

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD AZCAPOTZALCO
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
Área de Química

AVANCES EN DOCENCIA E INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA, 2014



Trabajos en extenso

24 al 26 de septiembre
Ciudad de México, D.F.

INTERNATIONAL YEAR OF CRYSTALLOGRAPHY



COMITÉ EDITORIAL

Elaboración: María Teresa Castañeda Briones
Margarita Chávez Martínez
Erasmus Flores Valverde
Teresa Merchand Hernández
María Rita Valladares Rodríguez

Diseño: David Cruz Peralta

Asesores Técnicos: Juan Manuel Galindo Medina
Azalea Idalid Martínez Pérez

ISBN: En trámite

Año: 2014

La realización fue en las oficinas del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco.

La edición estuvo a cargo del Comité Editorial del V Congreso Internacional de Docencia e Investigación en Química con una producción de 200 ejemplares en formato digital.

La responsabilidad del contenido de cada trabajo en extenso es de los autores.

CONTENIDO

Directorio.....	I
INSTITUCIONES ORGANIZADORAS	II
PATROCINADORES.....	III
COMITÉ ORGANIZADOR.....	IV
PRÓLOGO	V
EDITORIAL	VI
SEMBLANZAS DE LOS CONFERENCISTAS	VII
COMITÉ DE ARBITRAJE.....	XII
ACTIVIDADES PRECONGRESO	XX
CONFERENCIAS MAGISTRALES.....	XXII
PROGRAMA.....	XXIII
MAPA DE LA UAM-AZCAPOTZALCO.....	LV
TRABAJOS EN EXTENSO POR TEMÁTICA.....	1
EDUCACIÓN QUÍMICA	2
QUÍMICA AMBIENTAL.....	157
Química del agua	158
Química ambiental.....	216
Química analítica	414
Química de suelos.....	524
QUÍMICA DE MATERIALES Y CIENCIAS AFINES	540
Ciencias afines	541
Catálisis	547
Cerámicos	625
Cristaloquímica	669
Electroquímica	681
Fisicoquímica	728
Ingeniería química	744
Metaloquímica	783
Minerales	790
Nanoquímica	802
Polímeros	838
Química inorgánica	872

Química orgánica	896
Química de superficies	948
Química teórica	956
QUÍMICA DE LA VIDA	983
Bioquímica	984
Biotecnología	1026
Microbiología	1086
Química de alimentos	1161
Química de medicamentos y salud	1231
Química de productos naturales	1263

EVALUACIÓN DEL RIESGO POR INGESTA DE METALES PESADOS A TRAVÉS DEL CONSUMO DE LA CARPA COMUN (*CYPRINUS CARPIO*) EN LA BOQUILLA, CHIHUAHUA

Nevárez Rodríguez Myrna Concepción, Leal Quezada Luz Olivia

Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. (CIMAV).
Departamento de Energías Renovables y Protección al Medio Ambiente.
Miguel de Cervantes 120, C.P. 31109, Chihuahua, Chih. México.

luz.leal@cimav.edu.mx

RESUMEN

A la especie de mayor consumo en la presa La Boquilla, *Cyprinus carpio* (carpa común), se le analizó mercurio, cadmio y plomo. Las muestras fueron sometidas a una digestión por microondas y analizadas por espectrometría de emisión atómica-plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES). El método fue validado con el material de referencia certificado DOLT-4 (hígado de pescado). La concentración promedio de mercurio encontrada en el filete de carpa (0.141 mg/kg), sobrepasó el valor umbral de 0.049 mg/kg establecido por la EPA para pescadores de subsistencia. La ingesta diaria estimada para mercurio total, 0.0003 mg/kg peso corporal (pc) día, supera la dosis de referencia (Rfd) de 0.0001 mg/kg pc día sugerida por la EPA. La ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) para mercurio de 5 µg/kg pc semana sugerida por la OMS no fue sobrepasada, ya que la estimación para mercurio fue de 2.008 µg/kg pc semana. Se estimó una población expuesta de 422 personas.

