

Revista Ciencias del Mar UAS

Julio - Septiembre 2024

Núm. 4 Vol.1



U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A



E-ISSN (en trámite)



Artículo Científico

Criterios para la evaluación del riesgo a la salud por consumo de alimentos marinos

Criteria for the evaluation of health risk due to the consumption of marine foods




CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el origina

1. Delgado-Alvarez C.G.


 0000-0003-0787-9997

Universidad Politécnica de Sinaloa,
Mazatlán, Sinaloa, México.

Autor de correspondencia:

cdelgado@upsin.edu.mx

2. Ruelas-Inzunza J.R.

 0000-0003-2472-6650


Instituto Tecnológico de Mazatlán,
Mazatlán, Sinaloa, México.

3. Bojórquez-Sánchez C.

 0000-0002-3371-059X

Universidad Politécnica de Sinaloa,
Mazatlán, Sinaloa, México.

4. Bergés-Tiznado M.E.

 0000-0002-3993-763X

Universidad Politécnica de Sinaloa,
Mazatlán, Sinaloa, México.



Criterios para la evaluación del riesgo a la salud por consumo de alimentos marinos

Criteria for the evaluation of health risk due to the consumption of marine foods

► RESUMEN

La presente revisión proporciona información sobre la importancia de evaluar los riesgos para la salud humana asociados al consumo de alimentos marinos. Se destaca que la contaminación en estas áreas plantea riesgos tanto para las especies acuáticas como para las personas que consumen productos del mar. Se explican métodos directos e indirectos para evaluar la exposición a contaminantes y se enfatiza la importancia de equilibrar los riesgos con los beneficios nutricionales del consumo de pescados y mariscos. A su vez, se proporcionan ejemplos concretos de estudios que evaluaron riesgos asociados al consumo de alimentos marinos, al considerar contaminantes como compuestos orgánicos, metales pesados y otros, y se discuten los resultados obtenidos en diferentes contextos geográficos. Se establece también que la evaluación de riesgos para la salud por consumo de alimentos marinos es esencial para tomar decisiones informadas sobre la protección de la salud humana y la conservación de los ecosistemas, ya que se considera tanto los riesgos como los beneficios asociados con estos alimentos. Se destaca la necesidad de continuar monitoreando y evaluando riesgos en poblaciones específicas para prevenir efectos dañinos a corto y largo plazo.

Palabras clave: Evaluación de riesgo, contaminantes, recursos pesqueros.



► ABSTRACT

This review provides information on the importance of assessing health risks associated with seafood consumption, particularly in estuaries and coastal lagoons. It highlights that contamination in these areas poses risks to marine life and consumers. It explains direct and indirect methods for assessing exposure to contaminants. Furthermore, it emphasizes the importance of balancing risks with the nutritional benefits of consuming fish and seafood. Additionally, specific examples of studies that assessed risks associated with seafood consumption, considering contaminants such as organic compounds, heavy metals, and others, are provided, and the results obtained in different geographical contexts are discussed. It is also established that health risk assessment for seafood consumption is essential for making informed decisions regarding human health protection and the conservation of ecosystems, considering both the risks and benefits associated with these foods. The need to continue monitoring and assessing risks in specific populations to prevent short-term and long-term harmful effects is emphasized.

Keywords: Risk assessment, pollutants, fisheries resources.

► INTRODUCCIÓN

Los estuarios y lagunas costeras, así como otros cuerpos de agua, a menudo reciben vertidos que contienen diferentes tipos de sustancias contaminantes. Esto es motivo de preocupación, ya que dichos contaminantes pueden representar un riesgo tanto para los seres vivos que habitan en estos ecosistemas, como para las personas que consumen pescados y mariscos provenientes de estas áreas.

En las últimas décadas se ha incrementado el interés por evaluar cómo estos contaminantes pueden afectar nuestra salud. Para entenderlo, se han desarrollado enfoques que consideran distintos aspectos como la identificación de las amenazas, la evaluación de la exposición a los contaminantes, la relación entre la dosis y la respuesta en nuestro organismo y la caracterización del riesgo en general. Estos esfuerzos se enmarcan en lo que se conoce como "evaluación de riesgos para la salud" según la Organización Mundial de la Salud (2010).



