

Concentración y distribución de mercurio en tejidos del cazón (*Rhizoprionodon terraenovae*) del Golfo de México

Gabriel Núñez Nogueira*
Janitzio Bautista Ordóñez*
René Rosiles Martínez*

Abstract

In this study mean mercury concentrations were measured in gills (0.66 mg/kg), brain (0.45 mg/kg), liver (0.16 mg/kg), pancreas (0.51 mg/kg), muscle (0.63 mg/kg) and kidney (0.42 mg/kg) dry weight bases from 44 sharks (*Rhizoprionodon terraenovae*) captured at the seashore from the Gulf of Mexico (Veracruz and Tabasco states). Mercury concentration was measured using both the atomic absorption spectrophotometric and bohídríde generation methodologies. A comparison was made between mean mercury concentration in males (0.57 mg/kg) and females (0.75 mg/kg). As well as gills 0.47, muscle 0.64, brain 0.51, kidney -0.81, liver -0.61 and pancreas 0.91 concentration, between length and age of individuals. In order to assess the risk due to consumption of meat from these sharks, the maximum acceptable value of mercury as established by the Joint Committee FAO/WHO was taken into account and compared to the amount of Hg ingested when shark meat was consumed. With this analysis, it was established that 280 g of shark meat contaminated with this mean concentration of mercury are needed to be consumed every day for some period in order to suffer from harmful mercury exposure.

Key words: MERCURY, SHARK TISSUES.

Resumen

Se determinó la concentración promedio de mercurio en branquias (0.66 mg/kg), cerebro (0.45 mg/kg), hígado (0.16 mg/kg), músculo (0.63 mg/kg), páncreas (0.51 mg/kg) y riñón (0.42 mg/kg), base seca, de 44 cazones (*Rhizoprionodon terraenovae*) capturados en las zonas costeras del Golfo de México (Veracruz y Tabasco). La determinación de este elemento se realizó mediante la generación de borohidruros acoplado a espectrometría de absorción atómica. Se compararon las concentraciones de mercurio de los machos (0.57 mg/kg) con los de las hembras (0.75 mg/kg), y se determinó el índice de correlación entre la cantidad del elemento con la longitud y la edad aproximada del animal, con los siguientes resultados: branquias, 0.47; músculo, 0.64; cerebro, 0.51; riñón, -0.81; hígado, -0.61; y páncreas, 0.91. Para determinar el riesgo por el consumo de carne de esta especie, se tomó el valor máximo de ingesta tolerable de mercurio, establecido por el comité mixto FAO/OMS, y se comparó con la suma de la cantidad de carne consumida y la concentración de mercurio que ésta contenía. Después de verificar estos datos se llegó a la conclusión de que es necesario consumir 280 g diarios de carne de tiburón con la concentración promedio, para tener una exposición peligrosa. Sin embargo, si la concentración es más alta, al ser consumida por algún tiempo, el riesgo de exposición peligroso al mercurio será aún más alto.

Palabras clave: MERCURIO, TEJIDO TIBURÓN.

Recibido el 3 de abril de 1997 y aceptado el 21 de octubre de 1997.

* Laboratorio de Toxicología, Departamento de Nutrición y Bioquímica, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, México, D.F.

Introducción

México es un país que cuenta con 11596 km de litorales, según información del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), que lo convierten en una nación con un elevado potencial de explotación de recursos pesqueros. El tiburón ha adquirido un importante papel dentro de estos recursos explotables a lo largo de los años, proporcionando fuentes de empleo y sirviendo como alimento a innumerables comunidades costeras de México. Sin embargo, en la actualidad las diferentes especies que habitan las aguas del país se encuentran expuestas a serios problemas de contaminación, que producen una gran variedad de alteraciones anatómicas y fisiológicas, no sólo en ellos, sino también en otros organismos con los que comparten su hábitat. El mercurio es considerado como un elemento metálico no esencial para la vida. Se encuentra presente en la naturaleza debido a diferentes fenómenos geológicos que participan en su liberación al ambiente, por ejemplo: el vulcanismo, la desgasificación de la corteza terrestre y la erosión. Su variado empleo en la industria y la agricultura durante los últimos años ha permitido que sus niveles se eleven considerablemente, lo que aunado a la metilación ha permitido que el mercurio pueda atravesar las membranas biológicas, logrando su incorporación a las cadenas tróficas acuáticas y volviéndose uno de los metales más tóxicos para cualquier ser vivo. Diferentes estudios han revelado que el riñón de peces óseos es uno de los principales órganos donde se acumula el mercurio además del hígado y el músculo, lo que permite tener una idea de los diferentes procesos metabólicos, de asimilación y eliminación por los que debe pasar el mercurio una vez que penetra en el organismo.^{1,2,3} Se ha mostrado que el mercurio provoca daño principalmente en órganos locomotrices y sistema nervioso en peces.^{4,5,6} Los niveles que se alcanzan son muy elevados en especies predatoras o que son consideradas como consumidores terciarios dentro de la cadena alimenticia,⁷ el tiburón es una de ellas. Debido a la importancia que el tiburón ha recibido dentro de la pesquería nacional por la considerable cantidad de carne de esta especie que es consumida en el territorio nacional,^{8,9,10} es necesario llevar un control de calidad de este tipo de carne para detectar agentes tóxicos o contaminantes que representen algún riesgo a los consumidores.

