



# MERCURIO Y METILMERCURIO EN LOS PRODUCTOS PESQUEROS

---

## *REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA*

Informe de revisión bibliográfica sobre los riesgos específicos del mercurio en el pescado, y propuestas para la modificación de la legislación aplicable al control de este parámetro.

## Contenido

1.	LA PROBLEMÁTICA DEL MERCURIO. ....	2
2.	CONTROL OFICIAL Y MÉTODOS DE ANÁLISIS DEL MERCURIO/METILMERCURIO.....	6
2.1.	Criterios para el muestreo y la aceptación de resultados.....	6
2.2.	Métodos analíticos actuales.....	7
2.1.1	Métodos analíticos de cuantificación de mercurio total .....	7
2.1.2	Métodos analíticos de cuantificación de metilmercurio.....	8
3.	NIVELES DE MERCURIO EN PRODUCTOS DE LA PESCA Y ACUICULTURA. ....	10
3.1.	Componentes de la variabilidad de los contenidos en mercurio en pescado. ....	11
3.2.	Datos presentes e interpretación. ....	13
3.3.	Ratios metilmercurio vs. mercurio total. ....	17
4.	EL SELENIO Y SU INTERACCIÓN CON EL MERCURIO EN LOS PRODUCTOS DE LA PESCA Y LA ACUICULTURA. ....	18
4.1.	Importancia del selenio en la dieta .....	18
4.2.	Interacción selenio – mercurio y efecto protector del selenio. ....	19
4.3.	Estudios de exposición en humanos: .....	22
4.4.	El parámetro Se-HBV:.....	23
4.5.	Niveles de selenio en pescado y ratios Se:Hg. ....	24
5.	NIVELES Y CÁLCULO DE LA EXPOSICIÓN POR PARTE DE LA POBLACIÓN. ....	26
5.1.	Ocurrence data.....	26
5.2.	Consumption data.....	27
6.	BIOACCESIBILIDAD Y BIODISPONIBILIDAD .....	29
6.1.	Estudios in vitro.....	30
6.2.	Estudios in vivo.....	31
7.	EFFECTO DEL PROCESADO TÉRMICO DEL PESCADO .....	32

## 1. LA PROBLEMÁTICA DEL MERCURIO.

En los últimos años se ha venido magnificando el riesgo alimentario del pescado debido sus contenidos en mercurio, lo cual está afectando enormemente al sector. Los estudios de riesgo, debido al mercurio por el consumo pescado, efectuados por las diferentes Autoridades han pecado, en opinión del sector industrial y por parte de la comunidad científica, de un excesivo precaucionismo.

En Enero del 2010 la reunión del Grupo de Expertos de la FAO/WHO realizó una valoración del riesgo/beneficio asociado al consumo de pescado. Entre sus conclusiones se hace especial referencia a la necesidad de destacar la importancia del pescado en la dieta, por el aporte de los nutrientes anteriormente comentados, así como el mejorar las bases de datos existentes de los niveles de contaminantes (especialmente metilmercurio) en las distintas especies presentes en el mercado. Exponía igualmente que se debieran realizar recomendaciones de consumo en sectores vulnerables de la población; que se vinieron ejecutando desde entonces por diversos países.

La Agencia Europea en Seguridad Alimentaria (EFSA) realizó recientemente, a petición de la Comisión Europea, una evaluación del riesgo alimentario debido a la presencia de mercurio (o metilmercurio) en alimentos; el cual fue publicado en Diciembre del 2012 (EFSA,2012). En realidad se pretendía someter a evaluación si las ingestas semanales admisibles (TWI) previamente establecidas de 1,6  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (pc) seguían siendo seguras dados los consumos actuales de algunos alimentos. Tras un profundo análisis de diversas fuentes científicas en el campo médico y toxicológico, bromatología, hábitos alimentarios, etc..., se concluyó que se debiera **reducir este límite (TWI) hasta 1,3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (pc)**; lo que puede ocasionar un **revisión de los límites legales establecidos así como recomendaciones de consumo más estrictas**. Otras conclusiones del extenso informe del Grupo científico de la EFSA consideró que el pescado y en particular el **atún**, pez espada, bacalao, pescadilla y lucio son los principales contribuyentes a la exposición dietética de metilmercurio en los grupos de edad adulta.

Al igual que la propia EFSA admite, la industria del pescado y parte del sector científico opinan que la evaluación peca de **exceso de cautela** en algunos criterios entre los que cabría destacar:

- Se aplica un factor de conversión del 100% de mercurio orgánico sobre el mercurio total al que se añade un 20% de toxicidad causada por el mercurio inorgánico.
- Se aplica un 100% de biodisponibilidad para todas las especies y productos derivados de las mismas, infravalorando estudios que ponen de manifiesto una importante disminución de la fracción biodisponible tras el cocinado y tratamiento industrial.
- No se introduce en la valoración el efecto protector del selenio (especialmente para el caso del atún) sobre la toxicidad y biodisponibilidad del metilmercurio, aun cuando existe documentación y consenso científico al respecto.

A todo esto, se suman **importantes lagunas** en los datos de referencia utilizados para las evaluaciones; como:

- Los niveles medios presentes en las especies en muchos casos son insuficientes, dudosos y en muchas ocasiones se toman datos promedio para grupos de especies con niveles muy distintos; como es el caso del atún.
- Los estudios de consumo que se realizan en el entorno europeo no alcanzan el nivel de detalle en lo que se refiere a ciertos productos; agrupándose consumos de conservas de túnidos o incluyendo todas las variedades de atún en fresco dentro de la categoría “otros pescados frescos y congelados”.

Las **recomendaciones de consumo que promulgaba el grupo de expertos de la FAO/WHO** han sido implementadas por los diversos estados. Los mujeres embarazadas o en periodo de lactancia, así como los niños de corta edad han sido los grupos sobre los que se ha hecho énfasis en estas actuaciones; aunque algunos países como Canadá, Australia o Noruega se han extendido las recomendaciones de no consumir o moderar el consumo de algunas especies al consumidor general. Las especies consideradas varían nuevamente en función del país considerado debido a los hábitos de consumo nacionales y los datos que maneja cada administración en concreto.

El calado de estas recomendaciones ha sido muy diferente en función de la propia cultura de los países, como ha ocurrido en USA y Japón (Ser, 2012). Igualmente se ha discutido que el modo en el que se han realizado este tipo de recomendaciones es mejorable, ya que se debe ser más conciso con las mismas (Groth E, 2010). Una recopilación de los niveles legales actuales y las recomendaciones de consumo efectuadas a nivel internacional se resume en el anexo IV.

En Abril del 2011, la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) ejecutó la recomendación de limitar el consumo de ciertos pescados en niños y mujeres embarazadas debido a la potencial exposición de estos a niveles peligrosos de mercurio. La información que la AESAN utilizó para dichas recomendaciones partió de una recopilación por su parte de 699 datos de contenidos de Hg en pescado y marisco capturados durante los años 2001 a 2007, que fueron proporcionados por las Comunidades Autónomas, el Centro Nacional de Alimentación de la AESAN y el Instituto Español de Oceanografía. Estos datos se conjugaron con el consumo medio de pescado según el estudio “Modelo de dieta española para la determinación de la exposición del consumidor a sustancias químicas” (AESAN, 2006); aunque no se presenta detalle de la metodología empleada. En este sentido, sorprende la presencia del lucio (consumos muy bajos en España) en dichas recomendaciones.

Pescados	Mujeres en edad fértil embarazadas o en período de lactancia	Niños <3 años	Niños 3-12 años
Pez espada Tiburón Atún rojo* Lucio	Evitar su consumo	Evitar su consumo	Limitar a 50 gr/semana o 100 gr/2 semanas (no consumir ningún otro de los pescados de esta categoría en la misma semana)

\**Thunnus thynnus* (especie grande, normalmente consumida en fresco o congelada y fileteada)

Figura 1: Recomendaciones de consumo en pescados. AESAN (2011).

En este caso, además de pez espada, tiburón y lucio, se incluía el atún rojo, una especie relativamente minoritaria en términos de consumo dentro de los atunes, como especies potencialmente peligrosas. Sin embargo en los medios de comunicación se utilizó de manera genérica el término atún.



The image shows two screenshots of news articles. The left screenshot is from Público.es, with the headline "Sanidad recomienda a las embarazadas y niños no comer atún ni pez espada". The right screenshot is from rtve.es, with the headline "Sanidad recomienda a embarazadas y niños no comer atún por su alto contenido en mercurio". Both articles discuss updated health recommendations regarding mercury consumption in fish.

Fig.2: Noticias derivadas de la publicación por parte de la administración en medios nacionales.

Estas alarmas son frecuentes a nivel internacional en los medios de comunicación, donde la falta de concreción y rigor científico en la información facilitada al público es muy preocupante.

El Comité de Contaminantes del Codex Alimentarius (FAO/WHO) inició los procedimientos para una posible revisión de los niveles establecidos en el CODEX para el mercurio en los productos de la pesca. Para ello, se estableció el *electronic Working Group (eWG)*; un grupo de trabajo liderado por Noruega y Japón que en Abril de este mismo año ha avanzado un documento de discusión en el que se valoran algunos aspectos con el control de esta problemática. De dicho documento destacamos, y suscribimos con algunas precisiones, la mayoría de las conclusiones que se detallan a continuación:

- Los EEMM de la UE consideran que el **establecimiento de niveles máximos para el metilmercurio** es la mejor manera de conciliar la armonización del comercio internacional, con protección de los consumidores eficaz.

- Teniendo en cuenta la gran variedad de los niveles de metilmercurio, un **nuevo sistema de clasificación de las especies de pescado** en dos o más grupos de especies de pescado se consideran mejor opción en lugar de la actual clasificación, que se subdivide en las especies de peces depredadores y no depredadores. Aun así, y aunque entendemos que en aras de la simplificación legislativa se trata de homogeneizar al máximo las categorías, hay excepciones que cuestionan la adscripción de ciertas especies a una u otra categoría. Se discute si los niveles de referencia de 0,5 mg/kg para el resto de las especies (“no depredadoras”) continúan siendo necesarios.
- Como lo demuestra el ensayo intercomparativo titulado "IMEP-115: Determinación del metilmercurio en los mariscos", organizado por el Centro Común de Investigación de la Unión Europea (JRC), la **determinación directa de metilmercurio en pescados y mariscos es posible** en laboratorios que tengan experiencia en la determinación de mercurio total, incluso sin equipos analíticos altamente sofisticados.
- Aunque la UE prefiere establecer los contenidos máximos para el metilmercurio, a efectos del **screening** básico se puede realizar la determinación del contenido total de mercurio, si así lo considera la autoridad competente. Los límites máximos para el **mercurio total** deben fijarse en el mismo nivel que para el metilmercurio **y solo cuando el nivel medio de mercurio total (descontando la incertidumbre) es superior al nivel máximo, debe determinarse el contenido de metilmercurio.**
- Las **recomendaciones de consumo** son una herramienta importante para ayudar a los consumidores que hacen una elección equilibrada. Consejos consumo debería reflejar el riesgo y beneficio para la salud del consumo de pescado para los distintos niveles máximos para los distintos grupos de peces. Una nota informativa que proporciona un esquema para información al consumidor para refinar aún más a nivel nacional relación al metilmercurio en el pescado y los productos pesqueros está disponible en la página web de la Comisión Europea desde 2004. La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria en la actualidad trabajar en una opinión sobre los riesgos y los beneficios del consumo de alimentos de pescado / sea lo que respecta a metilmercurio. Se espera que este dictamen científico estará disponible a finales de 2014. Teniendo en cuenta el resultado de este dictamen científico, la información al consumidor podría ser refinado aún más.

Las conclusiones de este informe han sido igualmente valoradas por la Unión Europea, y en la actualidad la **EFSA** está trabajando en un **documento específico sobre los riesgos y beneficios del consumo de pescado referentes al metilmercurio**, cuya publicación está prevista para finales del presente año.

## **2. CONTROL OFICIAL Y MÉTODOS DE ANÁLISIS DEL MERCURIO/METILMERCURIO.**

En el Reglamento (CE) No 1881/2006, se establece un límite máximo (LM) base de 0,5 mg/Kg. A partir de este se establece una excepción, para ciertas especies hasta un valor de mercurio de 1,0 mg/kg. Para evaluar el cumplimiento del límite máximo es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La incertidumbre analítica: Un producto cumple el límite máximo siempre que el resultado del análisis (tras descontar la incertidumbre analítica) sea menor o igual que dicho límite.
- El factor de transformación: En el caso de productos transformados, o compuestos por varios ingredientes, se ha de tener en cuenta el factor de concentración o dilución que puede sufrir durante el procesado, puesto que se asume que los tratamientos térmicos o de desecado (entre otros) podrían provocar una variación en la concentración del metal. El operador es el responsable de justificar el factor de transformación para cada producto y proceso.

En este apartado, los LMs están en línea con los fijados en otras legislaciones que se citan al final de este informe y que figuran en el Anexo IV.

### **2.1. Criterios para el muestreo y la aceptación de resultados.**

Tratándose de contaminantes cuyo peligro, entendido como efecto adverso para la salud, proviene de su efecto acumulativo, debe valorarse la exposición de una muestra representativa. Los criterios expuestos en el anexo del Reglamento 333/2007, como son: número de muestras por lote, criterios para componer una muestra media representativa, criterios de aceptación de resultados, incluyendo una metodología para el cálculo de la incertidumbre, dentro de los criterios de aceptación de los resultados del control oficial.

El reglamento 333/2007 provee de criterios para el muestreo teniendo en cuenta el tamaño del lote y la composición de la muestra media, que tiene en cuenta la dispersión de contenidos naturales de mercurio debida a factores biológico estacionales en la partida cuya conformidad con respecto a los límites máximos ha de ser juzgada. En cuanto a la incertidumbre analítica, debemos considerar que supone un elemento de valoración de la calidad del ensayo y forma parte de los criterios de aceptación de los resultados del muestreo y análisis de la partidai tanto en el autocontrol por parte de las empresas como del control oficial. En esta última vertiente, que es la que más nos interesa destacar, debe señalarse con respecto a la calidad de los Laboratorios de Control oficial, la claridad con que el reglamento CE nº 882/2004, se expresa en su artículo 12º al exigir a la autoridad competente que designe únicamente laboratorios que funcionen y estén evaluados y acreditados conforme a la ISO 17025 lo que garantiza que los controles oficiales cumplen una serie de criterios operativos de imparcialidad y eficacia. Entendemos que la intencionalidad del legislador es que un

laboratorio que participa en el control oficial del mercurio en productos de la pesca, tenga comprendido dicho ensayo en el alcance de su acreditación, y que por ello, el cálculo de la incertidumbre se haya desarrollado considerando todos los elementos con influencia teórica y práctica en la incertidumbre.

Dicho esto, forma parte del buen hacer del laboratorio, aspecto que valora la entidad acreditadora (ENAC en España), las medidas para minimizar la incertidumbre en los parámetros en que puede actuarse, en virtud de que el laboratorio actúe de acuerdo a las buenas practicas, como son las correctas especificaciones y adecuado mantenimiento de los equipos de ensayo, y la formación, aptitudes y supervisión del personal técnico. En cualquier caso la legislación, provee de criterios de calidad para la aceptación de ensayos de esta índoleii que consideran un factor para valora la calidad del ensayo el sobre pasamiento de un determinado valor en la incertidumbre.