Palabras clave: metales pesados, ingesta diaria y semanal, carpa, La Boquilla

ABSTRACT

The most consumed specie, *Cyprinus carpio* (common carp) was analyzed for measuring mercury, cadmium and lead content. The carp samples were digested by microwave and analyzed using the technique inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES). The method was validated with a certified reference material DOLT-4 (dogfish liver). The average concentration of mercury founded in carp fish fillet (0.141 mg/kg) exceeded the screening value of 0.049 mg/kg set by the EPA for subsistence fishermen. The estimated daily intake for mercury, 0.0003 mg/kg body weight (bw) day surpassed the reference dose (RfD) of 0.0001 mg/kg day suggested by the EPA. The provisional tolerable weekly intake (PTWI) for mercury, 5 µg/kg bw week, recommended by WHO was not exceeded, since the estimated value was 2.008 µg/kg bw week. The exposed population was estimated in 422.

Keywords: heavy metals, weekly and daily intake, carp, La Boquilla

INTRODUCCIÓN

Para el hombre, la ingesta alimenticia se considera la fuente más importante de exposición a los metales pesados, con exclusión de la exposición accidental y ocupacional, según la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2011c), causando diversos problemas de salud. El análisis de riesgo es la principal herramienta para la gestión de la seguridad alimentaria; la evaluación de riesgos es el proceso por el que se estiman efectos adversos a la salud de poblaciones expuestas a productos químicos en un medio ambiente contaminado (FAO/OMS, 2007).

Los peces y los mariscos pueden ser un riesgo para la salud y resultar peligrosos para el consumidor por la contaminación procedente del entorno en el que crecen y viven (FAO, 2009). Se han reportado varios casos epidemiológicos donde se vincula la ingesta de pescado contaminado con enfermedades, destacando el ocurrido en Minamata por el consumo de peces contaminados con metilmercurio (Gochfeld, 2003). Varios autores han evaluado el riesgo a la salud humana asociado a la ingesta de metales pesados por el consumo de peces contaminados (Olmedo et al., 2013; Fu et al 2013; Yi, 2011).

El plomo causa efectos hematológicos, cardiovasculares, endocrinos, renales, reproductivos y neurológicos siendo éste último el más significativo, con una asociación inversa entre el contenido de plomo y el coeficiente intelectual en niños (HPA, 2012; UNEP, 2014; WHO, 2010). A bajos niveles de exposición en el útero y durante la infancia, se presenta daño al cerebro en desarrollo y al sistema nervioso (Finkelstein et al., 1998; WHO, 2010).

Entre los principales órganos afectados por la exposición a cadmio vía gastrointestinal se encuentra el riñón, donde puede bioacumularse (Baker et al., 2005), provocando insuficiencia renal (Vesey, 2010). También provoca enfermedades en los huesos, tal es el caso de la enfermedad conocida como itai itai (Inaba et al., 2005), que es inducida por la disfunción renal, provocando alteraciones en el metabolismo de calcio y fósforo, lo que deriva en osteomalacia (Takebayashi, et al., 2000), o directamente por la desmineralización del hueso debido a su acumulación (EFSA, 2012; UNEP, 2014).

El pescado es uno de los alimentos con mayor contenido de mercurio correspondiendo a un alto porcentaje en la ingesta (Cheng et al., 2013) por lo que varios estudios han evaluado su ingesta en poblaciones de pescadores (Cheng et al., 2009; Al-Majed and Preston 2000). Jenssen et al., 2012 encontraron una correlación entre el consumo de pescado y la concentración de mercurio en sangre siendo mayor en pescadores que en la demás población. Esto es de gran importancia, especialmente en grupos vulnerables como mujeres embarazadas y niños. En determinadas poblaciones que practican la pesca de subsistencia (del Brasil, el Canadá, China, Columbia y Groenlandia) se ha observado que entre 1,5 y 17 de cada mil niños presentaban trastornos cognitivos (leve retraso mental) causados por el consumo de pescado contaminado (OMS 2013).

Hsi et al., 2014, encontraron que un alto consumo de pescado parece ser un factor de riesgo crítico para los niveles de metilmercurio medidos en varios bioindicadores en niños y pueden causar una puntuación baja en la expresión del lenguaje, también se han descrito asociaciones entre biomarcadores de metilmercurio postnatales y algunos puntos del desarrollo del niño (Myers et al., 2009). Ramón et al., 2008, han encontrado que en las mujeres embarazadas que consumieron pescado 2 o más veces a la semana se encontró una concentración mayor de mercurio total en la sangre del cordón umbilical con respecto a las que raramente consumían.