Material y métodos

La toma de muestras de 44 tiburones se llevó a cabo en el periodo que comprende de agosto de 1994 a abril de 1995, a partir de animales capturados en las costas del estado de Veracruz, México, o bien de los animales puestos a la venta en el centro de acopio de pescados y mariscos "La Nueva Viga", en la ciudad de México,

provenientes de la costa del Golfo de México. Se tomaron muestras de branquias, cerebro, hígado, músculo, páncreas y riñón, durante el desembarque de los organismos o después de su congelación y puesta a la venta; sin embargo, por el manejo de ejemplares eviscerados o completos no se pudieron coleccionar muestras de riñón de machos y páncreas de hembras. Datos referentes a talla, sexo, localidad de procedencia y fecha fueron registrados para cada muestra, éstas se colocaron dentro de bolsas de polietileno y en refrigeración entre -20° y 0° C para su posterior análisis.

Se tomaron muestras de aproximadamente 5 g de cada tejido, para ser deshidratadas y posteriormente digeridas con ácidos nítrico y perclórico concentrados a calor controlado no mayor de 80° C (técnica de digestión húmeda). Finalmente cada muestra fue filtrada y aforada a un volumen conocido mediante el empleo de agua desmineralizada y destilada. La concentración de mercurio se determinó por la técnica de generación de hidruros acoplado a un espectrómetro de absorción atómica con las especificaciones señaladas en el manual de operación del fabricante del instrumento.^{11,12}

Para evaluar los resultados, éstos se agruparon por sexo, edad, lugar de procedencia y tejido, a los que se les graficó para su evaluación visual. Una vez agrupados se les practicó un análisis estadístico diferencial entre los parámetros arriba señalados por medio de una prueba de "t" de Student.^{13,14,15} Para poder determinar el tipo de relación existente entre los niveles de mercurio y la longitud del animal se procedió a aplicar tres modelos de correlación: lineal ($y = mx + b$), potencial ($y = mx^b$) y exponencial [$\exp(y = mx + b)$], para las concentraciones calculadas en cada tejido. Para determinar la relación del metal con respecto a la edad, se procedió primeramente a calcular la edad aproximada para cada organismo siguiendo el modelo de Von Bertalanffy,¹⁶ el cual permite relacionar la longitud total dada en centímetros, con la edad en años.¹⁷ Una vez obtenidas las edades correspondientes, se procedió a aplicar los modelos de correlación antes descritos. Para establecer el riesgo por el consumo de carne de tiburón se estima que los primeros efectos relacionados con la ingesta diaria de mercurio a largo plazo, deberá producirse a niveles de ingesta de 3.0 mg/kg de peso corporal con una alta probabilidad de que se presente algún efecto en la salud. Estas cifras son aplicadas a personas adultas y sus efectos tóxicos en etapas prenatales e infantiles pueden darse a niveles inferiores a los señalados, dichos valores fueron establecidos por la FAO/OMS.¹⁸ Para la determinación del riesgo por el consumo de carne de *R. terraenovae* se tomó el promedio de mercurio detectado en músculo y se procedió a hacer el cálculo para personas adultas de 70 kg de peso promedio.

