

BIOACUMULACIÓN DE MERCURIO EN TIBURONES DE BAJA CALIFORNIA SUR

DIRECTOR: FELIPE GALVAN MAGAÑA

RESUMEN

El Mercurio en el medio acuático se encuentra en forma orgánica e inorgánica, debido a que permanece largos periodos de vida en el ambiente, tiene la capacidad de acumularse en los tejidos y órganos de los animales concentrándose en altos niveles en especies longevas como tiburones. El consumo diario de altas concentraciones de Mercurio para el hombre es altamente tóxico causando daños en el sistema nervioso, cardiovascular y gastrointestinal, generando consecuencias de tipo genético. El presente estudio determinó la bioacumulación promedio de Mercurio total en el tejido muscular de cuatro especies de tiburón, *Carcharhinus falciformis*, *Prionace glauca*, *Sphyrna zygaena* e *Isurus oxyrinchus* capturados en la costa occidental de Baja California Sur y el Golfo de California, México. El análisis de este metal se realizó por medio de espectrofotometría de absorción atómica. Además se evaluó el grado de biomagnificación de algunas de las presas consumidas por los tiburones, como son el calamar (*Dosidicus gigas*), la macarela (*Scomber japonicus*), la langostilla (*Pleurocodes planipes*), y el mictófido (*Symbolophorus evermanni*). Se estableció la relación entre la bioacumulación del Mercurio con la talla y sexo de los individuos capturados, la especie *P. glauca* no presentó una correlación significativa ($r = 0.09837$, $p > 0.05$), de igual forma no hubo diferencias significativas entre el sexo y la concentración de Mercurio ($p > 0.05$) para las especies analizadas. Finalmente se concluye que todas las especies de tiburones a excepción de *P. glauca*, tienen niveles de Mercurio por encima la Norma Oficial Mexicana (NOM-027-SSA1, 1993) para el consumo humano de especies acuáticas.

INTRODUCCIÓN

El hombre con la industrialización y la actividad minera artesanal de metales preciosos a lo largo del tiempo han contribuido al incremento de contaminantes tóxicos en el medio ambiente, afectando principalmente las zonas costeras. Dentro de estos contaminantes se encuentra el Mercurio como un elemento no esencial para la vida (Núñez et al. 1998); sin embargo se encuentra presente de forma natural en el ambiente debido a procesos geológicos tales como la erosión, la desgacificación de la corteza terrestre y las emisiones volcánicas.

En los sistemas acuáticos se encuentra el Mercurio en dos formas esenciales: inorgánica (Hg^{+1} , Hg^{+2}) e orgánica ($HgCH_3$) (Miller 2002), esta última como resultado de las reacciones de biometilación de los sistemas biológicos, a través de la coenzima metil-B12 capaz de realizar la transformación de las sales del Mercurio inorgánico a metilmercurio y dimetilmercurio. La alta toxicidad del Mercurio iónico y el metilmercurio se debe principalmente a la gran afinidad por los grupos amino y sulfidril de las proteínas, formando complejos metálicos que impiden el buen funcionamiento de las enzimas, para controlar las reacciones metabólicas (Campos 1987).

Los organismos acuáticos tienen la capacidad de tomar el Mercurio a través de compartimentos bióticos y abióticos concentrándolo en sus tejidos y órganos (bioacumulación) (Rand et al. 1995). Esta bioacumulación sucede principalmente en peces, especialmente en grandes depredadores longevos como los tiburones,

encontrándose altos niveles en tejido muscular por medio de la unión del metal a las proteínas (Gomes et al. 2004); sin embargo los peces han adaptado mecanismo de eliminación, bien sea por las branquias, la excreción (Storelli et al. 2002) o el aumento de proteínas homeostáticas (Núñez et al. 1998) que ayudan a tolerar dicho metal en su organismo.

La transferencia del metal a lo largo de la red trófica incrementando en cada nivel su concentración (biomagnificación) llega hasta niveles superiores como mamíferos acuáticos y el hombre perjudicando su salud. Por esta razón, es importante realizar estudios que evalúen los niveles de Mercurio en los animales acuáticos para alertar a la población humana por el posible consumo de organismos contaminados y explicar en un futuro las diferencias fisiológicas entre las especies a partir de los distintos mecanismos de eliminación y acumulación del metal en cada una de ellas. Por ello el presente estudio determina dos puntos importantes: (1) La bioacumulación de Mercurio en el tejido muscular de *S. zygaena* (tiburón martillo), *P. glauca* (tiburón azul), *I. oxyrinchus* (tiburón mako) y *C. falciformis* (tiburón piloto) y (2) la biomagnificación de este metal a través de sus principales presas (calamar gigante, langostilla, macarela y mictófidios) en siete localidades de la Península de Baja California Sur, (México).

MATERIALES Y METODOS

La colecta del tejido muscular de tiburones se realizó mensualmente durante 2007, en siete localidades de la Península de Baja California Sur (México). Cuatro se encuentran en la costa occidental de la Península (Las Barrancas, San Lazaro, Punta Belcher y Punta Lobos) y tres en el Golfo de California (Punta Arenas, El Sausozo y El Portugués).