En resumen, la acreditación comprende una serie de requisitos entre los cuales está la fijación de la incertidumbre sobre la base de una metodología adecuada. Una inadecuada metodología que lleve a infravalorar la incertidumbre, estaría obrando en contra de la normativa vigente. Por otro lado, siendo admitido y explicito que el criterio de aceptación es que se reste la incertidumbre (Reglamento CE 333/2007), la consecuencia es que debemos tener un equilibrio entre un cálculo correcto de la incertidumbre y la minimización de la misma.

## **2.2. Métodos analíticos actuales.**

### **2.1.1 Métodos analíticos de cuantificación de mercurio total**

Por mercurio total, se entiende la suma del mercurio que está presente en forma orgánica en el pescado (metilmercurio, y representa la mayoría del mercurio total) y el mercurio inorgánico (Hg).

Actualmente existen multitud de métodos analíticos para la determinación de mercurio total en productos de la pesca, que se basan, en general, en un tratamiento de digestión de la muestra por la que se obtiene todo el Hg en forma inorgánica, para ser posteriormente analizado mediante distintas técnicas instrumentales. Las técnicas más de determinación del mercurio son las siguientes:

- Espectroscopia de Absorción y Emisión Atómica
- Espectroscopia de Fluorescencia Atómica
- Espectrometría de Masas con Fuentes de Plasma

A continuación se muestra un resumen con las técnicas más importantes:

MERCURIO TOTAL		
GRUPO DE TÉCNICAS	TÉCNICA	REFERENCIA
Espectroscopia de Absorción y Emisión Atómica	Vapor Frío (CV-AAS)	(Hight, 2005) (Voegborlo, 2007) AOAC 977.15 AOAC 971.21 AOAC 974.14
	Combustión directa (DC-AAS)	EPA 7473, 2007
Espectroscopia de Fluorescencia Atómica	Espectroscopia de Fluorescencia Atómica (AFS)	(Nriagu, 1996)
Espectrometría de Masas con Fuentes de Plasma	Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-MS)	(Entwisle, 2004)

Tabla 1. Principales técnicas analíticas para determinación de mercurio total

Además, actualmente están en desarrollo otras técnicas rápidas que nunca hasta ahora habían sido utilizadas en la detección de metales pesados, como es el caso de la biosensórica.

Entre ellas, las técnicas de Espectroscopia de Absorción Atómica (AAS) son las más utilizadas, y concretamente la de Vapor Frío (CV-AAS), y la de combustión directa (DC-AAS). Esta última tiene cada vez más presencia entre las empresas del sector pesquero, debido a su rapidez y sencillez, además de que presenta la ventaja de no necesitar reactivos, y por tanto además no es perjudicial para el medio ambiente.

### 2.1.2 Métodos analíticos de cuantificación de metilmercurio

Debido a que la toxicidad del mercurio se debe fundamentalmente a su fracción orgánica (en forma de metilmercurio), se han desarrollado multitud de metodologías analíticas basadas en el acoplamiento de técnicas de separación (cromatografía líquida, de gases o iónica) con técnicas de detección de elementos (absorción atómica, fluorescencia atómica, espectrometría de masas,...). Estas técnicas, a pesar de que aportan exactitud, precisión y bajos límites de detección y cuantificación, son complejas, tediosas y costosas como para ser implantadas en las empresas del sector para su autocontrol.

Sin embargo, en los últimos años se ha desarrollado una técnica rápida y sencilla que además ha sido validada con éxito por JRC, y se basa en la espectroscopia de absorción atómica por combustión directa (DC-AAS).

Por tanto, la metodología para la determinación de metilmercurio mediante DC-AAS podría sustituir a la de mercurio total en cuanto al autocontrol y aplicación por parte de las

empresas. Por otra parte, las empresas que no disponen de equipos y realizan el autocontrol en laboratorios externos, tienen hoy en día una herramienta asequible en precio y plazo de respuesta para el control de la fracción del mercurio que está en forma de metilmercurio.

En la siguiente tabla se resumen las principales metodologías desarrolladas para la determinación de metilmercurio.

METILMERCURIO		
GRUPO DE TÉCNICAS	TÉCNICA	REFERENCIA
<b>Espectroscopia de Absorción y Emisión Atómica</b>	Combustión directa (DC-AAS)	(Maggi, 2009) IRMM-IMEP-115
<b>Espectroscopia de Fluorescencia Atómica</b>	Espectroscopia de Fluorescencia Atómica (AFS) con generación de Vapor Frío	(Ubillús, 2000)
<b>Técnicas acopladas a Cromatografía de Gases</b>	Cromatografía de Gases con Detector de Captura Electrónica (GC-ECD)	AOAC 988.11 AOAC 983.20 (Marsalek, 2006)
	Cromatografía de Gases con Detector de Masas de Trampa Iónica (GC-MS)	(Lee, 2007)
	Cromatografía de Gases acoplada a Espectroscopia de Fluorescencia Atómica (GC-AFS)	(Cai, 1998) (Louise Armstrong, 1999)
	Cromatografía de Gases acoplada a Espectroscopia de Fluorescencia Atómica en modo Vapor Frío (GC-CV-AFS)	(Cabañero, 2005)
	Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo (GC-ICP-MS)	(Louise Armstrong, 1999)
<b>Técnicas acopladas a Cromatografía Líquida</b>	Cromatografía Líquida acoplada a Espectroscopia de Absorción Atómica (LC-AAS)	AOAC 990.04
	Cromatografía Líquida acoplada a Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo (HPLC-ICP-MS)	(Wilken, 1998) (Qvarnström, 2002) (Rai, 2002) (Hight, 2006) (Cairns, 2008)
	Cromatografía Líquida acoplada a Espectroscopia de Fluorescencia Atómica (LC-AFS)	(Liang, 2003)

METILMERCURIO		
GRUPO DE TÉCNICAS	TÉCNICA	REFERENCIA
	Cromatografía Líquida acoplada a Espectroscopia de Fluorescencia Atómica Vapor Frío (LC-CV-AFS)	(Houserová, 2006)
<b>Técnicas acopladas a Cromatografía Iónica</b>	Cromatografía Iónica acoplada a Espectroscopia de Fluorescencia Atómica (IC-AFS)	(Liu, 2010)

Tabla 2. Principales técnicas analíticas para la determinación de Metilmercurio

### 3. NIVELES DE MERCURIO EN PRODUCTOS DE LA PESCA Y ACUICULTURA.

A diferencia de muchos grupos de alimentos, se aglutina bajo la categoría “pescado” una cantidad enorme de especies y productos con unas características muy diversas; y que en un sector mayoritario de la población, especialmente a nivel internacional, se desconoce.

Igualmente, es muy variada la información disponible en la actualidad sobre los niveles de mercurio presentes en el pescado. Tanto para la evaluación por parte de las administraciones; como en las publicaciones individuales es crucial la selección de los datos así como una adecuada interpretación de los mismos. La selección parcial de datos, el desconocimiento o una mala interpretación de los mismos suele dar lugar a publicaciones alarmistas de bajo peso científico pero con una importante repercusión sobre el consumidor y el sector en general.

Las fuentes de datos presentes en la actualidad son aquellas provenientes de:

- Publicaciones de ámbito científico en revistas especializadas por parte de grupos de investigación.
- Datos aportados a las administraciones por parte de los puntos de control (delegaciones de sanidad, centros públicos de control y organismos asociados, etc...).
- Estudios individuales por diversos agentes (organizaciones de consumidores, grupos ecologistas, etc...).

La fiabilidad en cada una de estas fuentes es un tema muy importante a tratar. La publicaciones científicas en ocasiones no contienen información detallada sobre la validación del método analítico o importantes divergencias en la nomenclatura e identificación de la especie. En otros casos, el número de muestras no es representativo o el muestreo es parcial y no recoge mucha de la variabilidad existente (estacionalidad, tamaños, anatomía del individuo, mezcla de productos crudos y transformados, etc...).

Para las administraciones nacionales e internacionales también es muy importante obtener datos fiables. La agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA); la cual asesora científicamente a la administración europea y cuyas opiniones son cruciales en el

establecimiento de legislación, posee unos protocolos específicos para el envío de datos donde se recoge información sobre las especies, orígenes, fechas, condiciones analíticas, métodos de muestreo, etc.. (<http://www.efsa.europa.eu/en/datex/datexsubmitdata.htm>). Sin embargo, estas administraciones simplemente seleccionan aquellos datos que consideran de calidad fiándose de la información aportada por cada una de las fuentes.

Los grandes problemas a los que se enfrentan estas administraciones, como se ha puesto de manifiesto en la última evaluación de riesgo alimentario por mercurio realizado por la EFSA (EFSA, 2012), están en la falta de datos que cubran todo el espectro de especies, una adecuada clasificación, y sobretodo encajar los datos de los niveles presentes con los consumos específicos por parte de la población. Aunque esta administración se encuentra trabajando actualmente en homogenizar los datos de consumo con los recogidos de niveles en las distintas especies, existen enormes lagunas que afectan enormemente a la interpretación de los datos y conclusiones efectuadas en cuanto al riesgo del consumo de pescado. Finalmente, los estudios individuales de organizaciones de consumidores y grupos similares, por lo general carecen de la dimensión adecuada para tratar el tema en su complejidad y globalidad y suelen ofrecer una visión alarmista y poco rigurosa.

En la bibliografía científica existen una enorme cantidad de artículos referentes a los contenidos de mercurio en productos alimenticios. Buena parte de estos hacen referencia a productos pesqueros y en especial a pescados, puesto que conforman la fuente principal de mercurio en la dieta del ser humano. Los niveles de mercurio han sido publicados con diferentes objetivos; como es conocer el proceso de bioacumulación, diferencias entre zonas de captura, sexos, tamaños, especies, exponer la relación del mercurio orgánico con el total, etc. En algunos de estos, aparecen datos recogidos por familias y órdenes taxonómicos, mientras que en la mayoría se avanza hasta la especie; tratándose en muchos casos de especies locales.

Son pocos los estudios que recopilan una gran variedad de especies con un volumen importante de datos de cada una de ellas. A la hora de aglutinar y comparar datos, uno de los principales problemas con el que nos enfrentamos es la inexactitud e incertidumbre en la identificación de la especie en cuestión. En este sentido, existen numerosas divergencias de nomenclatura para la misma especie; tal y como se recoge en reglamento de denominaciones comerciales de pescados y mariscos; y en otros casos, especialmente debido a traducciones inexactas se aglutinan bajo una determinada nomenclatura peces de características muy diversas. Un ejemplo de esto puede ser el término “catfish” bajo el cual se recogen una enorme cantidad de especies del grupo de los siluriformes (aguas continentales y marinas, especies de gran y pequeño tamaño, etc...).

### **3.1. Componentes de la variabilidad de los contenidos en mercurio en pescado.**

El mercurio sufre un proceso de bioacumulación en los seres vivos marinos, con unos niveles presentes en la biota exponencialmente mayores que los que se encuentran en el medio en el

que viven. A mayores, ocurre un proceso de biomagnificación que provoca que estas concentraciones de mercurio sean mayores a medida que se asciende en la **cadena trófica**. Es por esto que los niveles más altos están presentes en las llamadas “especies depredadoras”, un término que se maneja frecuentemente aunque con distintas interpretaciones.

Existe cierto consenso en una correlación con el **tamaño** del individuo (Branco, 2004), siendo esta más significativa en aquellas especies de gran tamaño. En aquellas especies con un tamaño asintótico temprano, la correlación es mayor con la **edad** (Monteiro, 1990; Storelli, 2001,2005); aunque estos estudios son más escasos ya que la determinación de la edad de los peces es compleja. Para las especies con tamaños reducidos o ciclos de vida cortos esta relación es prácticamente inexistente.

Para el caso de grandes peces depredadores, algunos autores comentan la posibilidad de un control de la pesca en función del tamaño para minimizar el riesgo de ingesta de mercurio.

Los trabajos donde se investigan diferencias en la acumulación de mercurio en la **anatomía** del pescado, parecen demostrar que es relativamente homogéneo en las distintas zonas musculares. En las fracciones óseas la acumulación de mercurio es menor, así como en las zonas de grasa del animal. Se han documentado mayores contenidos en hígado que en músculo en pez espada y atún rojo (Storelli, 2005), mientras que ocurre lo contrario para los tiburones (Branco-Vasco, 2007). Esto es particularmente importante a la hora del muestreo analítico; ya que la inclusión de partes no musculares, evisceración, descabezado, etc..., son fuentes de incertidumbre en el resultado.

El **sexo** del animal (Suk, 2009; Kojadinovic, 2006; Branco-Vasco, 2007) no parece tener influencia en el grado de bioacumulación; aunque otros trabajos parecen haber encontrado, en pez espada, una mayor velocidad de acumulación de mercurio en machos de pez espada (Monteiro, 1990).

La **localización del pescado** es también un factor muy importante, especialmente en poblaciones diferentes de una misma especie, al igual que en función del río o lago en cuestión. Esto dificulta enormemente la evaluación del riesgo y el establecimiento de medidas de control, a menos que se identifique la zona en concreto (Burger, 2004). A pesar que existen varios trabajos comparativos sobre los niveles presentes en zonas concretas de pesca, apenas se han encontrado trabajos globales y de magnitud donde se presenten diferencias de concentración entre grandes zonas oceánicas de pesca. El carácter migratorio de alguna de las especies más importantes hace todavía más complejo este tipo de estudios.

El tipo de **alimentación** del pescado es clave en sus contenidos en mercurio y el origen de las diferencias entre zonas de una misma especie. Un ejemplo de esto es que las especies de acuicultura presentan generalmente menores contenidos que las especies salvajes debido al control de alimentación y la calidad de los piensos (Minganti, 2010; Branco-Vasco, 2007).

### **3.2. Datos presentes e interpretación.**

Son numerosos los artículos científicos que recogen datos sobre la presencia de mercurio en distintas especies; aunque son de destacar las revisiones y ciertos artículos que acumulan una mayor cantidad de datos e introducen algunas evaluaciones a mayores. Son muy interesantes los datos del estudio de Adams y colaboradores en el 2003, donde se exponen valores medios de una gran cantidad de especies adecuadamente identificadas y clasificadas procedentes de las costas de Florida. Growth E. en el 2009 realizó una clasificación de las distintas especies en seis grupos, en función de la concentración de mercurio (Datos de la FDA) añadiendo información relativa a su presencia en el mercado (datos import/export) y grado de contribución relativa a la ingesta. La clasificación determina aquellas especies con muy bajos niveles (<0.01-0.043 ppm) entre las que se encuentran tilapias, salmón, truchas y salmonetes; niveles inferiores a la media (0.044-0.086) con especies como el abadejo, catfish, peces planos, arenques y bocartes, y caballa; niveles superiores a la media (0,087-0.172 ppm) entre los que se encuentran merluzas, bacalao, rape y el atún claro en conserva; niveles moderados (0.173-0.344 ppm) donde destacan la anjova, corvinas y lubinas, gallineta, pez cinto y fletán; niveles altos (0.345-0.688 ppm) con la mayor parte de los túnidos, albacora en conserva, serránidos, marlín y reloj anaranjado; y finalmente las especies con niveles muy altos (> 0.688 ppm) como son el pez espada, los tiburones, carité y el blanquillo. En el documento figuran algunas especies de especial importancia en los EEUU así como están ausentes muchas otras con mayor tradición de consumo en Europa aunque supone una buena referencia; ya que los niveles expuestos y la clasificación realizada es consistente con el global de los niveles aportados a nivel bibliográfico.