Cuadro 1
CONCENTRACIÓN (mg/kg) PROMEDIO DE MERCURIO EN TIBURÓN (*Rhizoprionodon terraenovae*) DEL GOLFO DE MÉXICO

Sexo		Branquia n=10	Cerebro n=11	Hígado n=2	Músculo n=10	Páncreas n=2
HEMBRAS	Promedio	0.75 ^a	0.60 ^a	0.20 ^c	0.73 ^a	0.51 ^b
	Mediana	0.78	0.40	0.20	0.82	0.51
	Desv. est.	0.30	0.58	0.29	0.24	0.04
	Varianza	0.09	0.33	0.08	0.06	0.00
	Mínimo	0.10	0.00	0.00	0.27	0.48
	Máximo	1.15	1.65	0.40	0.99	0.54
MACHOS	Promedio	0.57 ^b	0.30 ^c	0.13 ^c	0.74 ^a	0.42 ^b
	Mediana	0.59	0.26	0.09	0.55	0.26
	Desv. est.	0.34	0.19	0.15	0.37	0.35
	Varianza	0.12	0.04	0.02	0.14	0.12
	Mínimo	0.07	0.04	0.00	0.35	0.19
	Máximo	1.04	0.61	0.29	1.60	0.82

Literales diferentes indican diferencia significativa entre órganos

Resultados

Las concentraciones de los análisis por sexo y por promedio del contenido de mercurio se presentan en el Cuadro 1. Las máximas concentraciones correspondieron a músculo, cerebro y branquias (1.6, 1.65 y 1.15 mg/kg, respectivamente), mientras que el hígado mostró el nivel más bajo (0.29 mg/kg) irrespectivo del

sexo. Sólo en el músculo de los machos (1.6 mg/kg), la concentración comparativamente con las hembras fue más alta. La capacidad para concentrar metales de parte de los organismos marinos ha sido correlacionada con diversos factores como son la longitud, el peso, la edad y el sexo. Los resultados indican que existen diferencias entre los niveles encontrados en machos, con respecto a los detectados en hembras. En la mayoría de los tejidos

Cuadro 2
CORRELACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MERCURIO CON SU LONGITUD DE *Rhizoprionodon terraenovae* DEL GOLFO DE MÉXICO

Tejido	Modelo	n	r	p	Relación
Branquia	Lineal	21	0.476	<.05	Nor-Nor
Músculo	Lineal	21	0.642	<.01	Nor-Nor
Cerebro	Multiplicativo	22	0.512	<.05	Nor-Log
Riñón	Lineal	3	-0.818	N.S.	Nor-Nor
Hígado	Lineal	4	-0.616	N.S.	Nor-Nor
Páncreas	Multiplicativo	3	0.914	N.S.	Nor-Log

p= Significancia NS= No significativo
n= Número r= Correlación

Cuadro 3
CORRELACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MERCURIO (mg/kg) CON LA EDAD DE *Rhizoprionodon terraenovae* DEL GOLFO DE MÉXICO

Tejido	Modelo	n	r	p	Relación
Branquia	Multiplicativo	21	0.460	<.05	Nor-Log
Músculo	Lineal	21	0.710	<.01	Nor-Nor
Cerebro	Multiplicativo	22	0.502	<.05	Nor-Log
Riñón	Multiplicativo	3	-0.804	N.S.	Nor-Log
Hígado	Lineal	5	-0.637	N.S.	Nor-Nor
Páncreas	Multiplicativo	3	0.985	N.S.	Nor-Log

n= Número de datos r= Correlación
p= Significancia NS= No significativo

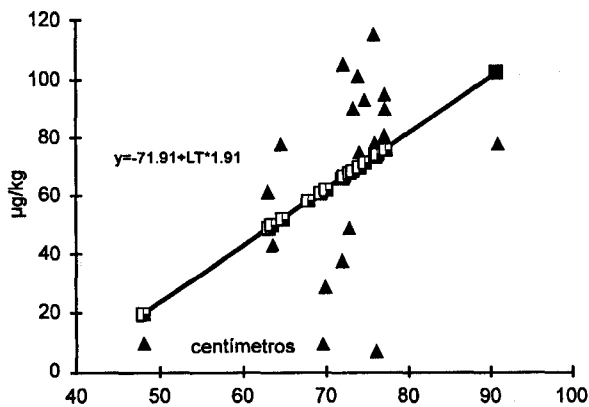


Figura 1. Correlación de la concentración de mercurio en branquias con la longitud de *Rhizoprionodon terraenovae* del Golfo de México.

analizados los niveles de mercurio mostraron una dependencia o relación con respecto al sexo y al tejido. Tomando el modelo que presentó una mejor correlación (r^2 más alta) en cada caso, puede verse que el mercurio sigue una acumulación que se ajusta "mejor" a un modelo lineal en branquias, hígado, músculo y riñón, mientras que en cerebro y páncreas el modelo multiplicativo muestra un mayor ajuste (Cuadros 2 y 3 y Figuras 1 a la 6).