Los especímenes se colectaron por medio de dos artes de pesca tradicionales utilizadas por los pescadores: red agallera y palangre de media agua. Cada individuo fue identificado a nivel de especie, se determinó el sexo y se midió la longitud total. Se tomaron aproximadamente 10 g de tejido muscular, de la parte dorsal anterior de los tiburones, estas muestras se cubrieron con papel aluminio y se almacenaron en hieleras a una temperatura de 4°C para su posterior análisis en el laboratorio de Toxicología del Departamento de Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

También se capturaron especímenes de las principales presas que comprenden la dieta alimenticia de las cuatro especies de tiburón para la Península de Baja California Sur. El calamar gigante *D. gigas*, el cual se colectó por medio de porteras en lanchas con motor fuera de borda durante la noche, en la localidad de Santa Rosalía; la macarela *S. japonicus* capturada en barcos sardineros utilizando encierros con redes en la Bahía del Magdalena y, finalmente la langostilla *P. planipes*, se obtuvo por medio del contenido estomacal de atunes. Todas las muestras se almacenaron a una temperatura de 4°C para su traslado al laboratorio. Asimismo se obtuvieron datos de las concentraciones de Mercurio de los mictófidios *S. evermanni*, que es la presa más importante para los calamares.

El análisis de las concentraciones de Mercurio se realizó en el laboratorio de la UNAM; se tomaron 5g de cada una de las especies de tiburón y de las diferentes presas, se deshidrataron hasta peso seco en una estufa a 60°C durante 24 h y posteriormente fueron digeridas con ácido nítrico y peróxido de hidrógeno en un digestor

electromagnético MARS 5, CERM Corporation. Finalmente las muestras se aforaron hasta 25 ml con agua desionizada para ser leídas mediante la técnica de generación de hidruros en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer AAnalyst 100 determinando de esta manera la concentración de Mercurio en ng g^{-1} .

Análisis de datos

Los datos del músculo de los tiburones se agruparon por especie, sexo y longitud, siendo la variable de respuesta la concentración de Mercurio (ng g^{-1}). Previo a la aplicación de las pruebas estadísticas se evaluó la normalidad e independencia mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Burr-Foster (Q-test), obteniéndose el cumplimiento de estos supuestos.

Para estimar el efecto de especie y el sexo con relación a la variable de la concentración de Mercurio se usó un análisis de varianza (ANOVA) y para determinar entre que especies eran diferentes las concentraciones, se realizó la prueba de Tukey; para el efecto de longitud sobre concentración de Mercurio para cada especie (ng g^{-1}), se aplicó un análisis de regresión lineal y se estimó la correlación lineal de Pearson para estas variables (SAS, 2000). Con el fin de comparar los resultados con estudios relacionados al tema, se convirtieron los ng g^{-1} de Mercurio (ppb) a $\mu\text{g g}^{-1}$ (ppm).

Para el análisis de biomagnificación se midió la relación de Mercurio entre los niveles tróficos, utilizando la fórmula basada en la definición de Gray (2002) la cual establece el incremento de la concentración entre los niveles tróficos siempre y cuando el factor de biomagnificación (nivel trófico secundario/nivel trófico primario) sea > 1 :

RESULTADOS

Bioacumulación

Se analizaron 91 músculos pertenecientes a las cuatro especies de tiburón. Según la prueba de Tukey se formaron dos grupos, el primero conformado por *C. falciformis* (2.64 ± 0.28 ppm Hg) quien presentó la mayor concentración de Mercurio superior en un 116% con respecto a las otras tres especies, el segundo por *I. oxyrinchus* (1.50 ± 0.20 ppm Hg), *S. zygaena* (1.33 ± 0.22 ppm Hg) y *P. glauca* (0.82 ± 0.34 ppm Hg) siendo la especie con la menor concentración de Mercurio promedio (Tabla 1). Se hallaron diferencias significativas entre las especies de tiburón para la longitud y concentración de Mercurio ($p < 0.05$). No se obtuvo diferencias significativas con respecto al sexo ($p < 0.05$) en relación a estas dos variables.

Tabla 1. Promedios de la concentración de Mercurio en el músculo y longitud total de acuerdo a la especie y al sexo del tiburón (n = número de muestras)

Especie	n	Concentración de Mercurio (ppm Hg)	Mín- máx (ppm Hg)	n	Longitud (cm)
<i>Carcharhinus falciformis</i>	17	2.64 ± 0.28	1.05 – 5.8	17	197.02 ± 80.7
<i>Prionace glauca</i>	20	0.82 ± 0.34	0.75 – 3.4	12	184.90 ± 12.08
<i>Isurus oxyrinchus</i>	24	1.50 ± 0.20	0.43 – 4.2	20	126.64 ± 6.81
<i>Sphyrna zygaena</i>	30	1.33 ± 0.22	0.23 – 2.7	22	115.18 ± 6.88
Sexo					
Machos	39	1.48 ± 0.14	0.23-5.83	39	159.88 ± 5.09
Hembras	31	1.66 ± 0.19	0.34-5.34	31	151.99 ± 7.09
Promedio	91	1.61 ± 1.35	-	91	151.78 ± 51.49

Se detectó una relación directa entre las concentraciones de Mercurio y la talla de los tiburones, a excepción del tiburón *P. glauca* el cual no presentó ninguna correlación

significativa ($r = 0.09837$, $p > 0.05$). *I. oxyrinchus* ($r = 0.082665$, $p < 0.05$) fue el que exhibió el mejor comportamiento cuadrático de la concentración de Mercurio con respecto a la longitud seguido de *S. zygaena* y finalmente de *C. falciformis* (Tabla 2 y Fig.1).