La exposición prenatal a través del consumo de pescado con altas concentraciones de metilmercurio causa enfermedades graves, como parálisis cerebral, retraso mental, alteraciones neurológicas y mortalidad infantil (EFSA, 2005; Benefice et al., 2010).

La Boquilla es la presa más grande del Estado de Chihuahua, con una capacidad de almacenamiento de 2, 903.36 Mm³. Se encuentra en los municipios de Valle de Zaragoza y San Francisco de Conchos, y su principal tributario es el río Conchos. Los usos principales del embalse son agrícolas, pecuarios, generación de energía eléctrica y la actividad pesquera (INEGI, 2003a). La presa es la de mayor importancia pesquera del Estado de Chihuahua (SAGARPA-INP, 2009). La especie más abundante es la *Cyprinus carpio* o carpa común, y constituye el principal recurso explotado. La carpa representa el 78 % del total de la producción registrada, con una pesca aproximada de 168 toneladas en el 2002 (Beltrán, 2004), contribuyendo con un aporte de 55 % de la producción estatal en el mismo año (INEGI, 2003b). La explotación de los recursos pesqueros en la presa La Boquilla se lleva a cabo por tres sociedades cooperativas de producción pesquera que en total suman 124 pescadores (Beltrán, 2004).

Por todo lo anterior, los objetivos de este trabajo fueron determinar la concentración de mercurio, cadmio y plomo en el filete de la carpa común (*Cyprinus carpio*) de la presa La Boquilla y evaluar el riesgo de ingesta de dichos metales a través del consumo de esta especie, estimando la ingesta diaria y semanal de la población expuesta.

METODOLOGÍA

Muestreo

Se adquirieron 30 ejemplares de la especie *Cyprinus carpio*, carpa común, considerando que el tamaño fuera uniforme, de acuerdo a la metodología y los criterios de la Guía para la evaluación de contaminantes químicos (EPA, 2000) con un promedio de longitud de 31.5±3.5 cm.

Los ejemplares se adquirieron en el mes de julio del 2013, previo a la temporada lluviosa ya que el desove de la carpa es incitado por las primeras lluvias (FAO, 2004), evitando variaciones en el contenido lipídico por los hábitos alimenticios cambiados por el desove (EPA, 2000). Los ejemplares se trasladaron en un baño de hielo y se extrajo el músculo (filete) con un cuchillo de cerámica, debido a que es la parte de mayor consumo en el pescado. Las muestras extraídas de los 30 ejemplares se analizaron por duplicado.

Pre-tratamiento de muestras

Las muestras de músculo de pescado se sometieron a una digestión con HNO₃ (JT Baker, grado instra, U.S.A.). 0.5 g del material de referencia certificado DOLT-4 (Dogfish Liver), el cual es hígado de pescado liofilizado con concentraciones conocidas de diferentes elementos, se sometieron a un procedimiento de digestión ácida adicionando a cada muestra 10 mL de HNO₃, colocándolas en un digestor de microondas (CEM, modelo MARS 6). El procedimiento de digestión utilizado fue el recomendado por el fabricante del equipo para este tipo de muestras: a una temperatura de 200 °C con una rampa de 20 minutos y un tiempo de espera de 15 minutos. Las muestras se enfriaron a temperatura ambiente y se filtraron con papel filtro Whatman N° 2. Se aforaron con agua desionizada (>18.2 MΩ cm⁻¹). Las muestras de músculo de pescado se sometieron al mismo pre-tratamiento previo a su análisis.

Material e instrumentos

Para la preparación de reactivos y estándares se utilizó agua desionizada (>18.2 MΩ cm⁻¹). Los estándares de cadmio y plomo utilizados para la calibración, se prepararon diluyendo el material de referencia certificado QCS-27 (High Purity Standards, U.S.A.) de 100 mg/L, que tiene trazabilidad al National Institute of Standards and Technology (NIST, U.S.A.). Para la curva de calibración de mercurio se utilizaron diluciones apropiadas de un patrón de Hg certificado de 1,000

mg/L (High Purity Standards, NIST, U.S.A.). El método fue validado utilizando el material de referencia certificado DOLT 4.