En el ámbito de la investigación científica, la evaluación de riesgos para la salud busca entender tanto las causas inmediatas como las que se manifiestan a largo plazo en el ser humano y organismos, en relación con problemas de salud. El objetivo principal de esta revisión es compartir algunos conceptos y métodos utilizados para evaluar el riesgo para la salud humana asociado al consumo de productos del mar, incluyendo los resultados de estudios realizados en la región del Pacífico mexicano. Esta información puede ser de utilidad en la prevención de enfermedades y otros efectos negativos a la salud debido al consumo de alimentos marinos.

► MATERIAL Y MÉTODOS

La intención de las evaluaciones de riesgo a la salud es obtener estimaciones confiables y comparables de los efectos negativos para determinados núcleos de población. En otras palabras, estimar por edad, sexo y regiones los distintos factores de riesgo para establecer conexiones fuente-ruta-receptor, detectar zonas donde ocurren rutas completas de exposición a contaminantes y confirmar zonas de mayor riesgo (PISSQ, 2009).

Los métodos para la evaluación del riesgo a la salud pueden ser directos o indirectos. Con los métodos directos se obtienen datos de exposición personal, donde es necesario determinar la cantidad de la sustancia tóxica que ingresó al organismo, las transformaciones que le ocurren como resultado del metabolismo y valorar la concentración de las especies tóxicas en los distintos órganos, tejidos o fluidos corporales. Por otra parte, los métodos indirectos conjuntan la información de las actividades de la población de interés y la concentración ambiental del agente tóxico (OMS, 2010).

Ahora bien, para estimar el riesgo, es necesario también basarse en datos ambientales del sitio y evaluar el riesgo en la salud con fundamento en los antecedentes registrados en el área de influencia del sitio y, sobre todo, tomar en cuenta la exposición al contaminante. La exposición se define como el contacto entre una persona y un determinado agente biológico, químico o físico, en un determinado tiempo (Charabi *et al.*, 2018) y con su evaluación se determina que ocurre o qué podría ocurrir en las poblaciones humanas que están expuestas.



Como se mencionó anteriormente, existen diversas maneras de valorar el riesgo a la salud, sin embargo, para la evaluación por consumo de especies marinas la variedad de métodos disminuye. La evaluación de riesgo a la salud humana puede enfocarse hacia diferentes contaminantes acuáticos, ya sean microorganismos patógenos, nutrientes, sustancias radioactivas, sustancias químicas inorgánicas y compuestos orgánicos. Sin embargo, en el presente estudio sólo analizaremos las dos últimas, en lo referente al riesgo originado por exposiciones directas de organismos receptores a metales pesados, compuestos organoclorados, hidrocarburos y dioxinas.

A continuación, se presentan algunos estudios dónde se utilizaron diversos métodos para la evaluación de riesgo a la salud por consumo de alimentos marinos.

En 2005, Jiang *et al.* calcularon la concentración de compuestos organoclorados en peces, así mismo, determinaron el cociente de riesgo (HR) en una población típica de una ciudad costera en China, por medio del cual se evaluó el riesgo asociado con efectos cancerígenos a partir de la ingesta de pescado contaminado.

El HR se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$HR = \frac{\textit{Exposición diaria promedio}}{\textit{Concentración de referencia (RfC)}}$$

Dónde la exposición diaria promedio, es la concentración del compuesto organoclorado en el pescado y la RfC, es aquella que no representa riesgo apreciable de efectos deletéreos para una población durante su vida, determinándose de la siguiente manera:

$$RfC = \frac{\textit{(Riesgo * Peso corporal)}}{\textit{(Consumo * Factor pendiente)}}$$

En la cual, el Riesgo es la probabilidad de padecer cáncer a lo largo de la vida y el Factor de pendiente, es la dosis en la que se representa la probabilidad de que se produzca cáncer; ambos se obtuvieron según el Sistema Integrado de Información de Riesgo de la Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos (IRIS-USEPA). El peso corporal es el promedio del peso de un adulto en kilogramos y el consumo, es el consumo promedio de pescado (g/persona/día). Si el resultado de la estimación del HR es <1, se interpreta como no existir riesgo de padecer cáncer el resto de la vida de una persona.