Tabla 2. Correlaciones longitud vs concentración de Mercurio (ppm) en el músculo para las cuatro especies de tiburón capturadas en las siete localidades de la Península de Baja California Sur (México).

Especie	R	p
<i>Carcharhinus falciformis</i>	0.66223	0.0072
<i>Prionace glauca</i>	0.09837	0.7610
<i>Isurus oxyrinchus</i>	0.82665	0.0001
<i>Sphyrna zygaena</i>	0.71711	0.0003

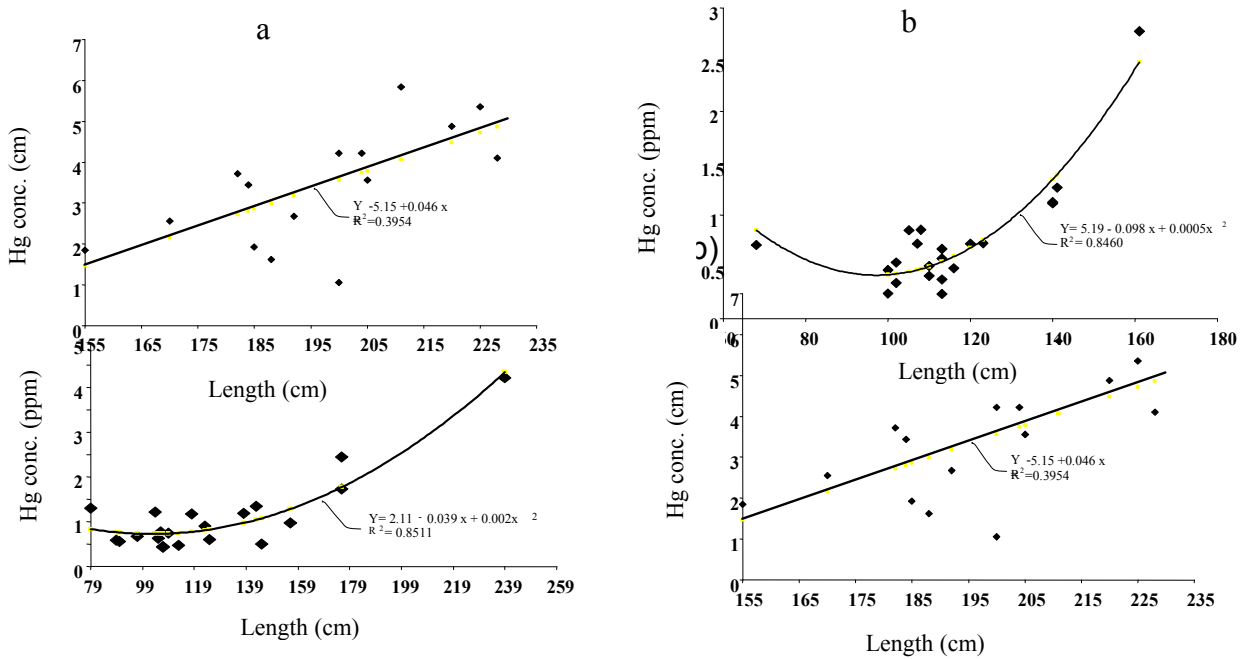
El promedio de las concentraciones de Mercurio para *S. japonicus* fue de 0.5700 ± 0.0202 ppm Hg, siendo la presa con la mayor concentración, seguida de *S. evermanni*, con 0.3396 ± 0.1324 ppm Hg. Las concentraciones más bajas se encontraron en *P. planipes* (0.1303 ± 0.0090 ppm) y *D. gigas* (0.1158 ± 0.0527) ppm Hg.

Tabla 3. Promedios de las concentraciones de Mercurio (ppm) en las presas de los tiburones analizados, IC es el intervalo de confianza.