Los elementos cadmio, mercurio y plomo fueron analizados mediante la técnica de espectrometría de emisión atómica con plasma de acoplamiento inductivo, ICP-OES (Thermo Electron-ICAP 6500). Las mediciones fueron realizadas a las longitudes de onda de: 214.438 (457), 184.950 (482) y 220.353 (453) para Cd, Hg y Pb, respectivamente, con un flujo de gas argón de 0.65 L/min.

Análisis estadístico

Para determinar la concentración promedio de Cd, Hg y Pb en el músculo de pescado, se probó la normalidad de los datos por medio de una prueba de normalidad de Ryan-Joiner. La cual evalúa la normalidad mediante el cálculo de la correlación entre los datos y las puntuaciones normales de los mismos. Si el coeficiente de correlación es cerca de 1, es probable que sea una población normal. La estadística de Ryan-Joiner evalúa la fuerza de esta correlación, y si cae por debajo del valor crítico apropiado, se rechaza la hipótesis nula de normalidad de la población. Aquellos datos que no presentaron una distribución normal se transformaron, primero mediante la transformación de Box Cox, en la cual se encuentra una óptima transformación de potencias ($W = Y^{*\lambda}$), donde se busca el mejor valor para λ , generalmente cualquier número entre -5 y 5. La segunda opción para normalizar los datos es mediante la transformación de Johnson, donde la función de transformación es seleccionada de tres tipos de funciones en el sistema de Johnson, debido a que las funciones cubren una amplia variedad de distribuciones mediante el cambio de sus parámetros, por lo que generalmente se encuentra una transformación aceptable. Para el cálculo de la ingesta diaria y semanal, se utilizó la media, y en el caso de los datos que no presentaron una distribución normal, se empleó la mediana.

Estimación de ingestas

La estimación de la ingesta semanal de metales pesados por el consumo de filete de pescado se calculó con un consumo promedio diario de 142.4 g por día equivalente a 996.8 g por semana, establecido para pescadores de subsistencia (EPA, 2000), multiplicado por la concentración promedio de mercurio, cadmio y plomo en el músculo de pescado y dividido por el promedio de peso corporal de 70 kg (EPA, 2000). Los resultados se interpretan en términos de la ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) establecida por la organización mundial de la salud para el mercurio, cadmio y plomo (WHO 2004: WHO 2011a, 2011c).

Para la estimación de la ingesta diaria se multiplicó el consumo diario para pescadores de subsistencia de 0.142 kg/día multiplicado por la concentración promedio de mercurio, plomo y cadmio en el filete de pescado en mg/kg y se dividió entre el peso corporal promedio de 70 Kg (EPA, 2000). Los resultados se interpretan en términos comparativos con la dosis de referencia (Rfd) establecida por la EPA 2000, en su Sistema de Información Integral de Riesgos (IRIS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Validación del método

El análisis del material de referencia certificado permitió validar el método, a través de la comparación de los resultados obtenidos frente a los valores certificados del material de referencia DOLT-4. Se obtuvieron resultados satisfactorios, con recuperaciones entre el 80 y 102 %, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Validación del método a través del análisis del material de referencia certificado DOLT- 4

Elemento	Valor certificado (mg/kg)	Valor Obtenido (mg/kg)	Recuperación %
Hg	2.58 ± 0.22	2.25±0.03	87
Pb	0.16 ± 0.04	0.16±0.01	101.5
Cd	24.3 ± 0.8	19.41±0.14	80

Concentración de metales pesados en el filete de carpa

Previo a la determinación promedio de la concentración de metales pesados se evaluó la normalidad de los datos, encontrándose que solamente las concentraciones de mercurio presentaron un comportamiento normal. Los datos correspondientes a plomo y cadmio se transformaron con la transformación de Box Cox, sin embargo, los datos no fueron normalizados. Se procedió entonces a utilizar la transformación de Johnson, con la cual se lograron normalizar los datos del cadmio con la siguiente ecuación = $-0.588059+0.488917 \cdot \text{Asinh}((X-0.00711061)/0.00285429)$. En el caso del plomo, no presentó una distribución normal con ninguna de las transformaciones aplicadas, por lo que se utilizó la mediana de sus datos para obtener la concentración promedio en el músculo de pescado así como para las estimaciones de la ingesta semanal y diaria.