El índice de correlación de la longitud y la edad con las concentraciones de mercurio en hígado riñón y páncreas no resultó significativa.

Se puede observar que, como ocurre en el caso de la longitud, el mercurio presenta un modelo de acumulación diferente según el tejido. En branquias, cerebro, riñón y páncreas se ajustó mejor a un modelo potencial, mientras que en músculo e hígado fue lineal (Cuadro 3). Al comparar los modelos encontrados en la relación Hg-Longitud y Hg-Edad, se observa que aun tratándose del mismo elemento en el mismo tejido, el modelo no

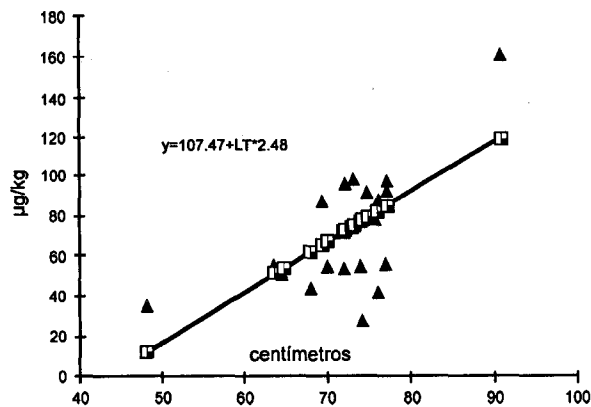


Figura 2. Correlación de la concentración de mercurio en músculo con la longitud de *Rhizoprionodon terraenovae* del Golfo de México.

siempre es el mismo; es decir, el mercurio en branquias y riñón se relaciona linealmente con respecto a la longitud y potencialmente respecto de la edad. Las diferencias seguramente se deben a las rutas metabólicas o fisiológicas que sigue el mercurio en cada uno de los tejidos, captándose más rápidamente en cerebro y páncreas que en los demás tejidos

A partir de la estimación del riesgo se puede apreciar que se necesitan consumir cerca de 280 g de carne de esta especie para que se presente algún síntoma de intoxicación, recordando que se está haciendo referencia a valores mínimos necesarios de consumo en base seca. Este valor podría resultar alarmante si se piensa que una persona con buen apetito puede llegar a ingerir más de 280 g de carne de tiburón en una comida. Para que una intoxicación se presente es necesaria la participación de otros factores que influyen en la actividad del tóxico una vez ingerido, como la forma química en la que se encuentre el metal, edad, estado nutricional, resistencia inmunológica, estado de salud, hábitos,

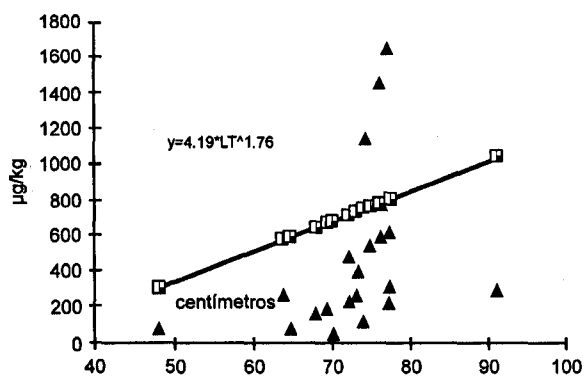


Figura 3. Correlación de la concentración de mercurio en cerebro con la longitud de *Rhizoprionodon terraenovae* del Golfo de México.