Los datos que manejan las administraciones en muchas ocasiones no son equivalentes ya que dependen en medida de los datos que hayan recogido por cada una de ellas. En una publicación reciente (Karimi, 2012), se pone de manifiesto las diferencias en los niveles medios que consideran las administraciones para cada una de las especies o grupos de especies. Además Karimi reporta que se encuentran importantes diferencias entre peces de acuicultura y salvajes, y recomienda renovar las bases de datos que sirven de referencia en la administración americana (FDA).

Paralelamente, en la última evaluación de la EFSA acerca del mercurio en pescados, se recogen los niveles en distintas especies y grupos de especies (FoodEx Level 3); siendo esta clasificación en algunos casos poco específica, como ocurre para el atún; donde se agrupan todas las especies bajo una misma categoría. En otros casos, sí se avanza hasta la categoría de especie, incluso en pescado de bajo peso en el mercado, pero recopilando una cantidad escasa de datos. Como se detallará posteriormente, esta falta de homogeneidad en esta clasificación y el encaje de con los valores de consumo afectan a la propia evaluación.

Fish species <sup>(a)</sup> , FoodEx Level 3	N	% LC	Mean		
			LB	MB	UB
Anchovy	110	33	73	83	92
Angler fish	61	30	186	195	204
Barbel	10	0	211	211	211
Barracuda	1	0	340	340	340
Bass	78	10	199	203	206
Bonito	25	8	580	583	586
Bream	253	11	224	225	226
Capelin	11	82	2.0	5.0	8.0
Carp	338	5	55	55	55
Char	8	0	32	32	32
Cod and whiting	1 308	18	91	94	96
Dentex	3	0	2 019	2 019	2 019
Eel	487	2	177	178	178
Flounder	23	17	85	91	97
Garfish	3	0	1 180	1 180	1 180
Grenadier	3	0	104	104	104
Grey mullet	52	23	152	159	167
Grouper	2	0	195	195	195
Gurnard	4	25	103	109	116
Hake	131	16	130	136	142
Halibut	1 713	0	209	209	209
Herring	1 272	0	36	36	36
Jack mackerel	3	0	127	127	127
John Dory	6	0	302	302	302
Lizardfish	2	0	611	611	611
Luvarus	1	0	590	590	590

Fish species <sup>(a)</sup> , FoodEx Level 3	N	% LC	Mean		
			LB	MB	UB
Mackerel	1 348	5	106	108	109
Meagre	2	50	145	170	195
Perch	423	0	165	165	165
Pike	267	0	394	394	394
Plaice	194	2	64	64	65
Ray	32	3	229	229	230
Redfish	221	0	189	189	189
Roach	17	0	122	122	122
Salmon and trout	1 741	7	31	33	35
Sardine and pilchard	399	18	32	38	44
Scorpion fish	1	0	422	422	422
Sea bass	10	0	300	300	300
Sea catfish and wolf-fish	67	54	103	109	114
Shad	1	0	173	173	173
Shark	272	11	688	691	695
Smelt	2	0	325	325	325
Sole	49	24	69	77	84
Sprat	107	1	21	21	21
Sturgeon	4	50	40	52	65
Swordfish	264	5	1 210	1 212	1 214
Tuna	849	5	286	290	291
Turbot	4	0	62	62	62
Weever	11	0	763	763	763
Whitefish	37	16	77	85	93
Wrasse	12	0	511	511	511
Fish meat, unspecified <sup>(c)</sup>	1 502	10	279	280	280
Fish meat, overall <sup>(d)</sup>	12 235	10	164	166	168

Tabla 3. Clasificación (FoodEx level 3) y niveles de Hg total ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) en las distintas especies de pescado (Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. EFSA Journal 2012;10(12):2985. Pag.32-33.)

A modo comparativo, en el Anexo I se exponen los datos los presentes en la FDA, FSA y EFSA, junto con los datos propios de ANFACO-CECOPESCA, realizando una clasificación de las especies en función de sus contenidos en mercurio Anexo I. Algunas de las especies se han agrupado en categorías mientras que en otras se citan especies individuales. Para ello se han utilizado criterios taxonómicos, de carácter comercial y en función de los niveles presentes frecuentemente en los distintos grupos. Existe en ocasiones determinadas especies dentro de un grupo que conviene destacar, mientras que en otros casos debido a que suelen presentar unas características más homogéneas en los criterios anteriores, se agrupan de manera conjunta.

En el anexo I se puede ver que existen excepciones en la vigente legislación de europea de contaminantes en alimentos (Regulation (EC) Nº 1881/2006) para algunas de las especies catalogadas con niveles bajos, mientras que para otras con niveles mayores se es más estricto. Algunas de estas excepciones quizás debieran ser revisadas puesto que es probable que puedan estar basadas en datos poco representativos o locales. Una interpretación de los niveles presentes en función de las distintas fuentes nos permite clasificar las especies en la siguiente pirámide de riesgo.



Figura 3: Clasificación piramidal de las especies y grupos de especies en función de los contenidos medios de mercurio observados.

Un factor a destacar es que los peces de acuicultura suelen presentar valores reducidos frente a la misma especie del medio salvaje, y esta salvedad debiera ser tenida en cuenta en la evaluación del riesgo.

Tal y como se puede ver en el Anexo II, por lo general se puede decir que existen una serie de grupos de especies que apenas presentan riesgo al contener unos niveles de **mercurio bajos (<0,15)**. Entre estas se encuentran los **pequeños pelágicos** (clupeidos, engráulidos, carángidos de pequeño tamaño, caballas, mújiles), **espáridos** (besugo, mojarra, dentón, dorada, sargo, etc..) y la mayoría de las especies de **peces planos, gádidos, merlúcidos, salmónidos, rapes, lubinas y corvinas, anguilas**, etc.; siendo especies que en conjunto suponen un porcentaje muy alto en la ingesta total de pescados.

Existe un segundo grupo de especies, con un peso menor en el consumo que suelen presentar unos **niveles ligeramente mayores** aunque lejos de los límites establecidos en la legislación; como son **las rosadas, róbalo de profundidad, rayas, peces cinto, anjovas, palometas, reloj anaranjado**, y algunos carángidos de mayor tamaño como es el **pez limón**.

Se podría establecer un tercer grupo en el que se encuentran determinadas especies depredadoras con niveles ligeramente más alto que los anteriores pero con unos consumos muy reducidos como son **barracudas, meros, llampuga, cobia, lucios, escolares, luvaro, o gitana**.

Existen especies que parecen tener consumos altos en otros países y que presentan niveles significativos en algunas zonas de pesca; como es el caso del **blanquillo, algunos siluros, carité, y guajo**.

Un grupo sobre el que cabe detenerse es el de los **túnidos**; ya que combina especies con niveles bajos y moderados. Además existen unos consumos muy elevados de productos procesados del atún; por lo que debido a su importancia es conveniente ser realmente específico en su análisis. Una de las especies señaladas últimamente como “peligrosa” es el

**atún rojo**; el cual se consume principalmente no procesado, aunque los consumos de productos desecados/salazonados y conservas también deben entrar en el análisis incluyendo sus respectivos factores de transformación. Los datos presentes en ANFACO-CECOPECA de esta especie corresponden a individuos engordados en medio abierto con una dieta controlada; y presentan concentraciones medias de mercurio de  $(0,39 \text{ mg/kg})$ . Es probable que en ejemplares de pesca extractiva estos valores medios se viesen ligeramente incrementados, aunque en este punto tendrá gran importancia con seguridad los tamaños comercializados.

Existiría un pequeño grupo de especies que incluiría **bonitos, melvas, bacoretas y atún listado** que contienen niveles inferiores a la media de los túnidos  $(<0,20 \text{ mg/kg})$  y que, debido a su presencia en la dieta, como es el caso de la última de las especies en formato conserva, debiera analizarse separadamente. En este mismo sentido, no debieran considerarse las conservas de escómbridos (caballas, melvas, bacoretas, Gro. *Thunnus*,..) en su conjunto, ya que hay una enorme variabilidad interna en los niveles presentes.

El atún claro en conserva, un producto muy importante, se elabora con las especies **rabil/yellowfin** (*Thunnus albacares*)  $(0,45 \text{ mg/kg})$  y **patudo** (*Thunnus obesus*) La primera de ellas es la mayoritaria en este tipo de productos y contiene unos niveles medios inferiores a los de la segunda  $(0,45 \text{ mg/kg})$ . En cualquier caso es importante definir el factor de transformación para este tipo de productos para el cálculo de la exposición real.

El **albacora** (*Thunnus alalunga*) presenta una concentración media de mercurio en producto congelado de  $0,30 \text{ mg/kg}$ . Aunque su consumo en formato no procesado es mayor que para otras especies de túnidos, es de importancia conocer el factor de transformación relativo a los productos en conserva ya que tienen una presencia muy destacada en el mercado.

Existen dos grupos de especies que presentan niveles medios altos  $(> 0,50 \text{ mg/kg})$  y aunque no alcanzan los niveles de consumo de otros productos pesqueros, son relevantes en algunos mercados. Se trata del **pez espada, marlines y peces vela**, así como **los tiburones**.

Los valores encontrados en otros productos marinos; como **bivalvos, cefalópodos, gasterópodos marinos, crustáceos**, así como en **algas y equinodermos** son muy bajos. Además existe el factor añadido que a diferencia de los peces, la proporción de mercurio orgánico es considerablemente más baja, tal y como se comentará con posterioridad. En cualquier caso, estos tipos de productos marinos están sometidos a los factores de variabilidad anteriores; y pueden darse algunos valores en algunos tipos específicos de productos para los cuales los valores medios de la categoría en los que se les ha englobado (crustáceos), no sean representativos. Este es el caso del buey de mar o de los carabineros; ya que según los datos presentes en ANFACO-CECOPECA presentan unos niveles de mercurio más elevados  $(0,13 \text{ y } 0,28 \text{ respectivamente})$ .

### 3.3. Ratios metilmercurio vs. mercurio total.

La mayor importancia a nivel toxicológico de las fracciones orgánicas del mercurio ha sido bien documentada en la literatura científica en comparación con formas inorgánicas. En pescados la proporción de mercurio orgánico (CH<sub>3</sub>-Hg) respecto del mercurio total es alta (generalmente 80-100%), con valores menores para moluscos y crustáceos (generalmente entre 50-80%); aunque diferencias importantes pueden aparecer entre especies. Existe un mayor número de datos sobre estos ratios a nivel bibliográfico para las especies con mayores contenidos; sin embargo es necesario disponer de mayores datos para otras especies que aunque con contenidos de mercurio total menores, pueden presentar importancia por sus altos consumos.

En los datos aportados para la evaluación de la EFSA en el 2012, el mercurio orgánico fue superior al 80% del mercurio total para 4 de cada 5 muestras estudiadas de pescado. Una buena recopilación de valores de este parámetro se pueden encontrar en el Anexo B de este documento (EFSA, 2012). Para el cálculo de la exposición se tomaron criterios muy conservadores, considerando que:

- El ratio en pescados es de un 100%, al que se añade un 20% por la posible infravaloración toxicológica del mercurio inorgánico presente.
- En crustáceos y moluscos se tomó una proporción del 80% de metilmercurio, al que igualmente se añade un 50% de mercurio inorgánico.

Según ha sido reportado por Chen, 2007, en un gran número de muestras de pez espada tanto del océano Atlántico como del Índico, se encontró un ratio medio CH<sub>3</sub>-Hg / Hg total del 81%. Igualmente, de los datos que se extraen del documento del grupo de trabajo del CODEX sobre este tema, se puede ver que en las especies estudiadas (albacora, patudo, bacalao, eglefino, listado, rabil, Alfonsino, atún rojo, tiburones, striped marlín, y espada), presentan valores entre el 70-100% y se obtiene una correlación muy buena (R<sup>2</sup>=0.985) entre los valores de CH<sub>3</sub>-Hg y Hg total con un ratio del 83,7%. Para obtener esta correlación se tuvo que excluir al blue marlín pues su comportamiento respecto a este factor fue completamente distinto; con ratios que oscilan enormemente entre el 10-70% y con un valor medio calculado del 23%.

	N	min (%)	Max (%)	Average (%)	Median (%)	SD
Albacore	125	70	100	85	85	6.4
Bigeye tuna	135	71	100	87	88	5.6
Cod	120	63	100	84	83	11
Pollock	120	33	100	86	89	15
Skipjack tuna	123	50	100	83	85	10
Yellowfin tuna	125	67	100	86	88	7.6

Alfonsino	120	63	98	83	84	7.5
Bluefin tuna	255	71	100	86	86	6.4
Blue marlin	120	22	75	30	23	23
Shark	120	79	100	89	89	4.5
Southern bluefin tuna	240	63	100	86	88	7.6
Striped marlin	120	70	100	85	85	6.3
Swordfish	120	67	98	85	85	6.7

Tabla 4. Ratios me-Hg/ Hg total ( Fuente: eWG Codex)

Esta proporción para cada una de las especies pueden variar igualmente en función de la zona considerada del cuerpo. En pulpos se detectó que aunque los niveles en la glándula digestiva eran mayores, este ratio era más bajo (57%) que para el caso del manto (102%) (Raimundo, 2010).

#### **4. EL SELENIO Y SU INTERACCIÓN CON EL MERCURIO EN LOS PRODUCTOS DE LA PESCA Y LA ACUICULTURA.**

##### **4.1. Importancia del selenio en la dieta**

El selenio es un **componente natural de la dieta** estando presente **principalmente en pescado**, vísceras, huevos y ciertos frutos secos. Prácticamente la totalidad de los alimentos procedentes del mar son fuente de selenio; de hecho de los 1100 alimentos recogidos en la base de datos nutricional del Departamento de Agricultura de los EE.UU, 17 de los 25 alimentos con mayores contenidos en selenio son pescados, moluscos o crustáceos, y **en especial, en pez espada y atún** (Olmedo, 2013).. La ingesta media de selenio en adultos en Europa está en el rango de 24-89 µg/día, siendo la cantidad diaria recomendada de selenio a través de la dieta de 55 µg/día (Reglamento (UE) Nº 1169/2011).

El Selenio tiene un importante papel en los **tejidos cerebral y endocrino**. Todas las formas de vida animal que presentan sistema nervioso cuentan con enzimas dependientes de selenio que utilizan selenocisteína para efectuar el control de importantes procesos antioxidantes y redox. Estas funciones son indispensables, en especial en el cerebro, donde se requiere para la **protección contra el daño oxidativo** que pueden provocar los metabolitos reactivos al oxígeno (Berry y Ralston 2008) y **también ante enfermedades cardiovasculares y cáncer** (Flores-Mateo 2006, Greenwald 2007, Olmedo 2013; Ganther 1978, en Mozaffarian 2009).

#### **4.2. Interacción selenio – mercurio y efecto protector del selenio.**

Los **efectos antagonistas del selenio respecto de la toxicidad inducida por el mercurio** fueron introducidos por primera vez por Parizek y Ostadalova (1967) y han sido confirmados por un gran número de grupos de investigación.