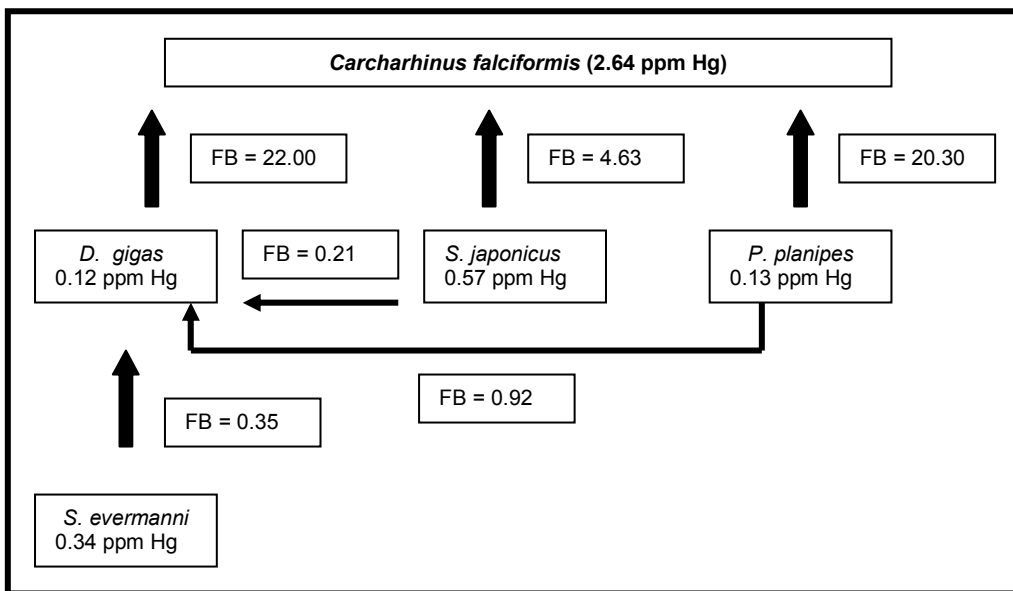
Individuos	Promedio \pm EE	IC < 0.05	IC > 0.05
Calamares (<i>D. gigas</i>)	0.1158 ± 0.0527	0.0034	0.2282
Langostilla (<i>P. planipes</i>)	0.1303 ± 0.0090	0.1054	0.1552
Macarela (<i>S. japonicus</i>)	0.570 ± 0.0202	0.0009	0.1131
Mictófidos (<i>S. evermanni</i>)	0.3396 ± 0.1324	- 0.0279	0.7072

Biomagnificación

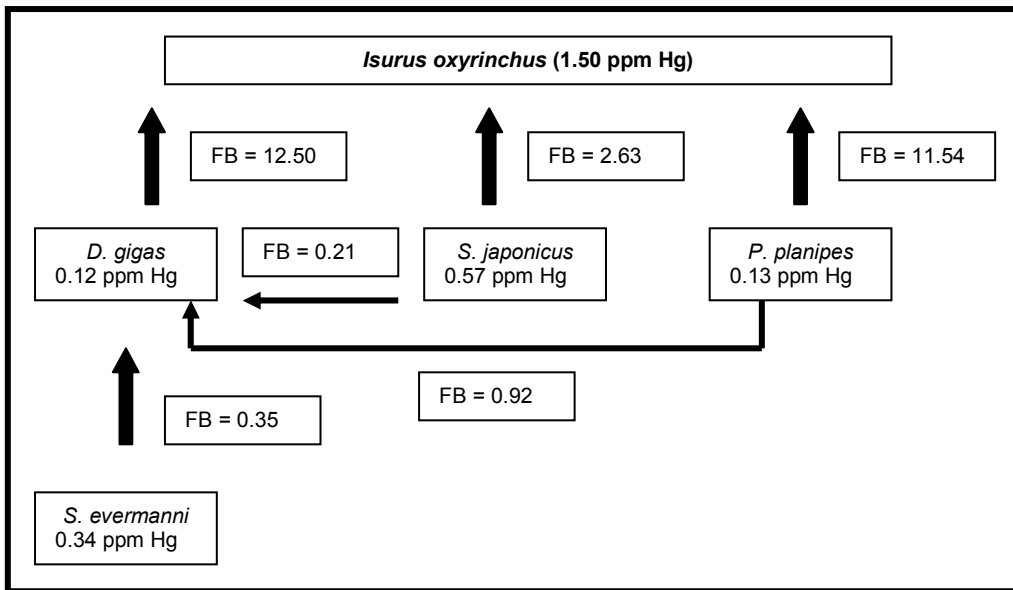
Se observó una biomagnificación del Mercurio a través de la red trófica en las cuatro especies de tiburón, donde el mayor incremento de la concentración de Mercurio proviene de los calamares al siguiente nivel trófico (tercer nivel tiburones), el menor incremento se da por parte de la macarela. Los mayores valores del factor de biomagnificación en las presas se presentaron en la especie *C. falciformis* y los menores valores en *P. glauca* (Fig. 2)