Aunque en algunos casos el HR sobrepasó el valor límite de 1.0 (máximo 1.7), los autores mencionan que tuvieron una serie de limitaciones, puesto que no separaron los grupos por edad y tampoco consideraron las posibles interacciones entre diversos productos químicos tóxicos.

Posteriormente Castilhos *et al.* (2006), reportaron la magnitud de la contaminación por mercurio en diez especies de peces obtenidos de áreas afectadas por actividades mineras de extracción de oro en Indonesia y se evaluó el posible riesgo (efectos no cancerígenos) a la salud derivado del consumo de peces expuestos.

A fin de establecer si la contaminación de los peces representaba un riesgo a la salud humana, los autores utilizaron la ecuación de cociente de riesgo HQ, que muestra la relación entre el nivel de exposición a una sustancia única con una dosis de referencia (Newman y Unger, 2002):

$$HQ = \frac{E}{RfD}$$

Donde E, indica el nivel de exposición y RfD es la dosis de referencia recomendada de metil mercurio (0.0001 mg/kg/día). El nivel de exposición (E) se calculó de la siguiente manera:

$$E = C * \left(\frac{I}{W}\right)$$

Donde C, es la concentración de mercurio en la especie, I es la ingesta de pescado (kg/día) y W es el peso promedio por adulto (kg).

Los resultados de este estudio muestran que el consumo de las especies analizadas, no representan riesgo a la salud humana (HQ>1), en los sitios estudiados, sin embargo, los autores recomiendan tomar acciones para reducir los niveles de mercurio en los ecosistemas acuáticos.

Una manera diferente de evaluar el riesgo a la salud, es la aplicada por Cheung *et al.* (2007); ellos evaluaron los niveles de diclorodifeniltricloroetano (DDT) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) residuales en peces de agua dulce y marinos.

Los autores se plantearon tres objetivos principales, a) examinar el grado de bioacumulación de DDT Y PAHs en los peces de agua dulce y marinos de los mercados locales en Hong Kong, b) identificar la parte del organismo en donde se bioacumula mayor concentración de DDT Y

PAHs y c) evaluar el riesgo a la salud por consumo de pescado a partir de los datos generados.

La ecuación que utilizaron fue la siguiente:

$$\text{Valor de detección (SV, por sus siglas en inglés)} = \frac{[(RL/SF) * BW]}{CR}$$

El SV es definido como la concentración de un compuesto químico en el tejido comestible de una especie, que representa riesgo potencial a la salud pública, siendo utilizado como el valor umbral obtenido en el tejido (USEPA, 2000). Por su parte RL es el máximo nivel de riesgo aceptable, SF es el factor de la pendiente, BW se refiere al peso corporal y finalmente CR es la tasa de consumo.

El SF estima la probabilidad límite superior de un individuo a desarrollar cáncer a lo largo de su vida, tomándose un promedio de 70 años. Los valores de SF se tomaron de acuerdo a valores reportados por la USEPA (1989), siendo para DDT 0.03 µg/g/día y para PAHs 7.30 µg/g/día.

El BW y CR permanecieron constantes, siendo BW = 70 kg (peso promedio de un adulto) y CR = 142.2 g/día. Al igual que BW y CR, el RL se mantuvo constante. Este valor es adimensional y sugiere que si una persona que pesa 70 kg consume 142.2 g de pescado al día con la misma concentración del contaminante durante 70 años, el aumento del riesgo sería, en la mayoría de los casos, una muerte adicional por cáncer en cada 100,000 personas. Este valor de riesgo (RL) se establece en 10^{-5} . Los niveles de DDT en más de 70% de los peces marinos y 45% de los peces de agua dulce fueron superiores a la dosis de referencia propuesta por la USEPA en el año 2000 (14.4 ng/g peso húmedo), lo que indica que el consumo de pescado en grandes cantidades, podría representar riesgo a la salud humana.

Con respecto a los PAH's, las concentraciones en el músculo de pescado estuvieron por debajo del valor de referencia de 0.67 ng/g peso húmedo, según la USEPA en el 2000 y no representan preocupación alguna para el consumo humano.