Algunos autores (Civin-Aralar, 1991; Endo, 2005) describieron que los mamíferos marinos presentan niveles de mercurio elevados (pudiendo alcanzar los 40 mg/kg), sin embargo no presentan signos aparentes de toxicidad asociada, debido al elevado contenido en selenio, por lo que la presencia conjunta de estos elementos puede tener un efecto protector (Endo, 2005). Esta afinidad entre ambos elementos es también la razón de que la velocidad de asimilación y eliminación de mercurio y selenio del organismo es más baja cuando ambos compuestos están presentes conjuntamente.

Numerosas investigaciones evidencian que el selenio protege contra la toxicidad del mercurio en ratas, ratones, y codorniz, así como en líneas celulares humanas (Mozaffarian, 2009). Sin embargo, es **necesario realizar estudios** en los que se efectúe **la especiación del mercurio** a la hora de interpretar el **efecto protector del selenio** (Khan y Wang 2009, Lemes y Wang 2009, en Burger 2012), en particular cuando se trata de mamíferos (Lemes 2011, en Burger 2012).

Se ha comprobado en un experimento clínico a pequeña escala que en sujetos con baja ingesta de Selenio, los niveles de mercurio en pelo se redujeron una tercera parte cuando se les suministró un suplemento de selenio, durante 4 meses (Seppanen 2000, en Mozaffarian 2009). Paralelamente, se evidencia que ratas sometidas a idénticos niveles de metilmercurio presentaban una toxicidad inversa a la cantidad de selenio presente (Ralston, 2007).

Los principales mecanismos de interacción entre mercurio y selenio que se han propuesto son:

- **Redistribución del mercurio**

Se cree que la redistribución del mercurio de un órgano a otro, y de una fracción subcelular a otra es uno de los mecanismos involucrados en la acción protectora del selenio.

Varios estudios muestran que el selenio promueve la redirección del mercurio desde órganos más sensibles, como el riñón, a otros menos sensibles, como el músculo.

En la fracción subcelular, el mercurio puede encontrarse unido a metalotioneínas. El selenio puede producir una alteración del perfil proteico, favoreciendo la formación de moléculas de elevado peso molecular, lo cual sugiere que el selenio bloquearía esta unión. Se ha descrito además la posible inducción de la liberación del mercurio enlazado a proteínas.

En ratas, la co-administración de selenio alivia la disminución en los niveles de actividad glutatión-S-transferasa en plasma e hígado inducida por mercurio (Goyer 1995 en Mozaffarian 2009). Dicha protección podría deberse además al efecto directo del selenio en la cinética y metabolismo del mercurio.

- Formación de complejos mercurio-selenio.

La toxicidad del mercurio se debe en gran medida a su unión con los grupos sulfuro de las proteínas. Sin embargo, la afinidad de unión entre el mercurio y el selenio es un millón de veces mayor que la afinidad entre el mercurio y los grupos sulfuro (Cuvin-Aralar y Furness 1991, Chapman y Chan 2000, en Berry y Ralston 2008). El mercurio y el metilmercurio se unen de modo irreversible a las selenoenzimas, bloqueando su función (Watanabe 1999, Carvalho 2008, en Burger 2012).

La selenoproteína P ha sido identificada en plasma y permite la formación de un complejo equimolar Hg-Se-proteína, que podría desempeñar un papel importante en la prevención de la toxicidad aguda ocasionada por el mercurio inorgánico mediante su unión al mercurio, y así, previniendo que alcanzase ciertos tejidos diana. Por su parte, el metilmercurio en mamíferos sufre un proceso de demetilación y puede experimentar los mismos mecanismos. También se ha evidenciado que el metilmercurio como tal forma un complejo con selenio, sugiriéndose que este mecanismo, mediado por glutatión, ejerce un papel muy importante en el efecto protector del selenio frente a la toxicidad del metilmercurio (Cabañero 2005-tesis). Se desconoce si los procesos de formación de ambos complejos suceden simultáneamente o son mutuamente excluyentes.

Aunque se ha sugerido que **un exceso de selenio protege contra la toxicidad del mercurio**, a una **relación molar selenio:mercurio superior a 1** (Ralston 2008, Peterson 2009a,b, Sormo 2011), existe una controversia en cuanto a qué valores de dicha relación molar protegerían contra los efectos nocivos del mercurio. Esta hipótesis está apoyada por otros trabajos en los que se observó toxicidad cuando existe un exceso molar de mercurio respecto al selenio en el tejido afectado (Cuvin-Aralar y Furness 1991, Chapman y Chan 2000, en Berry y Ralston 2008). A pesar de que este índice se ha propuesto como un valor importante a utilizar en la caracterización del riesgo, estudios recientes muestran la dificultad de su aplicación, debido a la variación inter- e intra-específica.

- Conversión de las formas tóxicas de mercurio en otras formas menos tóxicas.

La interacción entre el mercurio y el selenio depende de la forma en que se encuentran ambos elementos (Dang y Wang 2011, Sormo 2011, en Burger 2012).

En numerosos estudios se ha sugerido que la conversión de metilmercurio a mercurio inorgánico se ve favorecida por la presencia de selenio. Esta hipótesis se ve reforzada por los niveles tóxicos de mercurio y selenio hallados en animales que no mostraban ningún síntoma de contaminación por mercurio o selenio. Se observó que en cerebro e hígado de ratas la demetilación del metilmercurio se veía favorecida por la presencia de selenito sódico.

En estudios in vitro, existe discrepancia entre los resultados de distintos autores. La efectividad del selenio procedente del pescado para detoxificar el mercurio se ha comparado con la efectividad del selenio inorgánico, mostrando el mismo efecto protector en ratas expuestas a metilmercurio en cuanto a los índices de crecimiento, disminución de pérdida de peso y de mortalidad. Sin embargo, el selenito fue más efectivo que el selenio procedente del atún en la prevención de manifestaciones neurológicas de la toxicidad del mercurio (Turner 1983 en Cabañero 2005 tesis). Por otra parte, **los compuestos orgánicos de selenio parecen ser más efectivos que las formas inorgánicas** en la prevención de la acumulación del mercurio en los órganos diana. Existe una variedad de estudios con diferentes resultados en cuanto a la efectividad de las distintas formas químicas del selenio frente a los efectos tóxicos del mercurio en distintas especies. Este hecho está indicando la posible existencia de distintos mecanismos de actuación.

La forma química del selenio, la ruta de administración (inyección o administración oral) y la cantidad de selenio administrada influyen en los posibles efectos del selenio ante la toxicidad del metilmercurio. Así, **el selenito reducido degrada el metilmercurio a formas inorgánicas, menos tóxicas** (Iwata 1982, en Mozaffarian 2009). Adicionalmente, el selenito reducido se enlaza al mercurio y a la selenoproteína P del plasma para formar un complejo ternario (Sasakura 1998 en Mozaffarian 2009), aunque el significado biológico no está claro.

Además, se ha visto que la disponibilidad de la forma de selenio biológico (**selenometionina**) para reaccionar con metilmercurio es menor que la del selenito (Magos 1984 en Beyrouy y Chan 2006). Se vio que la forma orgánica de selenio incrementaba los niveles de mercurio en sangre e hígado, confirmando así una interacción con mercurio.

Estudios con ratas revelaron que el selenio y la vitamina E administrados conjuntamente aumentaron de modo significativo la supervivencia post-natal frente al metilmercurio (Beyrouy y Chan 2006).

Esta interacción del mercurio con las especies de selenio se ve también afectada por la forma química del propio mercurio. El empleo de distintas formas de mercurio y de selenio permite evaluar su interacción mutua durante la absorción intestinal, aunque

las interacciones entre los distintos compuestos de selenio-mercurio son extremadamente complejas y no se ha conseguido su dilucidación (Cabañero 2005-tesis). Además, la presencia de otros elementos y compuestos pueden modificar las interacciones.

- Prevención del daño oxidativo

El selenio es un componente intrínseco de la glutatión peroxidasa y el mercurio ejerce una acción inhibitoria sobre esta enzima, lo cual podría explicar en parte el efecto tóxico en hígado y tejido nervioso. El tratamiento con selenio podría paliar dicho efecto asegurando la integridad de los componentes biológicos de células y tejidos vía antioxidación, lo cual explicaría también los efectos protectores de la vitamina E, agente antioxidante, frente a la toxicidad del metilmercurio.

A través de ensayos realizados sobre cultivos celulares y sobre animales de experimentación, se muestra que el efecto nocivo de la exposición a metilmercurio sobre las selenoenzimas se produce como resultado de la interacción Se-Hg, lo cual podría explicar el daño oxidativo que se atribuye al metilmercurio (Beyrouthy 2006, Cabañero 2007, Pinheiro 2009, Ralston 2009, en Burger 2012).

Una de las formas orgánicas en la que se encuentra el selenio en el organismo de los peces, la selenoneína, ha sido descubierta y estudiada recientemente (Yamashita et al. 2010; Yamashita et al. 2013). A diferencia de otros compuestos del selenio, como la selenocisteína, selenometionina y selenita, que pueden resultar altamente tóxicos, la selenoneína podría ser no tóxica, y tener un papel muy importante como antioxidante en tejidos y células animales (Yamashita 2010). Se ha demostrado in vitro el papel que tiene la selenoneína en la detoxificación del metilmercurio, en líneas celulares humanas o en células de hígado de tortuga marina (Anan et al. 2011) y por otra parte, in vivo, en el organismo de peces modelo como el pez zebra (Yamashita et al. 2013). Sin embargo, destaca la necesidad de estudios científicos detallados sobre los mecanismos y los tipos de interacción de la selenoneína in vivo con el mercurio inorgánico y el metilmercurio y los distintos compuestos y complejos que se forman durante dichas interacciones así como sobre los vehículos de distribución de la selenoneína a través de la cadena alimentaria y su acumulación en el organismo.

**4.3. Estudios de exposición en humanos:**

Además de los modos de interacción específica entre el mercurio y el selenio, los estudios referentes al efecto del selenio procedente de la dieta con la toxicidad del metilmercurio muestran conclusiones interesantes (Raymond, 2004). En los estudios llevados por Clarkson y colaboradores de la Universidad de Rochester (resumidos por Myers, 2000) se destaca que en

los estudios clínicos llevados a cabo en Samoa, Perú, y Seychelles, no se encontraron evidencias de que el consumo elevado de pescado provoque daños en la salud tanto en niños como en adultos. Se añade que, conocidos los efectos neurotóxicos del metilmercurio, debe existir un agente en el pescado que neutralice estos efectos tóxicos. A mayores, en los estudios de Seychelles parece que el consumo de pescado no sólo no es perjudicial sino que presenta efectos beneficiosos para el desarrollo infantil. Únicamente los estudios llevados a cabo en las Islas Feroe evidencian resultados adversos; pero en este estudio buena parte de la dieta estaba constituida por mamíferos marinos (ballenas depredadoras) las cuales pueden presentar niveles de mercurio superiores a 500 mg/kg; y a diferencia del pescado estos niveles más altos no se correlacionan con incrementos en los niveles de selenio en músculo llegando a ratios molares Hg:Se entre 1,3 y 2,6 (Endo, 2005).

Estudios epidemiológicos evidencian de un modo indirecto la posible acción protectora de la ingesta de selenio ante la toxicidad cardiovascular del mercurio (Buettner 2003 en Mozaffarian 2009). La exposición al mercurio se ha asociado al riesgo cardiovascular en la población europea con una baja ingesta de selenio, pero no en la población de Estados Unidos, con una ingesta de selenio superior (Mozaffarian 2009). Sin embargo, el único estudio prospectivo que evaluó directamente esta posible interacción, reveló que los niveles de selenio no modificaron de un modo significativo las relaciones entre mercurio y enfermedad coronaria, siendo objetable la idoneidad del estudio estadístico aplicado (Mozaffarian 2009).

Los estudios in vitro y la experimentación en animales sugieren que el selenio puede proteger contra la toxicidad del mercurio, pero no está claro si estos hallazgos son relevantes en el ser humano. Es importante determinar si la ingesta de selenio previene la potencial toxicidad cardiovascular del mercurio para la caracterización del riesgo del consumo de pescado en diferentes localizaciones geográficas, y para las posibles recomendaciones acerca de la ingesta de selenio (Mozaffarian 2009).

La importancia de considerar el selenio y no solamente los niveles de mercurio presentes estos estudios ha sido resaltada por Ralston en el 2008, en un trabajo donde toma una serie de casos de exposición de la población al mercurio, entre los que se encuentran los anteriores, y observa que; los efectos tóxicos detectados o ausentes se explicaban por los ratios molares Hg:Se presentes.

#### **4.4. El parámetro Se-HBV:**

Dada la importancia de incluir el selenio en la valoración del riesgo de los alimentos debido a la presencia de mercurio y/o metilmercurio, Kaneko y Ralston en el año 2007 propusieron un nuevo parámetro, el **Selenium Helth Benefit Value (Se-HBV)** que considera tanto los contenidos de estos elementos como las proporciones relativas de ambos.

$$\text{Se-HBV} = [(\mu\text{mol Se/kg}) \times (\text{Se/Hg})] - [(\mu\text{mol Hg/kg}) \times (\text{Hg/Se})]$$

La utilidad de este parámetro es que es fácilmente interpretable; de manera que los valores positivos indican seguridad y valor nutricional, mientras que valores negativos un cierto nivel de riesgo. La magnitud del valor es igualmente importante en la valoración. Una adaptación de este estimador sería el considerar los valores de metilmercurio en lugar de los valores de mercurio total. Una relación molar Se:Hg superior a 1 y un índice Se-HBV positivo serían lo óptimo (Ralston 2008, en Olmedo 2013). En la mayor parte de las especies de pescados y mariscos se obtuvo un balance positivo de estos índices; sin embargo, en especies como tiburones este balance resultó ser negativo (Olmedo 2013, Kaneko y Ralston 2007).

#### **4.5. Niveles de selenio en pescado y ratios Se:Hg.**

En la actualidad, además de cuestiones nutricionales, debido al reconocimiento de la importancia del selenio en la evaluación de la problemática del mercurio en la dieta, son numerosos los artículos al respecto que incluyen contenidos en selenio en los productos pesqueros. Igualmente suelen ser recurrente la presentación de los ratios molares Hg:Se o Se:Hg, como un parámetro a tener en cuenta. Por último, es de destacar que el indicador de Se-HBV propuesto por Kaneko y Ralston en el 2007 viene cobrando más aceptación e interés por parte de la comunidad científica.

Un resumen de datos de los niveles de selenio, ratios Se:Hg y valores de Se-HBV procedentes de una gran variedad de fuentes bibliográficas se documentan en el anexo III.

Entre los trabajos más antiguos encontrados con valores de interés que se destacan están los de Mackay, 1975 donde se citan los valores de selenio y mercurio en marlín (*Makaira indica*) y el de Luten, 1980 en el que se recopilan los valores de mercurio, metilmercurio y selenio en varias especies, tanto en hígado como en músculo.

Una recopilación de datos en un mayor número de especies y productos fue incluida por Plesi, 2001; donde además se incluyen los ratios Se:Hg. Quizás la investigadora que aglutina un mayor número de trabajos sobre los contenidos y relación Se:Hg es Burger (2004,2005,2011,2012,2013); principalmente en especies de las costas de USA o comercializados interiormente. Son también muy destacables los artículos de Shirichawal, 2005 y Miklavcic, 2011,2013; con valores de pescados comercializados en Tailandia y Eslovenia respectivamente. Kaneko, 2007 recopila una gran cantidad de datos de grandes pelágicos procedentes de Hawaii, valorando su riesgo alimentario tomando como referencia los ratios Se:Hg y el valor de Se-HBV para cada una de ellas.