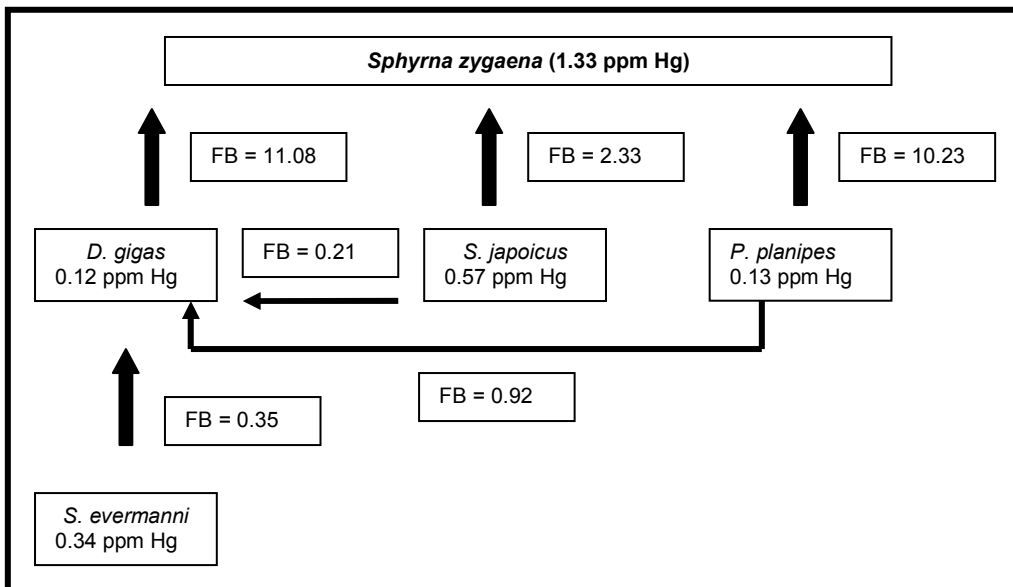
(c) (d)
 Fig.1. Analisis de regresión de las concentraciones de Mercurio $\mu\text{g g}^{-1}$ con respecto a la longitud en las cuatro especies de tiburón de la Península de Baja California Sur, México: (a) *C. falciformis*, (b) *S. zygaena*, (c) *I. oxyrinchus* y (d) *P. glauca*.



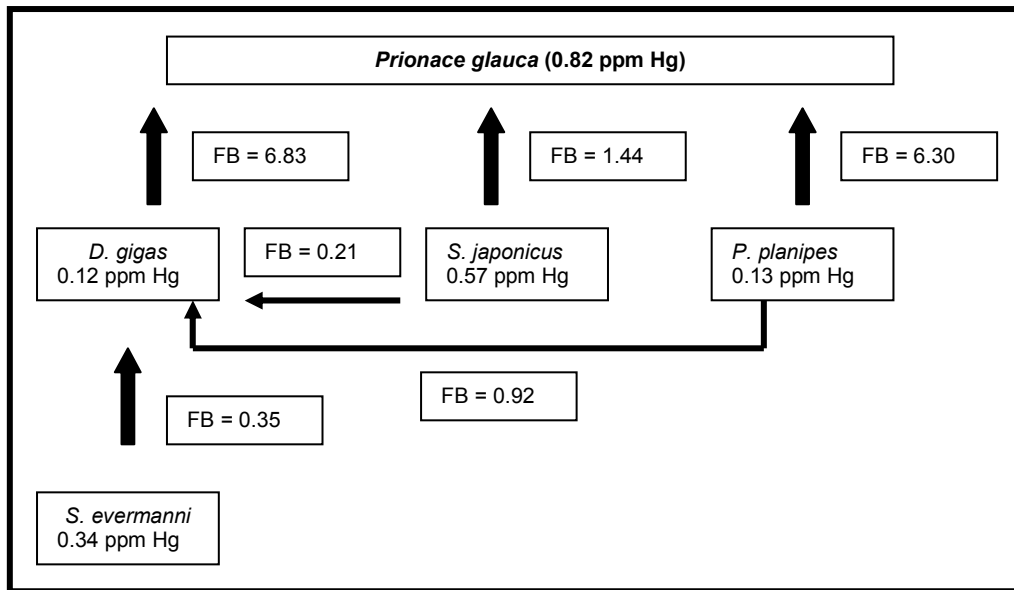
a



b



c



d

Fig.2. Promedio de las concentraciones de Mercurio de las presas y el factor de biomagnificación del Mercurio (FB = (nivel trófico secundario (ppm)/ nivel trófico primario (ppm)) en la red alimenticia de la costa occidental de Baja California Sur y Golfo de California, México.

DISCUSIÓN

Bioacumulación

Los resultados de este estudio indican que las concentraciones de Mercurio en el músculo de *C. falciformis*, *I. oxyrinchus* y *S. zygaena* están por encima de 1.0 ppm, límite establecido por la Norma Oficial Mexicana para el consumo humano; a diferencia de *P. glauca* el cual presentó valores por debajo de este límite (Tabla 1). Esta acumulación encontrada en los tiburones está asociada al hecho de que son organismos longevos, presentan un crecimiento lento, una baja reproducción y un alto nivel trófico en la cadena alimenticia, características que contribuyen a una acumulación substancial de Mercurio en sus tejidos (Lyle 1981).

Las diferencias significativas detectadas en las concentraciones de Mercurio entre las especies de tiburón se deben a la disponibilidad de presas con diferente cantidad de Mercurio en sus cuerpos y al Mercurio contenido en los sedimentos, agua y materia en suspensión con los que interactúa cada especie. También depende de las propiedades químicas del metal (Hall 2002), procesos bioquímicos específicos, fisiología de cada una de las especies y aspectos reproductivos. *C. falciformis*, *S. zygaena* y *P. glauca* son especies vivíparas placentarias que presentan cordón vitelino análogo al cordón umbilical, esto implica que desde el desarrollo embrionario empiezan acumular Mercurio transferido por su madre, contribuyendo así a las concentraciones detectadas de este metal en su tejido muscular desde su nacimiento por Adams et al .1999.