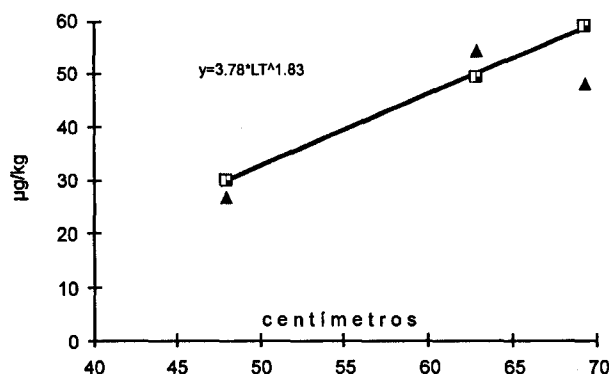


Figura 4. Correlación de la concentración de mercurio en páncreas con la longitud de *Rhizoprionodon terraenovae* del Golfo de México.

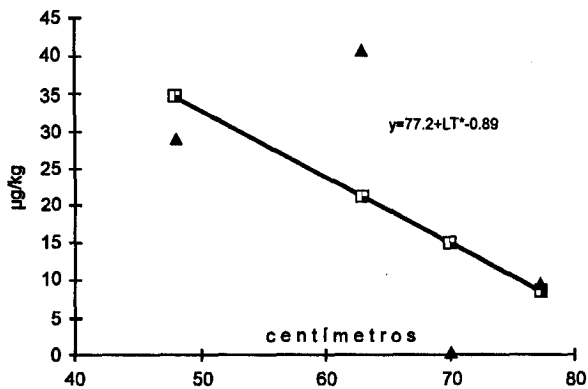


Figura 5. Correlación de la concentración de mercurio en hígado con la longitud de *Rhizoprionodon terraenovae* del Golfo de México.

condición física de la persona, entre otros factores, que permitirán que el individuo resista o no la ingestión de un elemento que represente cierto riesgo en determinada concentración. Se puede decir que es necesario consumir más de 280 g/día de carne de tiburón y hacerlo además periódicamente para que se manifieste algún síntoma de intoxicación.

Discusión

Al tomar el valor de referencia de la FAO/OMS, el mercurio en tiburones requiere de atención. Ciertas investigaciones realizadas en el pez espada (*Xiphias gladius*) han mostrado diferencias en los niveles de mercurio según el sexo, mientras que especies que ocupan también un sitio elevado en la cadena trófica, como el marlín azul del Pacífico (*Makaira nigricans*), no la presentan.³ En el tiburón azul (*Prionace glauca*) la concentración del mercurio muestra estar en función de la talla, en la mayoría de los estudios hechos en tiburones dicha relación parece ser de tipo potencial, al menos en lo que respecta a tejido muscular.^{7,19} Sin embargo, existen especies como *Carcharhinus limbatus* (tiburón de puntas negras) que acumulan el mercurio en forma lineal o potencial, dependiendo, al parecer, del hábitat en el que se encuentre y del grado de exposición.^{2,20} Cabe mencionar que en el tejido hepático se presentó una correlación negativa o inversa (Figura 2), este decremento en la cantidad del metal conforme aumenta de tamaño en el animal, podría implicar que con el paso del tiempo se van perfeccionando los mecanismos de eliminación o bien se incrementa la síntesis de metalotioneína, proteína que actúa en la unión de metales como el cadmio, cobre, mercurio y zinc. En *Scyliorhinus canicula* (tiburón gato, de manchas pequeñas) se ha observado que esta molécula es sintetizada si se detecta la presencia e incremento de alguno de los elementos metálicos con los que interaccio-

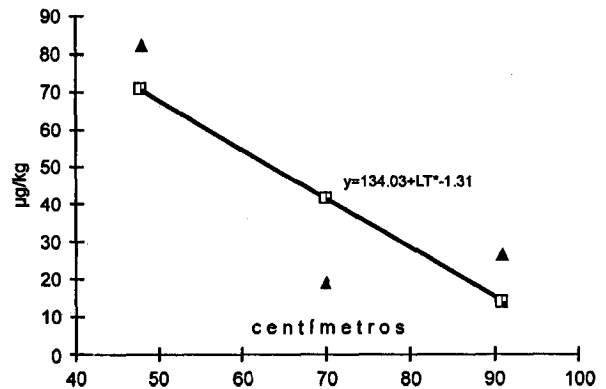


Figura 6. Correlación de la concentración de mercurio en riñón con la longitud de *Rhizoprionodon terraenovae* del Golfo de México.

na,^{20,21,22} considerándola como una proteína homeostática para metales esenciales y eliminadora de los que no presentan dicha esencialidad.²³ Por otra parte, la captación de mayores cantidades del metal en los diferentes tejidos provoca una disminución en la concentración de mercurio difundida en la circulación sanguínea, lo que también puede reflejarse en la disminución del mercurio en hígado. El hígado es el órgano más grande o más desarrollado en los tiburones, esta característica tal vez permite que este tejido metabolice con mayor rapidez el mercurio, para luego enviarlo a los tejidos que presentan mayor acumulación. Un estudio bioquímico al respecto permitiría comprobar esta idea, al saber si existen diferentes formas moleculares del mercurio en los seis tejidos.