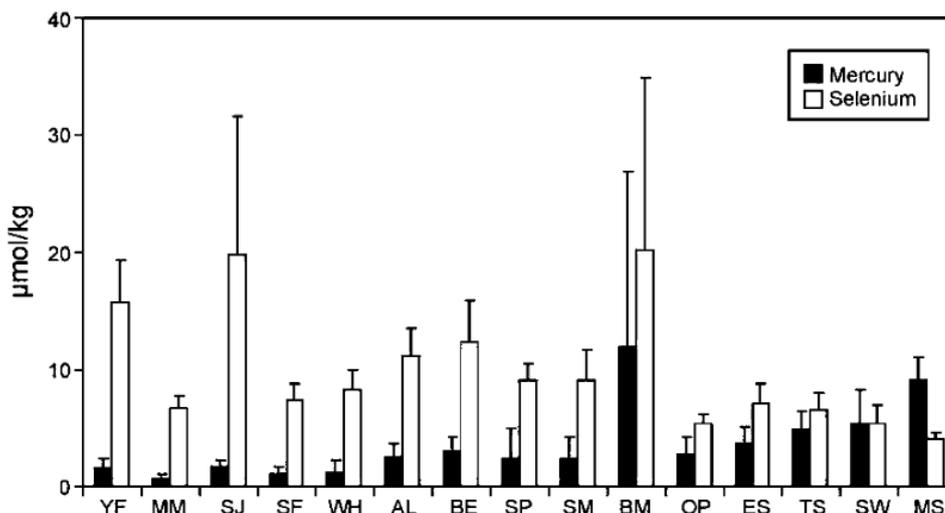


Fig. 1 Molar concentrations of mercury and selenium in fish species. Data are expressed as means  $\pm$  standard deviations. *YF* yellowfin, *MM* mahimahi, *SJ* skipjack, *SF* spearfish, *WH* wahoo, *AL* albacore, *BE* bigeye, *SP* sickle pomfret, *SM* striped marlin, *BM* blue marlin, *OP* opah, *ES* escolar, *TS* thresher shark, *SW* swordfish, *MS* mako shark

Figura 4: Niveles de selenio y mercurio total presentes en grandes peces. (Kaneko & Ralston, 2007).

Branco-Vasco, 2007 en su trabajo sobre pez espada y tintorera, demostró que puede existir cierta variabilidad en los valores dependiendo de la zona de captura y la zona de acumulación en el cuerpo del animal (hígado, estómago, músculo). Endo, 2005 realiza una revisión de estos niveles y correlación entre ambos en distintos mamíferos marinos consumidos en Japón.

Ralston, 2010 comprobó que por lo general los niveles de selenio son mayores en peces marinos que en especies de agua dulce. Kehrig, 2013 observó que los niveles de mercurio crecen con el tamaño del pescado para todos los niveles de la cadena trófica, pero para el caso del selenio no ocurre lo mismo.

A nivel nacional son muy destacables los trabajos de Cabañero, 2004, 2005, 2007; y los que se incluyen dentro de su tesis doctoral relacionada con este tema. Una recopilación muy interesante de niveles de microelementos entre los que se encuentra el selenio, en las principales especies consumidas en España en sus diversos formatos fue publicada por Olmedo, 2013 de la Universidad de Granada. Además se documentan los ratios Se:Hg derivados y el cálculo de Se-HBV.

Los valores de selenio en productos pesqueros suelen estar entre 0,1 y 0,8 mg/Kg. Existen algunas diferencias entre los distintos tipos de especies; destacando los valores en túnidos, pez espada y marlines, en algunos grupos de bivalvos (venéridos y solénidos) y en el grupo de las langostas, bogavantes, cigalas, etc....

Según se puede observar en los datos que figuran en el anexo III, la relación molar selenio:mercurio (Se:Hg) es superior a 1:1 en la gran mayoría de los casos, siendo muy alta en

los moluscos y crustáceos. Este valor toma únicamente valores inferiores a 1 cuando los niveles de mercurio son elevados y no se correlacionan con un incremento en los niveles de selenio. Esto ocurre para el caso de los tiburones, donde figuran valores inferiores a 1:1 y consecuentemente valores de Se-HBV negativos.

Es importante destacar que aunque en individuos de acuicultura los niveles de mercurio se ven disminuidos respecto a los de pesca extractiva, debido a una alimentación controlada, los niveles de selenio en estos alimentos deben ser suficientes para no provocar alteraciones en este ratio. Quizás sea ésta la razón de los valores de Se-HBV negativos reportados por Olmedo, 2013 para dorada de acuicultura

### **Correlación mercurio:selenio.**

Mackay, 1975 reportó que existe una correlación entre los niveles de mercurio y selenio en black marlín y que estos niveles están correlacionados igualmente con la talla del pescado. Sin embargo, los datos aportados por Plesi, 2001 en un conjunto mayor de especies muestran que los valores de mercurio varían más ampliamente que los de selenio entre las especies y que esta correlación, bien no es tan clara o no está presente. Igualmente, Burger, 2005 no encontró una correlación en los valores de selenio y mercurio en yellowfin, anjova y platija. Endo, 2005, sin embargo, encuentra una correlación clara entre los niveles de estos elementos en el músculo de los mamíferos marinos.

Branco-Vasco, 2007 documentó la correlación entre el mercurio inorgánico y el selenio presentes en el hígado de pez espada y tintorera, reforzando las tesis anteriores (Storelli,2002; Endo,2005) acerca de la participación del selenio en la detoxificación del mercurio. Burger, 2011, encontró una correlación entre los valores mercurio y la talla de los peces para un gran número de especies, pero no ocurre lo mismo para el caso del selenio. El comportamiento de los niveles de selenio frente al mercurio mostró correlaciones negativas aunque con resultados ambiguos en la mayoría de las especies. A diferencia del mercurio, los niveles de selenio están más efectivamente regulados en el organismo. Los peces adultos (mayor talla) tienen una menor capacidad de eliminar mercurio y por lo tanto aumentan sus niveles, mientras que esto no ocurre para el caso del selenio (Burger, 2012). Es por esto que las correlaciones de Se:Hg respecto a los contenidos de mercurio total parecen ser negativas.

## **5. NIVELES Y CÁLCULO DE LA EXPOSICIÓN POR PARTE DE LA POBLACIÓN.**

Para el cálculo de la exposición es esencial disponer de datos específicos y de calidad tanto de los niveles de mercurio presentes en los alimentos (*occurrence data*), como de ingestas de estos alimentos por parte de los diferentes sectores de la población (*consumption data*).

### **5.1. Occurrence data.**

Los productos de la pesca son un grupo de alimentos que incluyen una enorme variedad de especies y productos. En esta variabilidad se incluye la geográfica con sus denominaciones locales para los productos; lo que dificulta a mayores recopilar toda esta información de las distintas fuentes.

En muchas ocasiones, a nivel comercial varias especies se agrupan bajo una misma denominación; ya que presentan unas características similares reconocidas por el consumidor. Debido a que sería inabarcable introducir en el estudio de exposición la totalidad de especies consumidas, se debe realizar una clasificación de las especies en grupos. Para esta clasificación es necesario atender a varios factores:

- Homogeneidad interna en los contenidos de la sustancia a evaluar (mercurio en este caso).
- Correspondencia categorías comerciales y datos de consumo.

Las evaluaciones de riesgo que se elaboran a nivel Europeo por parte de la EFSA, parten de una recopilación de datos de niveles presentes en los alimentos tras una convocatoria a las diferentes administraciones y centros de investigación. La Autoridad Alimentaria Europea debe asumir la incertidumbre en la calidad y fiabilidad de los datos aportados. Las conclusiones serán dependientes de la información que se maneje y por lo tanto es esencial poner a disposición de estas administraciones datos representativos que reflejen la situación real a la que está expuesta el consumidor.

En la anterior evaluación de la EFSA de un total de prácticamente 60.000 datos analíticos recopilados (21.539 de productos pesqueros), España únicamente aportó 206.

## **5.2. Consumption data.**

Los datos de consumo deben ser representativos y concisos, abarcando tanto el consumo en hogares como en restauración e incluyendo las diferencias geográficas, estacionales y las debidas a los diferentes grupos de la población. Esto se lleva a cabo a través de encuestas de consumo elaboradas y desarrolladas por la AECOSAN (España). Las encuestas que todavía se encuentran en ejecución y para las cuales existen algunos datos son la Encuesta Nacional de Ingesta Dietética Española (ENIDE) y la Encuesta en Población Infantil y Adolescente (ENALIA).

Previamente a la obtención de estos dos paquetes de datos, es necesaria una definición de los alimentos en cuestión. Para ello a nivel europeo existe el sistema el sistema de clasificación FOODEX; el cual presenta una organización jerárquica de los alimentos, con cada nivel inferior desarrollando los superiores de manera que:

- FoodEX1: Meat and meat products; Fruit and Frit products; **Fish and other Seafood**, Milk and dairy products; etc...
- FoodEX2: **Fish meat**; Fish products; Fish offal; Crustaceans; Molluscs; Amphibians, reptiles, snails and insects.
- FoodEX3: Incluye distintas especies y grupos de especies.

Cuando se intentan realizar valoraciones en el ámbito internacional (europeo), se ha constatado que resulta muy complejo aglutinar los datos desde las diferentes administraciones. De hecho el sistema FOODEX ha sido optimizado muy recientemente a un sistema FOODEX2 ya que se demostró que se generaban enormes divergencias. Sin embargo, la gran mayoría de los estudios de consumo utilizados actualmente están basados en el sistema FOODEX. En los últimos años la EFSA, en colaboración con las distintas administraciones nacionales, ha estado dando vueltas a este tema intentando generar una clasificación de los productos alimentarios homogénea que pueda utilizarse en las evaluaciones de riesgo (<http://www.efsa.europa.eu/en/datex/datexfoodclass.htm>). Es por esto que la UE a través de la EFSA está desarrollando un proyecto (EUMENU) donde se intenta definir los componentes de la dieta Europea.

Todavía se están adaptando los protocolos y metodologías para poder desarrollar una evaluación de riesgo ajustada a la realidad. La falta de homogeneidad y la imposibilidad de encajar adecuadamente los dos tipos de datos provoca unas fuentes de incertidumbre muy grandes. Cuando este problema se traslada al ámbito internacional, se pueden generar enormes divergencias en el cálculo de la exposición por parte del consumidor (Sand, 2013).

Dentro del proyecto RECOPE, ANFACO-CECOPESCA ha recopilado casi 12.000 datos, con un grado de detalle óptimo de un gran número de especies incluyendo las mayoritarias en el ámbito nacional. Aunque con ciertas limitaciones, estas especies se han clasificado en grupos con cierta homogeneidad interna en sus contenidos en mercurio, e intentando representar las diferentes categorías comerciales de productos pesqueros presentes en España.

Cuando se ha intentado emparejar estos datos con los derivados de las encuestas de consumo, hemos sido conscientes que las encuestas de consumo no recogen el grado de especificidad necesario para realizar una valoración acorde a la problemática del mercurio. Más aún, en nuestra opinión; la clasificación de los productos pesqueros con los datos de consumo adjuntos que se publicó en la página web de la AESAN, y retirada recientemente, presenta ciertas deficiencias que condicionan su utilización para estos objetivos (ver Anexo V)

A través de una carta preparada al respecto por ANFACO-CECOPESCA y CEPESCA se ha remitido a AECOSAN esta preocupación y la mano tendida, incluyendo la de la Secretaría General de Pesca, para una colaboración en la definición de los productos pesqueros en dichas encuestas, así como la solicitud de mayor detalle en los datos de consumo. Sólo de esta

manera se podría completar el trabajo llevada a cabo en el proyecto con un grado de calidad adecuado.

Paralelamente, dentro de las actividades de difusión de este proyecto, se ha realizado la presentación de un póster sobre este tema en el Simposium Europeo de Seguridad Alimentaria organizado por la International Association of Food Protection (IAFP) con el título “Factors for uncertainty in mercury risk evaluation of seafood consumption” (Anexo VI). En dicho congreso se han mantenido contactos con Cian O’Mahony ([www.cremeglobal.com](http://www.cremeglobal.com)), quien ha sido coordinador del proyecto FACET (FP7) ([http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/our\\_activities/food-cons-prod/chemicals\\_in\\_food/FACET](http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/our_activities/food-cons-prod/chemicals_in_food/FACET)). En dicho proyecto se proponen sistemas para el cálculo del riesgo alimentario debido a aditivos, saborizantes y sustancias migrantes de los materiales de envases. En conversaciones mantenidas, informó de la existencia de una herramienta (software) que podría ser utilizada igualmente para contaminantes en alimentos.

Sería de especial interés poder colaborar con este tipo de organizaciones, la industria y con las diversas administraciones para poder efectuar cálculos de la exposición más ajustados a la realidad. Esto sería posible gracias a la posibilidad de utilizar una mayor cantidad de información y detalle y a herramientas software que permitan su manejo.

## **6. BIOACCESIBILIDAD Y BIODISPONIBILIDAD**

Una estimación precisa de la exposición al Hg debe considerar estudios sobre aspectos como la bioaccesibilidad y la biodisponibilidad. La “Bioaccesibilidad” es la máxima fracción de una sustancia que puede liberarse del alimento a los fluidos gastrointestinales. Por otro lado, la “Biodisponibilidad” es la fracción de una sustancia que es absorbida a través del epitelio intestinal en la circulación sistémica y que está disponible para promover su acción biológica en el organismo. Se suele emplear el método de digestión in vitro, utilizando modelos celulares humanos y simulando las condiciones que tienen lugar en el tracto digestivo. Asimismo, existen algunos estudios en animales de experimentación, fundamentalmente roedores alimentados con dietas que contienen el elemento de interés y que se corresponden con los estudios in vivo.

Se sabe que, tanto la bioaccesibilidad como la biodisponibilidad de una sustancia, son parámetros que se ven afectados por el tipo y composición de alimento, interacción con otros compuestos, condiciones del tracto gastrointestinal y estado fisiológico del consumidor. En este contexto se ha realizado una recopilación bibliográfica observando que los datos publicados por distintos autores en relación a la bioaccesibilidad y biodisponibilidad del Hg y derivados son muy variables, dependiendo de factores como la especie de pescado, las condiciones usadas en las metodologías, digestión in vitro o in vivo, etc.

La mayoría de los estudios in vitro o in vivo usan la sal de cloro como cloruro de MeHg. Sin embargo, en el pescado, el MeHg forma un complejo con la cisteína, que probablemente

forme parte de un péptido o proteína (Harris, 2003) y éste difiere del cloruro de MeHg en términos de biodisponibilidad, distribución en los tejidos y toxicidad (EFSA, 2012).

Es necesario tener en cuenta, además, el complejo que forman con el selenio, un micronutriente esencial de diferentes enzimas que participan en la protección antioxidante de las células (Moreda-Piñeiro 2011). El selenio se incorpora al organismo principalmente a través de la alimentación; la forma más absorbible para el ser humano es la selenometionina (SeMet) (Levander 1987 en Moreda-Piñeiro 2011). El selenio se liga a metales tóxicos reduciendo potencialmente su toxicidad, se ha demostrado la formación de complejos de mercurio-selenio, plata-selenio y cadmio-selenio a través de la selenoproteína P del plasma (Yoneda y Suzuki 1997, Sasakura y Suzuki 1998 en Berry y Ralston 2008). En particular, el selenio podría ejercer un efecto protector ante el metilmercurio (Park y Mozaffarian 2010, en Olmedo 2013). El selenio es un elemento esencial a niveles traza, cuya deficiencia produce un estado carencial, siendo tóxico a niveles elevados. Los estándares internacionales indican un rango de selenio “adecuado” de 0.3-2 ppm, y en pescado se hallaron valores que en promedio no superan 1 ppm (Burger y Gochfeld 2005).