La contaminación antropogénica en el Golfo de California proveniente de la actividad minera (e.g. Teacapan, Sonora) contribuye a la bioacumulación del Mercurio en el tejido muscular de los tiburones; sin embargo se debe tener en cuenta que las especies

de tiburón son altamente migratorias y pueden asimilar este metal en otros lugares y no precisamente en la Península de Baja California Sur.

La mayor concentración de Mercurio encontrada en *C. falciformis*, puede explicarse en parte a que es un depredador epipelágico que se encuentra comúnmente en zonas costeras donde hay una mayor productividad de especies presa que en el océano abierto, en comparación con las otras especies que son de hábitos más oceánicas (*P. glauca*) y bentónicas (*S. zygaena*) (García 2003). Las presas costeras que pueden ser consumidas en mayor cantidad por *C. falciformis* están más expuestas a la contaminación antropogénica y natural que este ocurriendo en dicha zona.

La mayoría de los individuos de *I. oxyrinchus* fueron colectados en Punta Belcher y Las Barrancas, área de alimentación para los tiburones Mako juveniles (Velasco-Tarelo 2005) los cuales se encuentran a poca profundidad y mas cerca de la costa (Gilbert et al. 1967), por ende su alimentación se basa en presas que se encuentran en dicha área, lo cual implica que están mas expuestas a los contaminantes. Las concentraciones de Mercurio para este tiburón Mako presentan un intervalo de Mercurio por debajo al que reporta Watling et al. (1981) en las costas de Australia (2.36-22.32 ppm Hg ps), posiblemente todos los individuos que tuvieron en cuenta fueron adultos, bioacumulando en sus tejidos u órganos niveles más altos de Mercurio a diferencia alo ocurrido en este estudio en donde se tuvieron en cuanta especimenes de distintas edades y tallas.

La especie *S. zygaena* presentó una concentración promedio de Mercurio (1.33 ± 0.22 ppm Hg) 10 veces inferior al obtenido por Storelli et al. (2003), quienes registraron en Italia 48.60 ± 4.60 ppm Hg de Mercurio en el músculo. Este resultado podría significar que puede existir una mayor concentración de Mercurio en la red alimenticia en las aguas del Mediterráneo y que el tiempo de residencia de los especimenes analizados en el Golfo de California y la costa occidental del Pacifico sea tan corto que el Mercurio aún no se asimile en niveles altos. La acumulación del metal es atribuida a los hábitos alimenticios de este tiburón debido a que es un depredador eficiente de organismos bentónicos, tales como peces, crustáceos y cefalópodos (Smale y Cliff 1998).

El tiburón azul (*P. glauca*) fue la especie que presentó la menor bioacumulación de Mercurio (0.82 ± 0.34 ppm Hg) de las especies analizadas en este estudio. Sus concentraciones estuvieron por encima del rango reportado por Branco et al. (2004) para el Atlántico (0.60-4.04 ppm Hg). Se observo que en 83% de los individuos analizados por estos autores fueron juveniles lo que podría implicar que presentan un periodo de exposición mas corto al Mercurio que los individuos adultos del presente estudio, los cuales tienen desplazamientos hacia aguas más profundas y lejos de la costa. Esta característica hace que sus hábitos alimenticios sean pelágicos (presas epipelágicas-mesopelágicas) y sus presas estén en aguas oceánicas y menos expuestas a la contaminación, por lo tanto la ingesta del Mercurio por parte del tiburón azul no sea constante, resultando una disminución de la concentración a lo largo del tiempo.

Los tiburones en algunos casos tienden agruparse por talla y sexo para su alimentación, como es el caso de *C. falciformis* que tiende a una segregación por sexo y casi siempre se encuentran muy cercanos unos de otros (Carrier et al. 2004) presentando un habito trófico similar como es la langostilla (Cabrera 2003); sin

embargo *I. oxyrinchus* cuando es juvenil no presenta dicha segregación y ambos sexos se alientan del pez *Prionotis albirostris* (Velasco 2005) este comportamiento se ve reflejado en los resultados al no encontrar diferencias entre sexo con respecto a la concentración de Mercurio para las cuatro especies de tiburón.

La regresión lineal evidencio una clara tendencia de aumento en la concentración de Mercurio a mayores tallas, indicando que los más jóvenes han estado menos tiempo expuestos a dicho metal que los adultos. *I. oxyrinchus* fue el que presentó la segunda mejor relación cuadrática, seguido por *S. zygaena*, esto indica que los individuos más grandes en talla poseen mecanismos más eficientes en su depredación, adaptados a capturar presas grandes, rápidas (Lowe et al. 1996) y con mayor biomasa, bioacumulando mayores niveles de Mercurio que los individuos menores. *C. falciformis* presentó una regresión lineal la cual refleja una mayor tasa de acumulación con respecto a la tasa de eliminación. Esto concuerda con diferentes estudios realizados en elasmobranquios los cuales demuestran que los restos de comida en el tracto digestivo permanecen por largos periodos de tiempo (> 18 días) en comparación con muchos teleosteos (Wetherbee et al. 1990), sugiriendo que la tasa de eliminación en elasmobranquios es muy lenta y por tal razón estas especies bioacumulan mayores concentraciones de Mercurio.