Como se muestra en la Tabla 2, las concentraciones de mercurio, cadmio y plomo no excedieron el límite máximo permisible establecido por la normatividad mexicana (NOM-027-SSA1-1993) e internacional (EC 2006, CODEX 1989; CODEX 2001) para filetes de pescado. Sin embargo, la concentración de mercurio encontrada en la carpa, sobrepasa por mucho el valor umbral de 0.049 mg/kg establecido por la EPA (EPA, 2000) para pescadores de subsistencia. Cabe señalar que la EPA fija este valor límite considerando un análisis de mercurio total y asumiéndolo como metilmercurio, por un lado porque este enfoque es más protector con la salud humana y por otro lado, por el costo que supone hacer el análisis de especiación química de mercurio (EPA, 2000).

Tabla 2. Contenido de mercurio, cadmio y plomo en el filete de la carpa común (*Cyprinus carpio*) en comparación con la normatividad nacional e internacional y valores umbral de la EPA en mg/kg.

Elemento	Media de la concentración en la Carpa	NOM 027	Commission Regulation (EC) No 1881/2006EU	CODEX Alimentarius OMS/FAO	Valores Umbral EPA ^b
Hg	0.141 ±0.020	1	0.5	0.5	0.049 ^a
Cd	0.012±0.014	0.5	0.050	0.1	0.491
Pb	0.0011 *	1	0.3	0.2	ND

* Mediana

^a Como metilmercurio

^b Valores establecidos para pescadores de subsistencia

ND No disponible

Estimación de la ingesta de metales pesados a través del consumo de carpa

La estimación de la ingesta semanal de metales pesados a través del consumo de carpa se presenta en la Tabla 3, donde se observa que los valores calculados para mercurio, cadmio y plomo no superaron la ISTP permitida por la OMS (WHO 2004, 2011a, 2011c). Sin embargo, si se

considera que la mayor parte del mercurio en peces se encuentra en forma de metilmercurio, (WHO, 2011b), sí sobrepasaría la ISTP de 1.6 $\mu\text{g}/\text{Kg}$ de peso corporal semanal para metilmercurio establecido por la OMS (WHO, 2011b).

En lo referente a la ingesta diaria estimada de mercurio, sobrepasó la dosis de referencia establecida por la EPA (EPA, 2000), como se puede observar en la Tabla 3. Tal como se mencionó anteriormente, la EPA fija este valor límite considerando un análisis de mercurio total y asumiéndolo como metilmercurio. Se estima que hay una población expuesta de 422 personas, compuesta de 3 sociedades cooperativas con 124 pescadores en total, con un promedio de 3.4 miembros por familia, (INEGI, 2010). Debe ser tomado en cuenta que entre la población expuesta hay grupos vulnerables, como lo son niños y mujeres embarazadas.

Tabla 3. Ingesta semanal de mercurio, plomo y cadmio en la Carpa (*Cyprinus carpio*) de la presa La Boquilla

Elemento	ISTP OMS $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{pc}$ sem	Ingesta Semanal Estimada $\mu\text{g}/\text{kg}$ pc por sem	Dosis de Referencia (Rfd) EPA mg/kg día	Ingesta Diaria Estimada $\text{mg}/\text{kg}/\text{pc}$ día
Hg	5	2.008	0.0001 ^a	0.0003
Pb	25	0.016	ND	ND
Cd	5,6	0.177	0.001	0.00002

^aComo metilmercurio
ND No disponible
pc peso corporal

Es de suma importancia determinar la concentración de metales pesados en peces y estimar la ingesta de la población, especialmente si se trata de poblaciones de autoconsumo, debido a que tienen un riesgo más alto asociado a una mayor frecuencia en el consumo, y aunado a que el cuerpo de agua potencialmente contaminado es siempre el mismo.

CONCLUSIONES

La metodología para el análisis de cadmio, plomo y mercurio fue validada a través del análisis de material de referencia certificado (DOLT-4), obteniéndose resultados satisfactorios. La concentración promedio de mercurio encontrada en el filete de carpa, que fue de 0.141 mg/kg sobrepasó el valor umbral de 0.049 mg/kg establecido por la EPA para pescadores de subsistencia. La ingesta diaria estimada para mercurio total, 0.0003 mg/kg peso corporal (pc) día, supera la dosis de referencia (Rfd) de 0.0001 mg/kg pc día sugerida por la EPA. La ingesta semanal tolerable provisional (ISTP) para mercurio de 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ pc semana sugerida por la OMS no fue sobrepasada, ya que la estimación para mercurio fue de 2.008 $\mu\text{g}/\text{kg}$ pc semana. Se estimó una población expuesta de 422 personas, entre las que se encuentran grupos vulnerables como mujeres embarazadas y niños.

