tres hembras jóvenes. Las concentraciones máximas registradas para cada metal fueron: Hg=0.69mg/kg, Cd=0.43mg/kg, As=27.37mg/kg, Cr=0.35mg/kg. El Pb no fue detectado, no al menos la cantidad mínima de detección requerida por el espectrofotómetro de absorción atómica (0.1mg/kg). Ninguna de las muestras analizadas rebasó los límites máximos permisibles por las leyes mexicanas y americanas.

**Palabras clave:** contaminación, metales pesados, tiburón punta negra, *Carcharhinus limbatus*, Golfo de México, ecosistemas marinos.

## REFERENCIAS

- Arenas-Fuentes, V. & L. Jiménez-Badillo. 2004. La pesca en el Golfo de México. Hacia mayores biomásas en explotación, p. 755-769. *In* Diagnostico Ambiental del Golfo de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Beltrán, J., A. Villasol, A.V. Botello & F. Palacios, 2005. Condición actual del ambiente marino-costero de la región del Gran Caribe, p. 1-24. *In* A.V. Botello, J. Rendón-von Osten, G. Gold-Bouchot & C. Agraz-Hernández (eds.). Golfo de México, Contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología, México.
- CONABIO. 2010. Regiones marinas prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. (Consultado: 18 Abril 2010, <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/marinas.html>).
- Environmental Chemical Contaminant and Pesticide Tolerances, Action Levels, and Guidance Levels. 1993. FDA (Administración de Medicamentos y Alimentos de E.U.A.).
- Espinoza, S. & C. Vanegas. 2005. Ecofisiología y contaminación, p. 53-78. *In* A.V. Botello, J. Rendón-von Osten, G. Gold-Bouchot & C. Agraz-Hernández (eds.). Golfo de México contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y Tendencias. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología.
- Evers, D.C., N. Hammerschlag & D. Die. 2008. Mercury levels in Florida sharks: Interim Report. Report BRI 2008-02. BioDiversity Research Institute, Gorham, Maine.
- Flores, P.G. 1987. Contaminación del pescado y sus productos por metales pesados. *Fonaiap* 25: 8-2.
- Forstner, U. & G.T.W. Wittmann. 1979. Metal pollution in the Aquatic Environment. Springer Verlag, Nueva York, EEUU.
- Fowler, S., C. Raymakers & U. Grimm. 2004. Trade in and conservation of two Shark Species, Porbeagle (*Lamna nasus*) and Spiny Dogfish (*Squalus acanthias*). USA.
- Furlong-Estrada, E. & O.V. Barragán-Cuencas. 1997. Análisis biológico pesquero de tiburones de la familia Carcharhinidae (Elasmobranchii) capturados por loa principal flota artesanal del sur de Nayarit, México. Temporada 1995-1996. Tesis profesional. UDG.
- Galvão, L.A.C. & G.C. Corey. 1987. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud. México.
- Gordillo-Cruz, G. & L. Cruz-Paredes. 2005. Ficha Informativa de los humedales de Ramsar (FIR). Laguna de Tamiahua Veracruz.
- Guzmán Amaya, P., S. Villanueva & A.V. Botello. 2005. Metales en tres lagunas costeras del estado de Veracruz, p. 361-372. *In* A.V. Botello, J. Rendón-von Osten, G. Gold-Bouchot & C. Agraz-Hernández (eds.). Golfo de México contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y Tendencias. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología.
- Marcovecchio, J.E., V.J. Moreno & A. Pérez. 1991. Metal accumulation in tissues of sharks from the Bahía Blanca Estuary, Argentina. *Mar. Envir. Res.* 31: 263-274.
- Márquez-Farias, J.F. & J.L. Castillo Géniz. 1998. Fishery biology and demography of the Atlantic Sharpnose Shark, *Rhizoprionodon terraenovae* in southern Gulf of Mexico. *Fish. Res.* 39: 183-198.
- NOM-027-SSA1-1993. Diario Oficial de la Federación. 1994. NOM-027-SSA1-1993, Bienes y servicios. Productos de la pesca. Pescados frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias.
- NOM-117-SSA1-1994. Diario Oficial de la Federación. 1995. 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.
- Núñez, N.G., O.J. Bautista & M.R. Rosiles. 1998. Concentración y distribución de mercurio en tejidos del cazón (*Rhizoprionodon terraenovae*) del Golfo de México. *Vet. Mex.* 29: 15-21.
- Núñez-Nogueira, G. 2005. Concentration of essential and non-essential metals in two shark species commonly caught in Mexican (Gulf of Mexico) coastline, p. 451-474. *In* A.V. Botello, J. Rendón-Von Osten, G.

- Gold-Bouchot & C. Agraz-Hernández (eds.). Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología.
- Páez-Osuna, F. 2005. Efectos de los metales, p. 343-360. *In* A.V. Botello, J. Rendón-Von Osten, G. Gold-Bouchot & C. Agraz-Hernández (eds.). Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: *Diagnóstico y Tendencias*. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma Campeche, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología.
- Ruelas-Inzunza, J. & F. Páez-Osuna. 2005. Mercury in fish and shark tissues from two coastal lagoons in the Gulf of California, Mexico. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 74: 294-300.
- Ruiz, J., C. Fandiño, G.E. Romero & M. Guevara. 1996. Contaminación de peces por metales pesados en el río Magdalena. *Licania arborea* 1: 18-22.
- Storelli, M.M. & G.O. Marcotrigiano. 2004. Interspecific variation in total arsenic body concentrations in elasmobranch fish from the Mediterranean Sea. *Mar. Poll. Bull.* 48: 1145-1167.
- Toxicological Profile for Arsenic. 2007. Agency for Toxic Substances and Disease Registry United States Public Health Service.
- Vázquez-Botello, A., S. Villanueva & L. Rosales. 2004. Distribución de metales pesados en el Golfo de México, p. 681-706. *In* M. Caso, I. Pisanty & E. Ezcurra (eds.). *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Harte Research Institute for Gulf of Mexico Studies.