El tiburón azul no presento ninguna relación, esto posiblemente se debe a que los individuos capturados fueron adultos. Otras hipótesis que pueden explicar esto es la posibilidad de que presenten mecanismos más eficientes de eliminación del Mercurio debido a una mayor síntesis de metalotioneina, proteína encargada de la desintoxicación (Nuñez et al. 1998); almacenen el metal en gránulos intracelulares durante largos periodos para eliminarlos por las heces y metabolicen y excreten más efectivamente el Mercurio si hay presencia de Selenio (Civin-Alarar y Furness 1991); sin embargo sería de gran ayuda realizar estudios al respecto para determinar si las bajas concentraciones de Mercurio en *P. glauca* se deba a dichos procesos (Fig.1).

Biomagnificación

Se encontró una capacidad de bioacumular el metal en las principales presas (macarela, langostilla y calamar) que han sido reportadas por diferentes autores (Cabrera 2003; Smale y Cliff 1998; McCrae 1994) en la dieta alimenticia de los tiburones, transfiriendo niveles de Mercurio a sus depredadores; sin embargo se debe tener en cuenta que los tiburones pueden cambiar la dieta según el estado ontogénico en que se encuentran, contribuyendo a la acumulación a los tejidos y organismos a lo largo del tiempo (Wetherbee et al. 1990).

Gray (2002) define la biomagnificación como el incremento de la concentración entre los niveles tróficos, siempre y cuando el factor de biomagnificación sea > 1, según esta definición se observo una biomagnificación de cada uno de las presas hacia los tiburones, en la cual *C. falciformis* fue la que presento mayor biomagnificación en su cadena trófica (Fig. 2) debido a que es la especie mas propensa a bioacumular el Mercurio por ser una especie costera.

Por otra parte, en la red trófica del calamar se determino que el factor de biomagnificación de cada una de sus presas (macarela, langostilla y mictófidis) no era significativo, sin embargo hay que tener en cuenta que la dieta alimenticia del calamar se basa principalmente en dichas tres presas y no en una sola, de esta manera cuando

se suma cada uno de los factores como un total (FB = 1.48) se genera una transferencia representativa del metal a *D. gigas*. Dicha transferencia no se ve reflejada en las concentraciones de Mercurio obtenidas por los cefalópodos, este hecho puede atribuirse al rápido metabolismo, las altas tasas de crecimiento y al corto periodo de vida, manifestado en una alta mortalidad (Ehrhardt et al. 1982; Martínez-Aguilar et al. 2004). Estas características les permiten tener periodos cortos de exposición y una efectiva eliminación del metal, evitando grandes acumulaciones de Mercurio orgánico en sus tejidos y órganos (Fig. 2).

El factor de bioacumulación muestra a los calamares como la presa más importante que brinda la mayor concentración de Mercurio a los tiburones (FB = 22), lo cual puede estar relacionado con el alto contenido energético proporcional al incremento de lípidos en sus tejidos, y de esta manera ser lentamente digerido por los tiburones (Schaefer 1984). Este periodo largo de asimilación por parte de los tiburones, permite tener una mayor retención del metal en sus tejidos musculares. Finalmente por ser los calamares la presa mas consumida por las cuatro especies de tiburón, la biomasa jugaría un papel muy importante en la bioacumulación reflejándose como la mayor biomagnificación con respecto a la macarela y langostilla.

Impacto.- Los resultados del proyecto permiten observar que no todos los tiburones acumulan niveles altos de mercurio; sin embargo en general presentan valores altos como sucede con los atunes y peces de pico. El riesgo de consumir con frecuencia músculo (carne) de tiburones puede ocasionar riesgos en la salud humana. Se recomienda ingerir carne de tiburón solo una vez por semana en proporciones pequeñas.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams D H, Mcmichael JR y Robert H.** (1999). Mercury levels in four species of sharks from the Atlantic coast of Florida. *Fishery Bulletin*. 97 (2): 372-379.
- Branco V, Canario J, Vale C, Raimundo J, Reis C.** (2004). Total and organic mercury concentrations in muscle tissues of the blue shark (*Prionace glauca* L. 1758) from the Northeast Atlantic. *Marine Pollution Bulletin* 49: 854-874.
- Cabrera A.** (2003). Hábitos alimenticios del tiburón piloto *Cacharhinus falciformis* (Bribon, 1839) en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 73 p.
- Campos H** (1987) Los metales pesados su contaminación y sus efectos tóxicos. *Contaminación Ambiental, Medellín, Colombia*. 9 (17): 63-70.
- Carrier C, Musick J, Heithaus M** (2004). *Biology of Sharks and their relatives*. CRC Press, New York, Washintong D.C. 596 p.
- Curvin-Aralar y Furness W** (1991) Mercury and Selenium Interaction: A Review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 21: 348-364.
- Ehrhardt N, Solis A, Jacquemin P, García F, Gonzales G, Ortiz J, Ulloa P** (1982) Crecimiento del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California, México, durante 1980. *Ciencia pesquera* (3): 33-39.
- Fitzgerald S** (2004) Metales Pesados en cuatro especies de tortugas marinas de Baja California México, Tesis de Maestro en Ciencias, CIBNOR.
- Gilbert PW, Mathewson RF, Rall DF** (1967) *Sharks, Skates and Rays*. Johns Hopkins Press. Baltimore, Maryland. 611 p.