REFERENCIAS

- Al-Majed N.B., Preston M.R., (2000) Factors influencing the total mercury and methyl mercury in the hair of the fishermen of Kuwait. *Environmental Pollution* 109: 239-250.
- Beltrán 2004 Diagnostico socioeconómico y pesquero de la presa La Boquilla www.cofemermir.gob.mx/.../4751.66.59.5.

Baker J.R., Edwards R.J., Laskerd J.M., Moore M.R., Sataruga S. (2005) Renal and hepatic accumulation of cadmium and lead in the expression of CYP4F2 and CYP2E1 Toxicology Letters 159: 182–191.

Benefice, E., Luna, S., & López, R., (2010), Fishing activity, health characteristics and mercury exposure of Amerindian women living alongside the Beni River (Amazonian Bolivia). International Journal of Hygiene and Environmental Health, 213, 458–464.

Cheng J., Gao L., Zhao W., Liu X., Sakamoto M., Wang W. (2009) Mercury levels in fisherman and their household members in Zhoushan, China: Impact of public health, Science of the Total Environment 407: 2625–2630

Cheng Z., Wang H.S., Du J., Sthiannopkao S., Xing G.H., Kim K.W., Mohamed M., Hashim J.H., Wong M.H. (2013). Dietary exposure and risk assessment of mercury via total diet study in Cambodia Chemosphere 92: 143–149.

Codex Alimentarius Commission (1989) Report of the 21st Session of the Codex. Committee on food additives and contaminants, Geneva, ALINORM 89/12A.

Codex Alimentarius Commission (2001) Report of the 33rd session of the Codex Committee on Food Additives and Contaminants, Geneva, Switzerland. ALINORM 01/12A.

EC, Commission Regulation No 1881/2006, Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Union.

EFSA ,European Food Safety Authority, (2005). Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the European parliament related to the safety assessment of wild and farmed fish. EFSA Journal. 23:,1-118.

EFSA (European Food Safety Authority) (2012). Cadmium dietary exposure in the European population, EFSA Journal 10 (1):2551.

EPA (U.S. Environmental Protection Agency, Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories, Volume 1: Fish Sampling and Analysis, Third Edition, Washington, DC, 2000.

FAO 2004. Cultured Aquatic Species Information Programme. *Cyprinus carpio*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Peteri, A. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 1 January 2004. [Cited 24 May 2014]. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus_carpio/es

FAO/OMS 2007 Análisis de riesgos relativos a la inocuidad de los alimentos Guía para las autoridades nacionales de inocuidad de los alimentos ISBN 978-92-5-305604-0

FAO 2009. Directrices para la inspección del pescado basada en los riesgos organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación Roma. ISBN 978-92-5-306131-0. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/i0468s/i0468s00.pdf>

Finkelstein Y. Markowitz M.E, Rosen J.F, (1998) Low-level lead-induced neurotoxicity in children: an update on central nervous system effects Brain Research Reviews 27: 168–176.

Fu J., Hub X, Tao X, Yua H, Zhanga X, (2013) Risk and toxicity assessments of heavy metals in sediments and fishes from the Yangtze River and Taihu Lake, China Chemosphere 93, 1887–1895.

Gochfeld M (2003) Cases of mercury exposure, bioavailability, and absorption, Ecotoxicology and Environmental Safety 56: 174–179.

HPA Health Protection Agency 2012. Lead Toxicological overview
http://www.hpa.org.uk/webc/hpawebfile/hpaweb_c/1194947332124 Prepared by CRCE HQ, HPA
2012 Version 3

Hsi H.C., Jiang C.B., Yang T.H., Chien L.C., (2014) The neurological effects of prenatal and postnatal mercury/methylmercury exposure on three-year-old children in Taiwan *Chemosphere* 100: 71–76.

Inaba T, Kobayashi E, Suwazono Y, Uetani M, Oishi M, Nakagawa H, Nogawa K. (2005) Estimation of cumulative cadmium intake causing Itai-itai disease. *Toxicology Letters* 159: 192–201.