En lo que concierne a la estimación del cociente de riesgo (THQs), Storelli (2008), evaluó el riesgo a la salud humana a través del consumo de mariscos contaminados por metales pesados (Hg, Cd y Pb), recolectados en el sur de Italia y la costa del Mediterráneo Oriental.

Storelli (2008), calculó el cociente de riesgo por metales a partir de la siguiente ecuación:

$$THQ = \frac{(EF * ED * FIR * C)}{(RfD * WAB * TA)} * 10^{-3}$$

Donde EF es la frecuencia de exposición (365 días/año), ED es la duración a la exposición (70 años, que es el promedio de vida de una persona), FIR es la tasa de ingestión pescado. C indica la concentración del metal en la especie, RfD es la dosis de referencia (Hg: 0.0005 µg/g/día, Cd: 0.001 µg/g/día y Pb 0.004 µg/g/día) según la USEPA (1997). Para el peso corporal (BW) se tomó el valor promedio (60 Kg) y TA es el tiempo promedio de exposición a carcinogénicos (365/año*ED). Para estimar un valor total de THQ (TTHQ) es necesario la suma del THQ por cada metal.

Desde el punto de vista de salud humana el THQ de Cd (<1) y Pb (<1), no representan riesgo por consumo según el estudio de Storelli (2008). Por otra parte, el análisis de Hg sugiere que debido a que el consumo de especies de peces puede variar de acuerdo a la disponibilidad y preferencia, en algunos casos podría representar riesgo a la salud humana.

Chen *et al.* (2011), evaluaron compuestos perfluorados (PFC) en especies acuáticas de la bahía de Bohai, Tianjin, China, para estimar el índice de riesgo a la salud humana (HR) a través de las siguientes ecuaciones:

$$HR = ADI/RfD$$

Donde ADI (ng/kg/día) es la relación entre el consumo de pescado (g/kg/día peso húmedo) y la concentración de PFC (ng/kg/día peso húmedo) y RfD es la dosis de referencia para PFC.



El índice de riesgo basado en efectos no cancerígenos, causado por la concentración de PFC en camarones y cangrejos fue menor a 1.0, lo que indica que es poco probable que cause daño inmediato a la población que lo consume, mientras que para peces marinos silvestres y en cultivo, el índice de riesgo en algunos casos fue mayor a 1.0, por lo que tienen mayor probabilidad de afectar a la salud, sin embargo, este estudio fue una valoración preliminar de riesgo a la salud, los autores sugieren la realización de más investigaciones tomando en cuenta variables como el origen de la muestra, género del consumidor, edad, ocupación y tasa de consumo de la población de una región específica.

En el 2011, Zhao *et al.*, también evaluaron la concentración de PFC en 20 especies de peces de agua dulce y peces marinos, obtenidos de las ciudades de Xiamen y Hong Kong, así mismo evaluaron el riesgo a la salud por consumo de estas especies.

La dosis de referencia para PFC no está disponible, por lo que el cálculo de riesgo HR se realizó con base a la concentración media de ácido sulfónico de perfluorooctano (PFOS) y de ácido perfluorooctanoico (PFOA). El HR se calculó con la misma ecuación que utilizaron Chen *et al.* (2011), esta vez la concentración del contaminante fue la suma de la concentración de PFOS y PFOA. El HR de PFC en todas las especies fue menos a 1.0 por lo que el consumo no representa riesgo a la salud.

El índice HR también fue calculado por Wei *et al.* (2011), para el consumo de especies contaminadas por Bisfenol A (BPA) en peces marinos y de agua dulce disponibles en mercados de Hong Kong. Se compararon las concentraciones de BPA en peces cultivados en diferentes regiones del Sur de China. Este estudio proporcionó la primera evaluación de concentración de BPA que causa alteración endócrina en peces y su potencial para causar efectos adversos a la población de Hong Kong.

A pesar de que el HR resultó menor a 1.0, Wei *et al.* (2011) concluyen que mientras mejor sea el control de los contaminantes que ingresan en los ambientes acuáticos menor será el riesgo a la salud. Además, mencionan que los posibles efectos adversos de los contaminantes en los peces no pueden evaluarse sin dejar de lado los beneficios del consumo de pescado.