- Gomes F A, Vieira FV, Veiga De Carvalho C E, Teixeira L R P, Santana Da Silva F M** (2004) Total mercury in the night shark, *Carcharhinus sigantus* in the western equatorial Atlantic Ocean. Brazilian Archives of Biology and Technology. 47 (4): 1-9.
- Gray J** (2002) Biomagnification in marine systems: The perspective of an ecologist. Marine Pollution Bulletin. 45: 46-52.
- Hall JE** (2002) Bioconcentration, Bioaccumulation and Biomagnification in Puget Sound Biota: Assessing the Ecological Risk of Chemical Contaminants in Puget Sound. University of Washington Tacoma. <http://courses.washington.edu/uwtjelissues>.
- Lyle JM** (1981) Mercury concentration in four Carcharhinid and three hammerhead from coastal waters of the Northern Territory. Australian Journal of Marine Freshwater Research. 35: 441-451.
- Lowe G C, BM Wetherbee, G L Crow y A L Tester** (1996) Ontogenetic dietary shifts and feeding behavior of the tiger shark *Galeocerdo cuvier*, in Hawaiian waters. Env. Biol. Fish. 47: 203 – 211.
- Martinez – Aguilar S, Morales – Bojórquez E, Diaz-Uribe JG, Suárez-Higuera MC, Hernández- Herrera A** (2004). La pesquería del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Golfo de California. Recomendaciones de investigación y tácticas de regulación. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. México. 70 p.
- McCrae J** (1994) Oregon developmental species Blue Shark *Prionace glauca*, (Ecology). Oregon Department of Fish and Wildlife. 6 p.
- Miller S** (2002) Informe final de Evaluación de riesgos del derrame de Mercurio ocurrido en el Norte del Perú. Minera Yanacocha S.R.L 12 p.
- Núñez G N, Ordoñez JB, Rosiles MR** (1998) Concentración y distribución de Mercurio en tejidos del cazón (*Rhizoprionodon terraenovae*) del Golfo de México. Veterinaria México. 29 (1): 15-20.
- Perkin Elmer** (1994) Analytical Methods for Atomic Absorption Spectroscopy. The Perkin Elmer Corporation. United States of America. Copyright. 300 p.
- Rand GM, Wella PG, McCarthy LS** (1995) Introduction to Aquatic Ecology In: Rand., G.M. Fundamentals of Aquatic Toxicology. Taylor and Francis, London. 3-53 p.
- SAS** (2000) Statistical Analysis System. Procedures Guide for Personal. Institute Computers, Version 8.2. SAS Institute, Cary, NC. USA.
- Schaefer K M** (1984) Swimming performance, body temperatures and gastric evacuation times of the Black Skipjack, *Euthynnus lineatus*. Copeia. (4): 1000 - 1003.
- Smale MJ, Cliff G** (1998) Cephalopods in the diets of four shark species (*Galeocerdo cuvier*, *Sphyrna lewini*, *S. zygaena* y *S. mokarran*) from Kwazulu-Natal, South Africa. South Africa Journal of Marine Science. 20: 241-253.
- Storelli MM, Ceci E, Storelli A, Marcotrigiano GO** (2003) Polychlorinated biphenyl, heavy metal and methylmercury residues in hammerhead sharks: contaminant status and assessment. Marine Pollution Bulletin. 46: 1035-1048.
- Storelli M M, Gracomiminelli-Stufflver R, Marcotrigiano GO** (2002) Total and Methylmercury residues in cartilaginous fish from Mediterranean Sea. Marine Pollution Bulletin. 44: 1354-1358.
- Velasco – Tarelo PM** (2005) Hábitos alimenticios e isótopos C¹³ N¹⁵ del tiburón mako *Isurus oxyrinchus* (RAFINESQUE, 1810) en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis para obtener el grado de maestro en Ciencias. CICIMAR, La Paz, Baja California. 96p.

- Watling JR, Mcclurg TT, Staton RC** (1981) Relation between Mercury concentration and size in the mako shark. Bulletin Environmental Contamination and Toxicology. 26: 352-358.
- Wetherbee MB, Gruber HS, Cortes E** (1990) Diet, feeding habits, digestion and consumption in sharks, with special reference to the lemon shark, *Negaprion brevirostris*. p. 29-47 In: Pratt L.H., Gruber H.S. y T. Taniuchi. (Eds). Elasmobranchs living resources: Advances in the biology, ecology, systematics and the status of the fisheries. NOAA Technical Report.