Este tipo de relación ya ha sido observado en otras especies y otros tejidos, como es el caso del músculo de *S. canicula*, donde se ha detectado que el mercurio se incrementa al cubo con la longitud, mientras que lo hace linealmente en relación con la edad.¹⁹

El músculo parece ser el principal sitio de acumulación de mercurio en *R. terraenovae*, lo que concuerda con lo encontrado por otros investigadores en peces carnívoros y otras especies de tiburones. Esta situación sugiere que dicho metal, a diferencia de lo que ocurre en otros animales terrestres y acuáticos, se acumula principalmente en tejido muscular en lugar de tejido nervioso, o el óseo como lo muestran algunas investigaciones.^{7,20,24} Existe evidencia de que la ruta principal de eliminación o absorción del elemento en peces, es a través de las branquias, razón por la cual se explica su presencia en este tejido. Como se ha manifestado en diferentes trabajos, la concentración de metales tiende a ser mayor en tiburones grandes, diversas investigaciones realizadas en peces han mostrado que la tasa de depuración corporal es inversamente proporcional a la talla corporal^{5,25} aunque el patrón de acumulación no siempre parece ser el mismo.

Mediante el presente estudio se pudo comprobar la presencia de mercurio en los seis tejidos muestreados, lo que pone de manifiesto que el tiburón *R. terraenovae* es una especie expuesta al elemento metálico, el cual incorpora a su organismo a partir, muy probablemente, del alimento que consume y de la columna de agua en que se encuentra el metal disuelto. Debido a que en la mayoría de los casos el mercurio presentó un incremento en función de la edad y de la longitud, podría pensarse que la capacidad de *R. terraenovae* para realizar viajes más extensos e incrementar su distribución geográfica, así como modificaciones en su dieta, no alteran su grado de exposición al mercurio, permitiéndole acumularse en sus tejidos a pesar del crecimiento del organismo y de la habilidad adquirida para trasladarse a zonas más alejadas de la costa. Por otra parte, estos viajes migratorios desarrollados por animales de tallas mayores pueden estar llevándose a cabo hacia zonas que presentan mayor concentración de mercurio. La exposición a mayores concentraciones incrementa la cantidad y velocidad de asimilación del metal.

Las características del mercurio permiten que esta incorporación sea constante y acumulativa, ya que se comprobó también que en casi todos los tejidos el nivel de mercurio se incrementa conforme el animal aumenta de talla y edad, variando la velocidad de acumulación de manera lineal o potencial dependiendo del tejido y de la variable analizada. Cabe señalar que no se descarta la posibilidad de que las diferencias encontradas en los modelos de correlación para *R. terraenovae* con respecto a lo señalado para tiburones en trabajos anteriores, pueda deberse a que únicamente se analizó a una pequeña parte de la población y no se obtuvieron muestras de todos los niveles de la misma. El sexo es uno de los parámetros que, según se ha podido comprobar, influye en la acumulación de metales pesados no únicamente en el caso particular del mercurio, como sucede en diversas especies animales, incluso de tiburones. Sin embargo, no parece influir en *R. terraenovae*, posiblemente debido a las características conductuales o etológicas desarrolladas y compartidas por ambos sexos.

Como consecuencia de lo anterior, es posible pensar que ambos organismos se encuentran desigualmente expuestos a las diversas fuentes del metal, adquiriéndolo por vía alimenticia, o bien a partir del medio que los rodea o los hábitos de cada individuo, por lo que es necesario realizar estudios en poblaciones costeras, que son lugares que se encuentran más expuestos a este tipo de productos con mayor frecuencia. Esto último se haría con el fin de determinar el grado de dicha exposición y los efectos que ésta pueda causar.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los biólogos Leonardo Castillo y Susana Villanueva, a los doctores Alfonso Vázquez Botello y E. Marcovecchio, así como al inge-

niero Fernando Márquez y al personal del Programa "Tiburón" del INP, el apoyo e interés proporcionado para la realización del presente estudio. Asimismo, se agradece el apoyo económico brindado por la Fundación UNAM para esta investigación.