En México, también se han realizado estudios para evaluar el riesgo a la salud humana, como el de Ruelas *et al.* (2010). En dicho estudio, valoraron el riesgo potencial a la salud en la población mexicana, específicamente de las personas que habitan en zonas costeras, tomando en cuenta el consumo de camarón y pescado, así como las concentraciones de mercurio. Se utilizó la misma ecuación de HQ utilizada por Castilhos *et al.* (2006), y el valor de RfD establecido por la USEPA en el año 2000 (0.5 µg/kg/día).

En el estudio de Ruelas *et al.* (2010), la tasa de consumo de las especies (I) fue modificada para la población mexicana a 25 g/día *per cápita* de pescado y 4.1 g/día *per cápita* de camarón. Los autores concluyeron que considerando las concentraciones de Hg y el consumo promedio de pescado *per cápita*, las especies con los valores más altos de HQ fueron solo los peces carnívoros *Caranx caninus* con un HQ = 0.71 y *Sphyrna lewini* con un HQ = 1.04. Éste último representa riesgo potencial para la salud humana en los consumidores de la costa Noroeste de México.

Por otra parte, Soto *et al.* (2011), realizaron un estudio similar al de Storelli, donde analizaron el tejido comestible de marlín rayado (*Tetrapturus audax*) y pez vela (*Istiophorus platypterus*), capturado cerca de la zona costera de Mazatlán. Se evaluó el riesgo potencial a la salud por consumo en niños, adultos, mujeres embarazadas, mujeres que podrían embarazarse y mujeres lactantes.

La tasa de ingesta semanal de metales (MWIR) para As, Hg, Cd y Pb, la calcularon utilizando la siguiente fórmula:

$$MWIR = [FIR] [MC] [BW_a]$$

FIR, indica el tamaño de la porción promedio del pez que cada grupo de la población debe consumir, de acuerdo a lo recomendado por el comité nacional para el consumo de productos pesqueros (COMEPESCA, 2005). El valor estimado en niños es de 100 g/semana, en mujeres embarazadas de 250 g/semana y en adultos de 240 g/semana. MC es la concentración del metal en la especie, medida en mg/g peso húmedo, BW_a es el peso promedio de la población mexicana [niños: 16 kg (4-6 años), mujeres: 60 kg y hombres: 70 kg]. El MWIR se comparó con la



ingesta semanal tolerable establecida como segura por un grupo de expertos del comité de aditivos alimentarios de la FAO y la OMS, siendo para As inorgánico: 15; Cd: 7.0; Hg 5.0 y Pb: 25 $\mu\text{g}/\text{semana}/\text{kg}/\text{peso}$ corporal. Para mujeres embarazadas, mujeres lactantes y niños menores de 10 años la concentración tolerable de Hg es de 2.45 $\mu\text{g}/\text{semana}/\text{kg}/\text{peso}$ corporal.

El riesgo potencial a la salud humana por consumo de las dos especies, se determinó mediante la ecuación de THQ, tomando como frecuencia de exposición 365 días/año, duración de exposición de 70 años y la dosis de referencia para As 3×10^{-4} , Hg 5×10^{-4} , Cd 1×10^{-3} y Pb 4×10^{-3} ($\mu\text{g}/\text{g}/\text{día}$) (EPA, 1997, 2000).

Los autores mencionan que más del 2% de la concentración de As y Cd y el 65% de Hg superaron los niveles de referencia establecidos por la OMS, la FDA y la Unión Europea. Sin embargo, los niveles de Pb fueron significativamente menores que los valores de referencia. El THQ de As y Hg muestran grandes variaciones entre las diferentes edades, en algunos casos fueron >1.0 ; no obstante, es necesario que se incluya el consumo en porciones adecuadas de pescados y mariscos, ya que contienen beneficios nutricionales.