INEGI 2003a (National Institute of Statistics, Geography and Informatics). Geographic Information Synthesis Chihuahua state, first edition publication only 156 p.p, México 2003.

INEGI 2003b Instituto nacional de estadística y geografía, Anuario estadístico. Chihuahua 2003
ISSN: 0188-8668
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/productos/default.aspx?c=265&s=inegi&upc=702825158552&pf=Prod&ef=&f=2&cl=0&tg=13&pg=0&ct=106030000>

INEGI 2010, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Censo de Población y Vivienda 2010.
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?src=487&e=8>

Jenssen M.T.S., Brantsæter A.L., Haugen M., Meltzer H.M., Larssen T., Kvaem H.E., Birgisdottir B.E., Thomassen Y. Ellingsen D., Alexander J., Knutsen H.K. (2012). Dietary mercury exposure in a population with a wide range of fish consumption-Self-capture of fish and regional differences are important determinants of mercury in blood, *Science of the Total Environment* 439: 220–229.

Myers G.J., Thurston S.W., Pearson A.T., Davidson P.W., Cox C., Shamlaye C.F., Cernichiari E., Clarkson T.W. (2009). Postnatal exposure to methyl mercury from fish consumption: A review and new data from the Seychelles Child Development Study *NeuroToxicology* 30: 338–349
NOM-027-SSA1-1993, Goods and services. Fishery products. Fresh fish, fresh and frozen. sanitary specifications.

OMS Organización mundial de la salud (2013). El mercurio y la salud. Nota descriptiva N°361. URL
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs361/es/>.

Olmedo P., Pla A., Hernández A.F. , Barbier F. , Ayouni L., Gil F. 2013 Determination of toxic elements (mercury, cadmium, lead, tin and arsenic) in fish and shellfish samples. Risk assessment for the consumers. *Environmental international* 59: 63-72.

Ramón R., Murcia M., Ballester F., Rebagliato M., Lacasaña M., Vioque J., Llop S., Amurrio A., Aguinagalde X., Marco A., León G., Ibarluzea J., Ribas-Fitó N. (2008) Prenatal exposure to mercury in a prospective mother–infant cohort study in a Mediterranean area, Valencia, Spain. *Science of the total environment* 392: 69-78.

SAGARPA-INP 2009, Secretaria de Agricultura Ganadería desarrollo rural pesca y alimentación y Instituto Nacional de Pesca, Dictamen técnico, Propuesta de fecha para la implementación de la veda temporal en los embalses del estado de Chihuahua.

Takebayashi S, Jimi S, Segawa M, Kiyoshi Y (2000). Cadmium Induces Osteomalacia Mediated by Proximal Tubular Atrophy and Disturbances of Phosphate Reabsorption. A Study of 11 Autopsies. *Pathol. Res. Pract.* 196: 653-663.

UNEP (United Nations Environmental Programme), Lead & Cadmium. URL <http://www.unep.org/hazardoussubstances/Home/tabid/197/hazardoussubstances/LeadCadmium/tabid/29372/Default.aspx> Accessed 24.03.14

Vasey D.A. (2010). Transport pathways for cadmium in the intestine and kidney proximal tubule: Focus on the interaction with essential metals. *Toxicology Letters* 198: 13–19.

WHO (World Health Organization) Guidelines for Drinking-water Quality, third edition. Geneva 27, Switzerland, 2004. URL <http://www.who.int> Accessed 04.09.14.

WHO, **World Health Organization 2010** Childhood Lead Poisoning ISBN 978 92 4 150033 3

WHO (World Health Organization). Cadmium in Drinking-water, Geneva 27, Switzerland, 2011a. URL <http://www.who.int> Accessed 04.20.14.

WHO (World Health Organization). Evaluation of certain Contaminants in food, food: seventy-second report of the joint FAO/WHO. Expert Committee on Food Additives. (WHO technical report series ; no. 959) 2011b.

WHO (World Health Organization). Guidelines for Drinking-water Quality, fourth edition, 2011c. URL <http://www.who.int> Accessed 04.12.14.

Yi Y., Yanga Z, Zhang S., (2011) Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin, *Environmental Pollution* 159: 2575-2585.