### **6.1. Estudios in vitro**

Es bien conocido el hecho de que muchas sustancias afectan al transporte y a la acumulación del Hg en las células intestinales: mucus, sales biliares, cisteína y otros componentes de la dieta como fibra, clorofilas, la matriz, la forma de cocinado o las condiciones experimentales (Vázquez, 2013)(Moreda, 2011). Asimismo, los microorganismos gastrointestinales puede convertir el MeHg en Hg inorgánico, aumentando o disminuyendo la bioaccesibilidad (Laird, 2009).

Se presentan a continuación las estimaciones en relación a los porcentajes de bioaccesibilidad y biodisponibilidad según diferentes autores y en distintas especies.

Se estimó la bioaccesibilidad del Hg orgánico, es decir, el porcentaje de Hg que es liberado a la luz gastrointestinal, en 5 especies de pescados: bacalao, platija, rodaballo, perca y arenque, obteniendo valores entre el 26 y el 62 % (Kwasniak, 2012).

Un estudio realizado con 20 especies de pescado en Hong-Kong pone de manifiesto que la bioaccesibilidad del Hg total y el MeHg estuvo comprendida entre el 21.4 y el 51.7% y entre 19.5 y 59.2%, respectivamente (Sheng Wang, 2013).

Otros autores señalan que la bioaccesibilidad, tanto del Selenio como del Hg, depende del tipo de pescado analizado, debido a la diferente eficacia en la degradación del alimento y la consecuente liberación de estos elementos. El porcentaje de bioaccesibilidad que se encontró en sardina, atún y pez espada fue bajo en relación a otros estudios, obteniendo el 17 % en pez espada, el 13 % en sardina y el 9 % en atún (Cabañero, 2004).

Las concentraciones del Hg total bioaccesible en varias especies de pez espada se correspondieron con el 38–83%. El porcentaje bioaccesible del MeHg es similar y representa entre el 71 y el 105% del Hg total en la fracción solubilizada (Escribano, 2009).

En 16 especies de pescado consumido en España, se estimó la bioaccesibilidad del Hg entre un 35 % en sardina y un 106 % en salmón y entre el 17-125 % la del selenio. El transporte del Hg y

selenio desde el alimento a la membrana basal del enterocito fue menos del 14 %, dependiendo del nivel de exposición, y la retención en la célula fue mayor para el Hg (49-69 %) que para el Se (8-12 %) (Calatayud, 2012).

Algunos autores apuntan diferentes datos para otros pescados y señalan asimismo la influencia del procesado del alimento. Los valores de bioaccesibilidad del Hg, obtenidos para la caballa fueron del 68% (Shim, 2009). Se obtuvo un 45 % de bioaccesibilidad de Hg en el sable negro que varía en función del tratamiento culinario (Maulvault, 2011). Por otro lado, la relación Se:Hg bioaccesible es mayor en el tejido del pescado y se ve afectado por el tratamiento aplicado al alimento. Esto presenta unas implicaciones muy interesantes a tener en cuenta en las evaluaciones de riesgo (Calatayud, 2012).

## **6.2. Estudios in vivo**

Diferentes estudios ponen de manifiesto que la absorción del Hg en el tracto gastrointestinal es, en general, baja. En animales de experimentación, la absorción de las sales de Hg varía entre el 2 y el 38 %. En humanos referencias antiguas señalaban que sólo se absorbía el 2 % del Hg ingerido, aunque en animales, la tasa de absorción es mayor y está influenciada por factores nutricionales (selenio, moléculas que contienen grupos sulfidrido, ligandos orgánicos, etc). El MeHg se absorbe más y a mayor rapidez que el Hg inorgánico o las sales, llegando hasta el 80 %, tanto en humanos como en animales, y atraviesa las membranas celulares por difusión pasiva. Sin embargo, como se ha comentado, el MeHg en el pescado está normalmente formando complejos con la cisteína. Por el contrario, el complejo MeHg L-cisteine (MeHgCys) se transporta mediante transportadores específicos, de esta manera difiere ampliamente en biodisponibilidad, distribución en los tejidos y toxicidad con respecto al cloruro de MeHg. Por lo tanto, las diferencias encontradas podrían ser debidas a las especies animales investigadas. Algunos estudios señalan también la importancia de la dieta aplicada en la absorción del Hg. En ratas macho Wistar alimentadas con dietas de harina de pescado que contenía MeHg o pescado suplementado con MeHg en niveles similares, se observó una mayor excreción fecal, menor acumulación en los tejidos e inducción de metalotioneína en aquellas ratas expuestas al pescado contaminado de forma natural con el MeHg (Berntssen, 2004).

En ratas alimentadas con pescado que contenía MeHg de forma natural o pescado contaminado con cloruro de MeHg se observaron ciertas diferencias en la excreción, absorción, etc. La presencia de cisteína impide ciertos efectos concluyendo que existen muchas diferencias según las especies de Hg (EFSA, 2012).

La administración oral de hígado de ballena hervido (1980 microg/g de Hg total y 23.5 microg/g de Me-Hg) causó toxicidad aguda renal en ratas. La tasa de absorción del Hg total se estimó alrededor del 5 % ya que el 95 % se elimina en heces (Endo, 2003). El Hg unido al Se tiene una tasa de absorción in vivo despreciable y en productos de la pesca existe una gran cantidad de Hg en la forma de HgSe (Endo, 2003). En este sentido, en pez espada, la concentración de Se es elevada y mayor que la del Hg (Calatayud, 2012).

Un estudio revela que codornices japonesas alimentadas con dietas de atún con MeHg sobrevivieron más tiempo que aquellas alimentadas con una dieta a base de maíz-soja. Este

efecto parece ser debido al Se contenido en el atún, ya que dietas que contienen una cantidad de Se equiparable al del atún disminuyeron la toxicidad del MeHg en ratas (Ganther, 1972). Posteriormente se comprobó que una adición reducida de selenio era capaz de contrarrestar la toxicidad de una cantidad elevada de mercurio (Ganther, 1974). En otro trabajo se comprobó que en ratas a las que se había administrado metilmercurio junto con una dieta con carne de pez espada, no presentaban efectos adversos frente a otras en las que no se había incluido este pescado (Freidman, 1978). Paralelamente, en ratas se comprobó que la co-administración de selenio y vitamina E junto con el metilmercurio mitigaba los efectos tóxicos de este último (Beyrouty, 2006).

Existen muchos artículos científicos que ponen de manifiesto el efecto tóxico del Hg sobre distintas especies animales tratados con dietas que contienen Hg o cualquiera de sus derivados en distintas concentraciones y el papel protector del selenio. Se citan, a continuación, algunos trabajos actuales.

Recientemente se realizó un estudio en ratones alimentados con una dieta de pescado equivalente a 25 g por día que contenía Hg en un rango de 1.5 a 35.75 ng Hg por gramo de alimento. Los resultados muestran que esta dieta tiene efectos perjudiciales en los ratones como: disminución del crecimiento, alteración del comportamiento, ansiedad y modificación de algunos parámetros corporales (Bourdineaud, 2011).

En otro estudio, las ratas fueron tratadas con agua que contenía Hg: 0, 0.5, and 5.0 ppm, equivalentes a 0, 40, and 400 microg/kg/day. Adicionalmente se alimentó a las ratas con una dieta de pescado rica en ácidos grasos poliinsaturados para estudiar el efecto de éstos sobre la toxicidad inducida por el Hg. Se observaron efectos neurológicos, motores y de comportamiento, además de letales en algunos casos, que no fueron inhibidos por la dieta rica en omega-3 (Day, 2005).

La exposición crónica al MeHg, a una dosis de 100 microgramos/día, causa efectos oxidativos y genotóxicos en ratas. La administración de selenio en un rango de 2 a 6 mg/L en el agua de bebida protege y reduce el daño causado en el ADN (Grotto, 2009a). Otro estudio de los mismos autores, también en ratas, revela que estas mismas dosis de MeHg provocan un aumento en la tensión arterial causado en parte por la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) (Grotto, 2009b).

## **7. EFECTO DEL PROCESADO TÉRMICO DEL PESCADO**

Disponer de información sobre los cambios producidos por los diferentes tratamientos industriales (cocción, enlatado...) en la toxicidad de metales pesados (Devesa, 2008; Marques, 2011; Sharma and Sohn, 2009), es de enorme interés a la hora de valorar los riesgos reales. A día de hoy no existen demasiados estudios acerca del efecto que el procesado térmico o el tratamiento industrial ejercen sobre los niveles de mercurio (Hg) en pescados.

En los pocos trabajos que se han publicado parece que los cambios en los niveles se deben más a una modificación del producto que al tratamiento al que es sometido. Así, en algún caso, las concentraciones de Hg en filetes de perca sometidos a procesos como fritura, horneado o cocción resultaron mayores que las porciones crudas correspondientes. En otras especies,

como la trucha de lago, las concentraciones de Hg también fueron 1.5-2.0 veces mayor en las porciones cocidas que en la parte cruda. Sin embargo, los niveles totales de Hg fueron constantes antes y después de la cocción, lo que indica que el aumento de la concentración fue causado por la pérdida de peso (pérdida de humedad y grasa). Durante este mismo estudio se comprobó además que la adición de cítricos (zumo de limón) al alimento no ejercía ningún efecto sobre éste (Morgan, 1997).

Otras investigaciones demostraron que cocinar a la plancha especies como el pez espada, el cazón, el bonito o el atún, producían un aumento en la concentración de Hg debido a la disminución del peso del individuo, resultante de la pérdida de agua o de otros compuestos durante el cocinado (Torres-Escribano, 2010).

Por otro lado, el hecho de empanar o no empanar se tradujo en un aumento en la concentración de Hg del 45 y 75 % respectivamente, probablemente debido a la pérdida de peso del 25 y 39 % en cada caso, o por una mayor absorción de aceite debida al pan rallado (Burger, 2003). Este incremento llegó hasta un 23% en albacora tras el proceso de esterilizado y enlatado al natural y en aceite, con pequeñas diferencias entre ambos tipos de enlatado (Rasmussen, 2007).

Las concentraciones de Hg de especies como la sardina o el atún, presentaron un comportamiento similar en muestras cocidas, mientras que en la merluza, ciertos procesos de cocción causaron un aumento de los niveles de Hg (Perelló, 2008). En otro trabajo, sin embargo, se observó una disminución en la cantidad de Hg tras someter a distintas especies a diferentes tratamientos térmicos (Figura 1) y se verificó que las especies carnívoras contienen mayor concentración de Hg que las no carnívoras, debido a que ocupan un nivel superior en la cadena trófica (Farias, 2010).

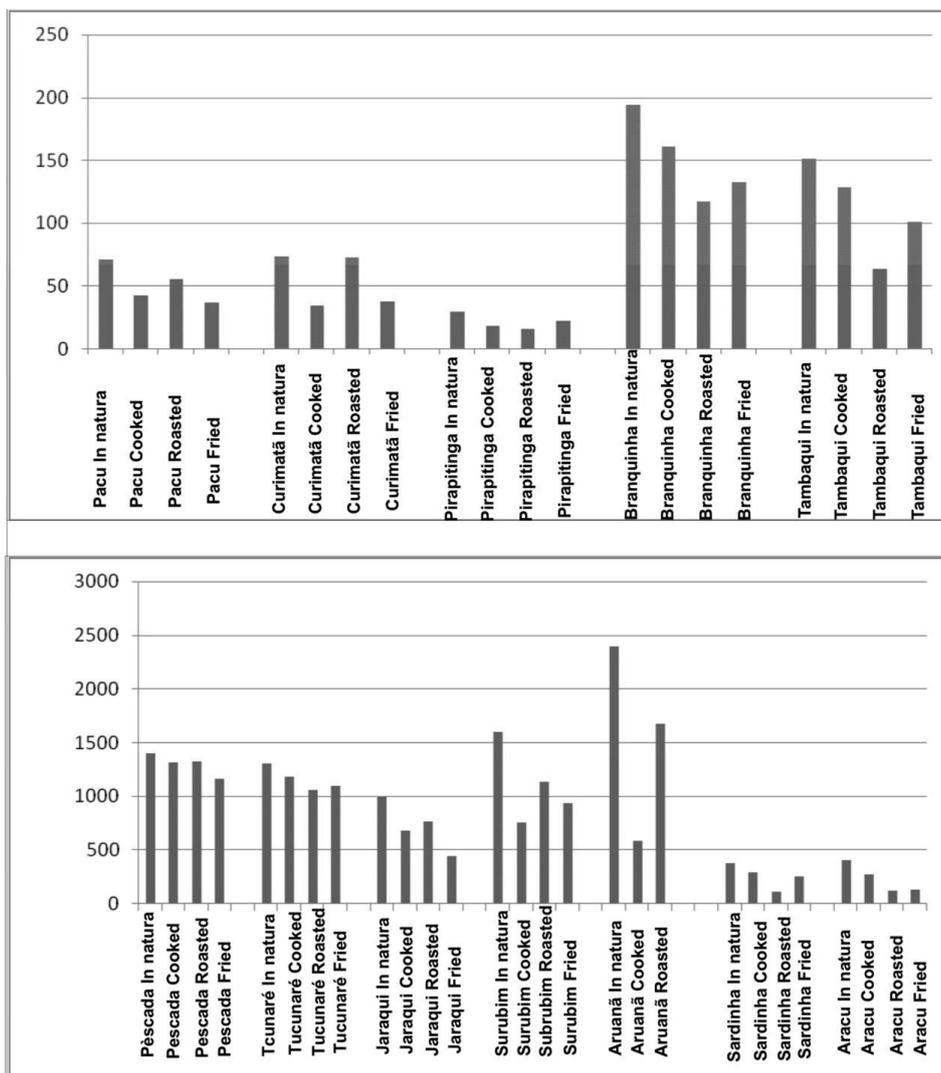


Figura 5. Pérdida de Hg relacionada con la forma de cocinada (cocido, asado y frito) para las distintas especies analizadas.

Otros aspectos adicionales a considerar en la evaluación del riesgo son los procesos que, aplicados al alimento fresco, pueden variar el contenido y la forma química del tóxico, así como su biodisponibilidad. Recientemente, se comprobó que la biodisponibilidad del Hg presente en especies como el atún, entre otros pescados, disminuye tras el cocinado (He and Wang 2011, Torres-Escribano, Ruiz et al. 2011). Por otra parte, se ha descrito que componentes de los alimentos tales como factores dietéticos incluyendo fibras y fitoquímicos o compuestos presentes en vegetales con actividades biológicas interesantes, pueden reducir la bioaccesibilidad del mercurio presente en el pescado cuando se consumen al mismo tiempo (Shim 2009); así, se demostró que extractos de té verde, té negro y proteína de soja, así como el salvado de trigo y avena, y el psyllium, en menor medida, producen una reducción significativa.