► DISCUSIÓN

Los estuarios y lagunas costeras, a menudo son afectados por vertidos contaminantes y al mismo tiempo, son vitales para la economía y el sustento de muchas comunidades. El incremento y la nula regulación de los vertidos plantean riesgos tanto para la vida marina como para las personas que consumen estos productos. Por ello, en la información consultada se muestra la importancia de considerar no solo los riesgos inmediatos, sino también los efectos a largo plazo en la salud de las personas y los ecosistemas. Esto implica evaluar tanto las causas inmediatas como predecir las que se manifestarán a lo largo del tiempo. Para establecer los mecanismos que permitirán una evaluación de riesgo, resulta importante destacar y distinguir los enfoques de los métodos directos e indirectos empleados en dicho proceso. Los métodos



directos, que implican la obtención de datos de exposición personal, son más precisos, pero también más costosos y difíciles de implementar. Por su parte, los métodos indirectos, que utilizan información de población y concentración ambiental, son más accesibles, pero pueden tener limitaciones en la precisión de la exposición individual. Estas consideraciones son importantes para que los investigadores y las autoridades tomen decisiones informadas sobre qué métodos utilizar en diferentes contextos.

Es interesante observar cómo la exposición a metales pesados y compuestos orgánicos marca la pauta en la evaluación de riesgo por consumo de recursos pesqueros. Esto refleja una preocupación creciente en la comunidad académica, por lo que se proporcionan ejemplos concretos donde se aplican estos enfoques de evaluación de riesgos en la práctica, y los resultados varían según el tipo de contaminante y la ubicación geográfica.

Un punto fundamental que se resalta en esta revisión, es la necesidad de equilibrar los riesgos para la salud con los beneficios nutricionales asociados con el consumo de pescados y mariscos. Estos alimentos son una fuente valiosa de proteínas y otros nutrientes esenciales, y eliminarlos completamente de la dieta tendría implicaciones significativas para la salud de la población, por lo que, proponer estrategias de mitigación de los riesgos sin privar a las personas de los beneficios de una dieta equilibrada, es una necesidad.

Es importante mencionar que los métodos actuales para evaluar el riesgo a la salud por consumo de alimentos marinos tienen limitaciones como la variabilidad en la medición de contaminantes y la falta de datos sobre exposición crónica. Además, las concentraciones de contaminantes pueden variar por factores ambientales y biológicos. En el futuro, se espera el desarrollo de tecnologías avanzadas para la detección y cuantificación de contaminantes, la integración de big data y aprendizaje automático, y la armonización de metodologías internacionales.



► CONCLUSIONES

La evaluación de riesgo a la salud humana constituye una herramienta para apoyar, desde el punto de vista científico, la toma de decisiones para la protección de los ecosistemas, analizando la información disponible y estimando la probabilidad de que ocurra un efecto adverso como consecuencia de las actividades humanas.

Para enriquecer una evaluación de riesgo a la salud podría realizarse un modelo conceptual que ayude a la representación o esquematización de las condiciones del sitio, mostrando la distribución de los mecanismos de transporte y liberación de los contaminantes, en la que se infieran las posibles rutas y vías de exposición, así como los organismos receptores potenciales.

Finalmente, la evaluación de riesgo por consumo de especies marinas debe basarse en la selección de un grupo poblacional específico tomando en cuenta, principalmente, hábitos alimenticios, edad, sexo, exposición y concentración del contaminante.

A pesar de que en algunos estudios incluidos en esta revisión no señalan riesgo, es necesario seguir con el monitoreo de especies de importancia comercial e incluso incorporar otras especies para prevenir efectos dañinos a corto o largo plazo sobre la población.

► AGRADECIMIENTOS

Esta investigación forma parte de la red temática PROMEP/103.5/12/4812 y del proyecto PROFAPI 2011/060.

► BIBLIOGRAFÍA

Castilhos Z.C., Rodrigues-Filho S., Rodrigues, A. P. C., Villas-Boas R.C., Siegel S., Veiga M. M. & Beinhoff, C. (2006). Mercury contamination in fish from gold mining areas in Indonesia and human health risk assessment. *Science of the Total Environment*, 368: 320-325. Doi: [10.1016/j.scitotenv.2006.01.039](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.01.039)



Charabi Y., Choudri B. S. & Ahmed M. (2018). Ecological and human health risk assessment. *Water Environment Research*, 90: 1777-1791. Doi: 10.1002/wer.1382