Referencias

1. Caputi N, Edmons JS, Heals DI. Mercury contents of sharks from south-western Australian waters. *Mar Pollu Bull* 1979;10:337-340.
2. Núñez NG. Concentración de As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Se y Zn en dos especies de tiburones del Golfo de México (*Rhizoprionodon terraenovae* y *Carcharhinus limbatus*) con importancia comercial (tesis de licenciatura). México (DF) México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM. 1996.
3. Shultz CD, Crear D. The distribution of total and organic mercury in seven tissues of the Pacific blue marlin, *Makaira nigricans*. *Pacif Sci* 1976;300:101-107.
4. Heat GA. Water pollution and fish physiology. Boston (MA): CRC Press, 1987.
5. Jacob PG, Zarba MA, Salem, AD. Results of toxicity test with marine organisms of Kuwait coast. *Indian J Fish* 1980;27:111-122.
6. Sinderman CJ. Principal diseases of marine fish and shellfish. San Diego (CA): Academic Press, 1989.
7. Walker, TI. Effects of the species, sex, length, and locality on the mercury content of school shark *Galeorhinus australis* (Macleay) and gummy shark *Mustelus antarcticus* (Guenther) from south-eastern Australian waters. *Austr J Mar Freshwater Res* 1976;270:603-616.
8. Applegate SP, Sotelo FM, Espinoza LA. An overview of Mexican sharks fisheries with suggestion for shark conservation in Mexico. Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Tech Rep 1991;NMFS-91:31-37.
9. Castillo JL. Shark fisheries and research in Mexico. *CHONDROS* 1990;2:1-2.
10. Castro JI. The sharks of North American waters. College Station (TX): Texas A & M University Press, 1993.
11. Hyde W, Kesey J, Ross PF, Stahr HM. Analytical toxicology methods manual. Ames (IA): Iowa State University Press, 1977.
12. Perkin-Elmer Co. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Northwalk (CO): The Perkin-Elmer Co., 1982.
13. Rosner B. Fundamentals of biostatistics. Belmont (CA): Duxbury Press, 1990.
14. Siegel S. Estadística no paramétrica. México (DF): Trillas, 1990.
15. Spiegel, H. Estadística. México (DF): McGraw-Hill, 1970.
16. Branstetter S. Age and grow validation of new born shark held in laboratory aquaria, with comments on the life history of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*. *COPEIA* 1979;20:291-300.
17. Marin OR. Clave para la determinación de los tiburones del Golfo de México. Veracruz, Veracruz, México: Universidad Veracruzana, 1992.
18. Organización Mundial de la Salud. Criterios de salud ambiental I y 3. Mercurio y plomo. Publicación Científica No. 362 y 388. Washington (DC): OMS 1976:148-169.
19. Taguchi M, Yasuda K, Toda S, Shimizu M. Study of metal contents of elasmobranch fishes: Part I-metal concentration in the muscle tissues of a dogfish. *Squalus mitsukurii*. *Mar Environ Res* 1979;20:239-249.

20. Lyle JM. Mercury concentrations in four carcharhinid and three hammerhead sharks from coastal waters of the northern territory. *Austr J Mar Freshwater Res* 1984; 350: 441-451.
21. Barber RJ, Whaling PJ. Mercury in the marlin and sailfish. *Mar Pollu Bull* 1983;4:395-396.
22. Bonswick GA, Vas P, Fielden PR, Gordon JDM. Metallothionein-like proteins in the livers of squaloid and carcharhinid sharks. *Mar Pollu Bull* 1990;21:567-570.
23. Vas P, Gordon JM, Fielden PR, Overnell J. The trace metal ecology of the ichthyofauna in the Rockall Trough north-eastern Atlantic. *Mar Pollu Bull* 1993;260:607-612.
24. Desache R. *Toxicología y seguridad de los alimentos*. Madrid, España: Omega, 1990.
25. Greig AR, Wenzloff DR. Trace metals in finfish from the New York Bight and Loney Island Sand. *Mar Pollu Bull* 1977;8:200-204.