Chen C., Wang T., Naile J., Li J., Geng J., Bi C., Hu W., Zhang X., Khim J., Feng Y., Giesy J. & Lu Y. (2011). Perfluorinated compounds in aquatic products from Bohai Bay, Tianjin, China. *Human and Ecological Risk Assessment*, 17: 1279–1291. Doi: [10.1080/10807039.2011.618395](https://doi.org/10.1080/10807039.2011.618395)

Cheung K.C., Leung H.M., Kong K.Y. & Wong M.H., (2007). Residual levels of DDTs and PAHs in freshwater and marine fish from Hong Kong markets and their health risk assessment. *Chemosphere*, 66: 460 - 468. Doi: [10.1016/j.chemosphere.2006.06.008](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.06.008)

Consejo Mexicano para la Promoción de Productos Pesqueros y Acuícolas, A.C. (COMEPESCA). (2005). <http://www.comepesca.com.mx> Consultada en octubre de 2012.

Jiang, Q.J., Lee T.K.M., Chen K., Wong H.L., Zheng J.S., Giesy J.P., Lo K.K.W., Yamashita N. y Lama P.K.S. (2005). Human health risk assessment of organochlorines associated with fish consumption in a coastal city in China. *Environmental Pollution*, 136: 155-165. Doi: [10.1016/j.envpol.2004.09.028](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2004.09.028)

Newman M.C., Unger, M.A (2002). *Fundamentals of Ecotoxicology*: 571. En: Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Organización Mundial de la Salud, (2010). *Human Health Risk Assessment Toolkit: Chemical Hazards*. World Health Organization. <https://who.int/publications/i/item/9789241548076>



Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas.

(2009) Principles for modelling dose–response for the risk assessment of chemicals. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, International Programme on Chemical Safety. http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241572392_eng.pdf

Ruelas-Inzunza J., Páez-Osuna F., Ruiz-Fernández A.C. & Zamora-Arellano N. (2011). Health risk associated to dietary intake of mercury in selected coastal areas of Mexico. [Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology](#), 86:180–188. [Health Risk Associated to Dietary Intake of Mercury in Selected Coastal Areas of Mexico | Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology \(springer.com\)](#). Doi: 10.1007/s00128-011-0189-z

Soto-Jiménez M.F., Amezcua F. y González-Ledesma R. (2010). Nonessential metals in striped marlin and Indo-Pacific sailfish in the Southeast Gulf of California, Mexico: Concentration and assessment of human health risk. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 58: 810-818. Doi: [10.1007/s00244-009-9452-2](https://doi.org/10.1007/s00244-009-9452-2)

Storelli M.M. (2008). Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: Estimation of target hazard quotients (THQs) and toxic equivalents (TEQs). *Food Chemistry and Toxicology*, 46: 2782-2788. Doi: [10.1016/j.fct.2008.05.011](https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.05.011)

United States Environmental Protection Agency. (2000). Fish sampling and analysis. En: Guidance for assessing chemical contaminant, data for use in fish advisories, vol. 1. Office of Water, Washington, DC.

United States Environmental Protection Agency. (1989). Human health evaluation manual (Parte A). En: Risk assessment guidance for superfund, vol. 1. Washington, DC.



United States Environmental Protection Agency. (1997). Mercury study report. En: Health Effects of Mercury and Mercury Compounds, vol. V. Washington, DC.

United States Environmental Protection Agency. (1997). Mercury study report to congress. Office of Research and Development. Washington, DC.

United States Environmental Protection Agency. (2000). Handbook for non-cancer health effects evaluation. Washington, DC.

United States Environmental Protection Agency. (2000). Risk-based concentration table. Environmental Protection Agency. Washington, DC.

Wei, X., Huang Y., Wong M., Giesy J. & Wong C. (2011). Assessment of risk to humans of bisphenol A in marine and freshwater fish from Pearl River. Chemosphere, 85: 122–128. Doi: [10.1016/j.chemosphere.2011.05.038](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.05.038)

Zhao Y., Wan H., Law A., Wei X., Huang Y., Giesy J., Wong M. & Wong C. (2011). Risk assessment for human consumption of perfluorinated compound-contaminated freshwater and marine fish from Hong Kong and Xiamen. Chemosphere, 85: 277–283. Doi: [10.1016/j.chemosphere.2011.06.002](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.06.002)