En un estudio reciente realizado con pez espada, tiburón, y atún, se observó que durante el cocinado, la concentración de Hg no cambia, sin embargo, la bioaccesibilidad del Hg disminuyó

de modo significativo, pasando de  $42\pm 26\%$  en el pescado crudo a  $26\pm 16\%$  en el pescado cocinado (Torres-Escribano 2010).

Por último, algunos estudios destacan la diferente abundancia del selenio según las distintas formas de presentación del pescado. Cuando se compararon las mismas especies en estado fresco, congelado y en conserva, los resultados fueron variables dependiendo del metal y de la especie; así el selenio fue superior en platija y merluza fresca respecto a congelado.

Los mayores niveles de selenio en productos del mar en conserva se hallaron en atún, anchoas, sardinas y en atún blanco, con valores entre 0,28-0,18 mg/kg (Burger 2013, Calatayud 2012), incluso de 1,02 mg/kg en atún (Burger y Gochfeld 2013).

## INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

### Anexo 1: Clasificación de las especies en función de diversos estudios y administraciones.

Grupo común Hg	Nombres comerciales (Inglés)	Grupo taxonómico	Especies excepcionadas en Reg.CE 1881 / 2006 (1 ppm)	Categoría (ANFAO data 2006-2013)	Categoría (EFSA report 2012 data)	Categoría (FDA data 1999 - 2010)	Categoría (Karimi et al.data 2011)	Categoría (Adams et al. (2003))
<b>Pleuronéctidos</b>	Gallos ( <i>megrim</i> ), rodaballo ( <i>turbot</i> ), lenguado ( <i>sole</i> ), mendo, limanda( <i>dab</i> ), platija( <i>flounder</i> ), solla ( <i>plaice</i> )	Orden Pleuronectiformes	<i>Lepidorhombus spp.</i>	Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	Nivel bajo
<b>Fletán</b>	Fletán ( <i>halibut</i> ), Fletán negro ( <i>Greenland halibut</i> )	<i>Gros. Hippoglossus, Reinhardtius</i>	<i>Hippoglossus hippoglossus.</i>	Nivel muy bajo	Nivel bajo	Nivel bajo	Nivel bajo	
<b>Rapes</b>	Rape ( <i>monkfish, anglerfish</i> )	Orden Lophiiformes	<i>Lophius spp.</i>	Nivel muy bajo	Nivel bajo	Nivel bajo	Nivel bajo	
<b>Granaderos</b>	Granaderos ( <i>grenadiers</i> )	Fam. Macrouridae	<i>Coryphaenoides rupestris</i>	Nivel muy bajo	Nivel muy bajo			
<b>Gadiformes</b>	<b>Gádidos:</b> Bacalao ( <i>cod</i> ), eglefino ( <i>haddock</i> ), fagonero ( <i>saithe</i> ), abadejo ( <i>pollock</i> ), faneca ( <i>Pouting</i> ), merlan- lirio	Fam. Gadidae	<i>Trisopterus minutus</i>	Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	
	<b>Merlúcidos:</b> merluzas ( <i>hake</i> ), merluza de cola ( <i>Patagonian grenadier-hoki</i> )	Fam. Merlucciidae		Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	
<b>Nototeniás</b>	Bertorellas, brosmios ( <i>Ling</i> ), Brótolas ( <i>Forkbeards</i> )	Fam. Lotidae, Fam. Phycidae		Nivel muy bajo			Nivel medio	
<b>Rosadas</b>	Róbalo de profundidad ( <i>chilean sea bass</i> ), marujito	Fam. Nototeniidae		Nivel muy bajo		Nivel medio	Nivel medio	
<b>Salmonetes</b>	Rosadas ( <i>Cusk-eels</i> )	Fam. Ophidiidae	<i>Genypterus capensis</i>	Nivel medio				
<b>Agujas</b>	Salmonetes ( <i>Goatfish</i> )	Fam. Mullidae	<i>Mullus spp.</i>	Nivel muy bajo	Nivel bajo	Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	
<b>Cabras, gallinetas</b>	Agujas ( <i>Garfish, Needle-fish</i> )	Fam. Belontiidae		Nivel muy bajo				
Luciano, Pargo amarillos	Cabra, gallineta, Rubio, Cabracho ( <i>Rockfish, Scorpion fish</i> )	Orden Scorpaeniformes	<i>Sebastes marinus, S. mentella, S. viviparus.</i>	Nivel muy bajo	Nivel bajo	Nivel bajo	Nivel muy bajo	
	Luciano ( <i>Red snapper</i> ), Pargos amarillos ( <i>Snappers</i> )	Fam. Lutjanidae				Nivel bajo	Nivel bajo	Nivel bajo
<b>Clupeidos, engraulidos</b>	Sardinas, arenques, alachas, alosas, espadín ( <i>Sardine, herring, Boquerón, anchoveta (Anchovies)</i> )	Fam. Clupeidae		Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	
		Fam. Engraulidae		Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	Nivel muy bajo		
<b>Anguiliformes</b>	Anguilas y congrios ( <i>Eel, Canger</i> )	Orden anguiliformes	<i>Anquilla spp.</i>	Nivel muy bajo	Nivel bajo		Nivel bajo	
<b>Malachos (Ladyfish)</b>	Malachos ( <i>Ladyfish</i> ), bananos ( <i>Tarpon</i> )	Fam. Elopidae					Nivel medio	
<b>Tilefish</b>	Blanquillo ( <i>Tilefish</i> )	Fam. Malacanthidae				Nivel alto	Nivel alto	
<b>Catfish</b>	Siluros, bagres ( <i>Catfish</i> )	Orden Siluriformes (*Excluido Fam. Pangasidae)				Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	Nivel medio
<b>Panga</b>	Panga ( <i>Pangasius</i> )	Fam. Pangasidae		Nivel muy bajo				
<b>Salmonidos</b>	Truchas, salmones ( <i>Trouts, Salmon</i> s)	Fam. Salmonidae		Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	
<b>Anjova</b>	Anjova ( <i>Bluefish</i> )	Fam. Pomatomidae				Nivel medio	Nivel bajo	Nivel alto
<b>Carángidos</b>	Jurel ( <i>Jack, Horse-mackerel</i> ), Pez de limón ( <i>longfin yellowtail /greater amberjack</i> )	Fam. Carangidae		Nivel bajo	Nivel muy bajo		Nivel muy bajo	Nivel medio
<b>Palometa</b>	Palometa ( <i>Pomfret</i> )	Fam. Bramidae		Nivel bajo				
<b>Corvinas, Lubinas</b>	Corvina ( <i>Croaker</i> ), Lubina ( <i>seabass</i> )	Fam. Sciaenidae, Moronidae		Nivel muy bajo	Nivel bajo	Nivel muy bajo	Nivel bajo	
<b>Espáridos (Seabreams)</b>	Besugo ( <i>Red seabream</i> ), Dorada, Sargo ( <i>sheepshead</i> ), Pargo ( <i>Porgy</i> ), Brecas, Boga, Mojarra, Dentón.	Fam. Sparidae	<i>Pagellus spp.</i>	Nivel muy bajo	Nivel bajo		Nivel muy bajo	Nivel bajo
<b>Tilapia</b>	Tilapia ( <i>Tilapia</i> )	<i>Gro. Oreochromis</i>				Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	
<b>Múgil</b>	Múgil ( <i>Grey mullet</i> )	Fam. Mugilidae			Nivel muy bajo		Nivel muy bajo	Nivel muy bajo
<b>Perca</b>	Perca ( <i>Perch</i> )	Fam. Percidae			Nivel bajo	Nivel bajo	Nivel bajo	
<b>Pez de San Pedro</b>	Pez de San Pedro ( <i>John Dory, Doris</i> )	Orden Zeiformes		Nivel muy bajo	Nivel bajo			
<b>Lábridos (Wrasses)</b>	Pinto, maragota, ..	Fam. Labridae			Nivel alto			Nivel bajo

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

Serránidos	Mero ( <i>Grouper</i> ), Cherna ( <i>Wreckfish</i> )	Fam. Serranidae, Polyprionidae		Nivel bajo	Nivel medio	Nivel medio	Nivel medio
Relojes ( <i>Slimeheads</i> )	Reloj, Reloj anaranjado ( <i>Orange roughy</i> )	<i>Gro. Hoplostethus.</i>	<i>Hoplostethus spp.</i>	Nivel medio		Nivel alto	Nivel medio
Alfonsino	Alfonsino ( <i>Redfish</i> )	Fam. Berycidae			Nivel bajo		
Luvaro - Emperador	Luvaro ( <i>Louvar</i> )	<i>Luvarus imperialis</i>			Nivel bajo		
Perro del norte	Perro del norte ( <i>Wolffish</i> )	<i>Anarhichas lupus</i>	<i>Anarhichas lupus</i>		Nivel muy bajo		
Peces sable ( <i>Cutlassfishes</i> )	Sable negro ( <i>Black scabbardfish</i> ); Pez cinto ( <i>Silver scabbardfish</i> )	Fam. Trichiuridae.	<i>Aphanopus carbo; Lepidopus caudatus</i>	Nivel bajo		Nivel medio	Nivel bajo
Gitana/Sevillana/Luna real	Gitana/Sevillana/Luna real ( <i>Opah</i> )	<i>Gro. Lampris</i>		Nivel medio			
Lucíos	Lucío ( <i>Pike</i> )	<i>Gro. Essox</i>			Nivel medio		Nivel medio
Esturión	Esturión ( <i>Sturgeon</i> )	Fam. Acipenseridae.	<i>Acipenser spp.</i>		Nivel muy bajo		Nivel muy bajo
Marlín, Pez vela	Marlín, aguja ( <i>marlin</i> ); Pez vela ( <i>Sailfish</i> )	Fam. Isthiophoridae	<i>Makaira spp., Istiophorus platypterus</i>	Nivel alto		Nivel medio	Nivel alto
Pez espada	Espada ( <i>Swordfish</i> )	<i>Xiphias gladius</i>	<i>Xiphias gladius</i>	Nivel alto	Nivel alto	Nivel alto	Nivel alto
Escolar	Escolar ( <i>Scolar</i> ), Escolar negro ( <i>Oilfish</i> )	Fam. Gempylidae	<i>Lepidocybium flavobrunneum, Ruettius pretiosus, Gempylus serpens</i>	Nivel medio			
Cobia	Cobia ( <i>Cobia</i> )	Fam. Rachycentridae					Nivel alto
Barracuda	Barracuda ( <i>Barracuda</i> )	Fam. Sphyrnidae		Nivel medio			Nivel alto
Llampuga	Llampuga/dorado ( <i>Dolphinfish</i> )	Fam. Coryphaenidae		Nivel bajo			Nivel muy bajo
Caballa, estornino	Caballa, estornino ( <i>mackerel</i> )	<i>Gro. Scomber</i>		Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	Nivel muy bajo	Nivel muy bajo
Bonitos, Bacoretas, tasarte	Bonitos ( <i>Bonito</i> ), Bacoretas ( <i>Little tunny</i> ), Tasarte ( <i>Plain bonito</i> )	<i>Gros. Sarda, Euthynnus, Orcynopsis</i>	<i>Orcynopsis unicolor; Sarda sarda; Euthynnus spp.</i>	Nivel muy bajo			Nivel medio
Melvas	Melvas ( <i>bullet tunas</i> )	<i>Gro. Auxis</i>		Nivel bajo			
Peto/Guajo	Peto/Guajo ( <i>Wahoo</i> )	<i>Gro. Acanthocybium</i>					Nivel medio
Carite	Carite ( <i>King-mackerel, Spanish-gulf mackerel</i> )	<i>Gro. Scomberomorus</i>				Nivel alto	Nivel alto
Listado	Listado ( <i>Skipjack tuna</i> )	<i>katsuwonus pelamis</i>	<i>katsuwonus pelamis</i>	Nivel muy bajo		Nivel muy bajo	Nivel bajo
Rabil	Rabil ( <i>Yellowfin tuna</i> )	<i>Thunnus albacares</i>		Nivel bajo		Nivel medio	Nivel bajo
Atún rojo	Atún rojo ( <i>Bluefin tuna</i> )	<i>Thunnus thynnus, Thunnus orientalis</i>		Nivel medio			Nivel alto
Patudo	Patudo ( <i>Bigeye tuna</i> )	<i>Thunnus obesus</i>		Nivel medio		Nivel alto	Nivel alto
Atún blanco, Albacora, Bonito del Norte	Atún blanco, Albacora, Bonito del Norte ( <i>Albacore, white tuna</i> )	<i>Thunnus alalunga</i>		Nivel bajo		Nivel medio	Nivel medio
Rayas, águilas, torpedos	Rayas ( <i>Skate, Ray</i> ), Águila marina ( <i>Eagle ray</i> ).	Orden: Rajiformes, Torpediniformes, Myliobatiformes	<i>Raja spp.</i>	Nivel medio	Nivel bajo	Nivel muy bajo	Nivel muy bajo
Marrajo	Marrajo ( <i>Shortfin mako</i> )	<i>Isurus oxyrinchus</i>		Nivel alto			Nivel alto
Tintorera/ quella	Tintorera/ quella ( <i>Blue shark</i> )	<i>Prionace glauca</i>		Nivel alto			Nivel alto
Cornuda/ Pez Martillo	Cornuda/ Pez Martillo ( <i>Hammerhead shark</i> )	<i>Gro. Sphyrna</i>		Nivel alto			Nivel alto
Otros tiburones	Gatas, Quelvachos, mielgas, jaquetón, tiburón zorro, etc..	<i>Gros. Galeorhynchus, Mustelus, Lamna, Centrophorus, Squalus, Alopias, Galeocerdo, Carcharhynchus, etc..</i>	<i>Todas las especies.; Centroscyminus coelolepis</i>	Nivel alto	Nivel alto	Nivel alto	Nivel alto

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

	Niveles medios	Percentil 95
Nivel muy bajo	< 0,15 ppm	0-0,3
Nivel bajo	0,15-0,30	>0,3-0,7
Nivel medio	>0,30-0,5	>0,7-1,2
Nivel alto	>0,50	>1,2

*Anexo 2: Niveles de mercurio total (mg/Kg) en los distintos grupos de productos marinos de importancia en España ( Base de datos de ANFACO-CECOPE SCA 2005-2013).*



INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

			N	Media (mg/kg)	STD (mg/kg)	MAX (mg/kg)	MIN (mg/kg)	% Positivos (Reg.1881/2006)	Mediana (mg/kg)	Percentil 95%	% Valores < LQ
Elasmobranquios	Raya	Fresco/congelado y seco/salado	12	0,258	0,436	1,63	<0,05	8,3%	0,105	1,05	25,0%
	Marrajos y jaquetones	Fresco/congelado	2073	0,596	0,475	5,5	<0,05	8,9%	0,500	1,300	1,4%
	Tintorera /quella,	Fresco/congelado	2812	0,586	0,300	3,6	<0,05	7,2%	0,530	1,100	0,3%
	Otros tiburones	Gatas, cazón, pintarroja, quelvachos, mielgas, tiburón zorro, cornuda/pez martillo. (Fresco/congelado)	148	1,839	1,219	6,46	0,14	69,6%	1,600	4,060	0,0%
Cefalópodos	Sepias	Fresco /congelado	30	0,026	0,005	0,05	<0,05	0,0%	0,025	0,025	96,7%
	Calamares y potas	Fresco /congelado	522	0,047	0,014	0,16	<0,05	0,0%	0,05	0,05	97,5%
		Conserva.									
Pulpos	Fresco /congelado	78	0,031	0,033	0,3	<0,05	0,0%	0,025	0,029	98,7%	
Bivalvos	Mejillones	Fresco /congelado	351	0,049	0,007	0,12	<0,05	0,0%	0,05	0,05	99,4%
		Conserva.									
	Almejas, chirlas, coquinas	Fresco /congelado	77	0,025	0	<0,05	<0,05	0,0%	0,025	0,025	100,0%
		Conserva.									
	Berechos, langostillos	Fresco /congelado	30	0,049	0,016	0,1	<0,05	0,0%	0,05	0,076	86,7%
		Conserva.									
Ostreidos	Fresco /congelado	11	0,025	0,000	<0,05	<0,05	0%	0,025	0,025	100,0%	
Pectínidos	Vieira, zamburiña, volandeira. (Fresco /congelado)	118	0,044	0,01	0,05	<0,05	0,0%	0,05	0,05	99,2%	
	Conserva.										
Navajas y similares	Fresco /congelado	6	0,079	0,084	0,25	<0,05	0,0%	0,05	0,20	83,3%	
	Conserva.										
Crustáceos	Percebes	Fresco /congelado									
	Cangrejos, nécoras, buey, centollo	Fresco /congelado	23	0,080	0,047	0,19	<0,05	0%	0,05	0,187	73,9%
		langostas, bogavantes, cigalas	Fresco /congelado	9	0,060	0,022	0,1	<0,05	0%	0,05	0,096
	Camarones, gambas, langostinos.	Fresco /congelado	98	0,071	0,105	0,65	<0,05	3,1%	0,05	0,189	88,8%
Otros productos	Elaborados de surimi	Fresco /congelado	32	0,048	0,006	<0,10	<0,05	0%	0,05	0,05	100,0%
	Otros productos	Platos preparados y otros productos mixtos (Fresco / congelado)									
Gasterópodos marí	Lapas, abalones, cañiñas, bigaros	Fresco /congelado									
Equinodermos	Erizos de mar, pepinos de mar.	Fresco /congelado	7	0,06	0,026	0,12	<0,10	0,0%	0,05	0,099	85,7%
		Conserva.									
Algas	Algas	Fresco /congelado. Secado.	4	0,05	0	<0,10	<0,10	0,0%	0,05	0,05	100,0%
		Conserva.									

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

Anexo 3: Niveles de selenio total (mg/Kg), ratios molares Se:Hg y valor de SE-HBV en las distintas especies o grupos de especies( procedentes de fuentes bibliográficas).

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

Grupo / Spp.	Nombres comerciales (inglés)	Grupo taxonómico	Media (mg/kg)	Ratio molar Se:Hg	Se-HBV	Referencia bibliográfica
Pleuronéctidos	Gallos ( <i>megrin</i> ), mendo, limanda( <i>dab</i> ), platija( <i>flounder</i> ), solla ( <i>plaice</i> )	Orden Pleuronectiformes	0,65			Luten, 1980
			0,31			Burger, 2001
			0,35	6,4		Burger, 2005
			0,31			www.nutraqua.com
			0,25	10,9		Burger, 2011
			0,14	3,9	7	Olmedo,2013
Fletán	Fletán ( <i>halibut</i> ), Fletán negro ( <i>Greenland halibut</i> )	<i>Gros. Hippoglossus, Reinhardtius</i>	0,37	6		Burger, 2012
Rodaballo	Rodaballo (turbot)	<i>Fam. Scophthalmidae</i>	0,36	5,0		Burger, 2011
			0,18			www.nutraqua.com
Lenguado	Lenguado (sole)	<i>Suborden Soleoidei</i>	0,40	3,7		Burger, 2012
			0,18	25	60	Calatayud 2012
			0,13	25	37	Calatayud 2012
			0,12	16,2	25	Olmedo,2013
Rapes	Rape ( <i>monkfish, anglerfish</i> )	Orden Lophiiformes	0,20	3,8	9	Calatayud 2012
			0,41	3,6		Miklavcic,2011
			0,41			www.nutraqua.com
			0,17	2,7	6	Olmedo,2013
Granaderos	Granaderos ( <i>grenadiers</i> )	Fam. Macrouridae	0,36			www.nutraqua.com
Gadiformes	Gádidos. Familia Gadidae: Bacalao ( <i>cod</i> ), eglefino ( <i>haddock</i> ), fogonero ( <i>saithe</i> ), abadejo ( <i>pollock</i> ), faneca ( <i>Pouting</i> ), merlan- lirio ( <i>whiting</i> ).	Fam. Gadidae	0,18	2,7		Burger, 2012
			0,29			Luten, 1980
			0,70			Burger, 2005
			0,36			www.nutraqua.com
			0,21			www.nutraqua.com
			0,05			Olmedo,2013
			0,31			Plesi,2001
	Merlúcidos: merluzas ( <i>hake</i> ), merluza de cola ( <i>Patagonian grenadier-hoki</i> )	Fam. Merlucciidae	0,14	7,1	13	Calatayud 2012
			0,25	12,3		Miklavcic,2011
			0,11	5,4	7	Olmedo,2013
	Brótolas (Forkbeards), Bertorellas, brosmios ( <i>Ling</i> ),	Fam. Lotidae, Fam. Phycidae	0,47	14,3		Plesi,2001
			0,18	12,6		Burger, 2011
				0,23		
Nototénias	Róbalo de profundidad ( <i>chilean sea bass</i> ), marujito ( <i>icefish, toothfish</i> ).	Fam. Nototeniidae	1,02			Burger, 2005
Rosadas	Rosadas ( <i>Cusk-eels</i> )	Fam. Ophidiidae				
Salmonetes	Salmonetes ( <i>Goatfish</i> )	Fam. Mullidae	0,38	4,5		Miklavcic,2011
			0,36			www.nutraqua.com
			0,43			Plesi,2001
Cabras, gallinetas	Cabra, gallineta, Rubio, Cabracho ( <i>Rockfish, Scorpion fish</i> )	Orden Scorpaeniformes	0,57	8,8		Burger, 2012
			0,44			Luten, 1980
			0,34	6,5		Miklavcic,2011
			0,25	6,3		Plesi,2001
			0,91	9,7		Burger, 2013
Luciano, Pargo amarillos	Luciano ( <i>Red snapper</i> ), Pargos amarillos ( <i>Snappers</i> )	Fam. Lutjanidae	0,28			Olmedo,2013
Clupeidos, engráulidos	Sardinas, arenques, alachas, alosas,espadín ( <i>Sardine, herring, shad</i> )	Fam. Clupeidae	0,24	61		Burger, 2013
			0,29			www.nutraqua.com
			0,23	20,8	74	Olmedo,2013
	Boquerón, anchoveta ( <i>Anchovies</i> )	Fam. Engraulidae	0,18	10,4	23	Calatayud 2012
			0,26	13,5	45	Olmedo,2013
Anguiliformes	Anguilas y congrios ( <i>Eel, Conger</i> )	Orden anguiliformes	0,40			Luten, 1980
			0,42	1,2		Miklavcic,2011
Catfish	Siluros, bagres ( <i>Catfish</i> )	Orden Siluriformes (*Excluido Fam. Pangasidae)	0,07	3	2,4	Kehrig,2013
			0,47			Shirichakwal, 2005

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

Panga	Panga ( <i>Pangasius</i> )	Fam. Pangasidae	0,10			www.nutraqua.com
			0,04			Olmedo,2013
Salmonidos	Truchas, salmones ( <i>Trouts, Salmons</i> )	Fam. Salmonidae	0,35	7,8		Burger, 2012
			0,35	28,9		Burger, 2013
			0,10	10,6	114	Plesi, 2001
			0,19	5,9		www.nutraqua.com
			0,16			Olmedo,2013
Anjova	Anjova ( <i>Bluefish</i> )	Fam. Pomatomidae	0,51			Burger, 2005
			0,37	2,7		Burger, 2011
			0,28	11,6		Karimi, 2013
Carángidos	Jurel ( <i>Jack, Horse-mackerel</i> ) , Pez de limón ( <i>longfin yellowtail /greater amberjack</i> )	Fam. Carangidae	0,43			www.nutraqua.com
			0,44			Moreda-Piñeiro, 2013
			0,35	8,2	36	Olmedo,2013
Palometa	Palometa ( <i>Pomfret</i> )	Fam. Bramidae	0,71	6,7	44	Kaneko, 2007
			0,33			Moreda-Piñeiro, 2013
			0,52			Shirichakwal, 2005
Corvinas, Lubinas	Corvina ( <i>Croaker</i> ) , Lubina ( <i>seabass</i> )	Fam. Sciaenidae, Moronidae	0,77			Burger, 2005
			0,30	1,9		Burger, 2011
			0,48	10,5		Burger, 2012
			0,49	21	133	Kehrig, 2013
			0,70	13	107	Kehrig, 2013
			0,22	6,5		Karimi, 2013
Espáridos ( <i>Seabreams</i> )	Besugo ( <i>Red seabream</i> ) , Dorada , Sargo ( <i>sheepshead</i> ) , Pargo ( <i>Porgy</i> ) , Brecas, Boga, Mojarra, Dentón.	Fam.Sparidae	0,95			Burger, 2005
			0,55	34,5		Karimi, 2013
			0,19	3,4		Miklavcic,2011
		Dorada: <i>Sparus aurata</i> . (acuicultura)	0,34	9,1		Plesi,2001
			0,07			www.nutraqua.com
			0,00	0,3	-1	Olmedo,2013
Tilapia	Tilapia ( <i>Tilapia</i> )	<i>Gro. Oreochromis</i>	0,18			www.nutraqua.com
Múgil	Múgil ( <i>Grey mullet</i> )	Fam. Mugilidae	0,09	2,5		Miklavcic,2011
			0,08	6	6	Kehrig, 2013
			0,17			www.nutraqua.com
Percas	Perca ( <i>Perch</i> )	Fam. Percidae, Latidae	0,17	3,3		Miklavcic,2011
			0,24	2,4		Luten, 1980
			0,08	1,3		Plesi,2001
			0,12	2,3	3	Olmedo,2013
Pez de San Pedro	Pez de San Pedro ( <i>John Dory, Dories</i> )	Orden Zeiformes	0,58	22		Miklavcic,2011
Lábridos ( <i>Wrasses</i> )	Pinto, maragota, ..	Fam. Labridae				
Serránidos	Mero ( <i>Grouper</i> ) , Cherna ( <i>Wreckfish</i> )	Fam. Serranidae, Polyprionidae				
Relojes ( <i>Slimeheads</i> )	Reloj, Reloj anaranjado ( <i>Orange roughy</i> )	<i>Gro. Hoplostethus.</i>	0,75	3,3		Burger, 2013
Alfonsino	Alfonsino ( <i>Redfish</i> )	Fam. Berycidae				
Luvato - Emperador	Luvato ( <i>Louvar</i> )	<i>Luvatus imperialis</i>				
Perros	Perro del norte ( <i>Wolffish</i> ) , Pez lobo	Fam. Anarhichidae				
Peces sable ( <i>Cutlassfishes</i> )	Sable negro ( <i>Black scabbardfish</i> ) ; Pez cinto ( <i>Silver scabbardfish</i> )	<i>Fam. Trichiuridae.</i>	0,24	8	20,1	Kehrig, 2013
Gitana/Sevillana/Luna real	Gitana/Sevillana/Luna real ( <i>Opah</i> )	<i>Gro. Lampris</i>	0,42	2,3	5,9	Kaneko, 2007
Lucios	Lucio ( <i>Pike</i> )	<i>Gro. Esox</i>	0,13			Luten, 1980
Esturión	Esturión ( <i>Sturgeon</i> )	Fam. Acipenseridae.				

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

Marlín, Pez vela	Marlín, aguja ( <i>marlin</i> ); Pez vela ( <i>Sailfish</i> )	Fam. Isthiophoridae: <i>Tetrapturus angustirostris</i>	0,58	11,4	71	Kaneko, 2007
		Fam. Isthiophoridae: <i>Makaira mazara</i>	1,59	4,1	34	Kaneko, 2007
		Fam. Isthiophoridae: <i>Tetrapturus audax</i>	0,72	17,6	118	Kaneko, 2007
		Fam. Isthiophoridae: <i>Makaira indica</i>	2,20			Mackay, 1975
Pez espada	Espada ( <i>Swordfish</i> )	<i>Xiphias gladius</i>	0,39	1,16	0,1	Kaneko, 2007
			0,63	1,2		Burger, 2013
			0,45	1,0		Miklavcic, 2011
			0,28	1,2		Plesi, 2001
			0,18-1,2			Branco-Vasco, 2007
			0,49	2,3	13	Olmedo, 2013
			0,65	1,6	11	Calatayud, 2012
Escolar	Escolar ( <i>Scolar</i> ), Escolar negro ( <i>Oilfish</i> )	Fam. Gempylidae	0,56	2,4	8,3	Kaneko, 2007
Cobia	Cobia ( <i>Cobia</i> )	Fam. Rachycentridae				
Barracuda	Barracuda ( <i>Barracuda</i> )	Fam. Sphyrnidae				
Llampuga	Llampuga/dorado ( <i>Dolphinfish</i> )	Fam. Coryphaenidae	0,53	13,1	78,4	Kaneko, 2007
			0,37	5,5		Burger, 2011
Caballa, estornino	Caballa, estornino ( <i>mackerel</i> )	<i>Gro. Scomber</i>	0,35			Luten, 1980
			0,34			www.nutraqua.com
			0,35	7,1		Plesi, 2001
			0,55			Moreda-Piñeiro, 2013
			0,22	25,8	73	Olmedo, 2013
Bonitos, Bacoretas, tasarte	Bonitos ( <i>Bonito</i> ), Bacoretas ( <i>Little tunny</i> ), Tasarte ( <i>Plain bonito</i> )	<i>Gros. Sarda, Euthynnus, Orcynopsis</i>				
Melvas	Melvas ( <i>bullet tunas</i> )	<i>Gro. Auxis</i>	0,11			Olmedo, 2013
Peto/Guajo	Peto/Guajo ( <i>Wahoo</i> )	<i>Gro. Acanthocybium</i>	0,65	10,8	76	Kaneko, 2007
Carite	Carite ( <i>King-mackerel, Spanish-gulf mackerel</i> )	<i>Gro. Scomberomorus</i>				
Listado	Listado ( <i>Skipjack tuna</i> )	<i>katsuwonus pelamis</i>	1,57	18,2	233	Kaneko, 2007
Rabil (Yellowfin)	Rabil ( <i>Yellowfin tuna</i> )	<i>Thunnus albacares</i>	0,52	10,3	64,5	Ordiano-Flores, 2012
			1,20	14,1	202	Kaneko, 2007
			0,47	6,1		Burger, 2011
Atún rojo	Atún rojo ( <i>Bluefin tuna</i> )	<i>Thunnus thynnus, Thunnus orientalis</i>	0,43	2,1		Burger, 2011
			0,57	3,1	21	Olmedo, 2013
			0,75	3,2		Miklavcic, 2011
			0,36			Moreda-Piñeiro, 2013
Patudo	Patudo ( <i>Bigeye tuna</i> )	<i>Thunnus obesus</i>	0,99	5,2	48,6	Kaneko, 2007
Atún blanco, Albacora, Bonito del Norte	Atún blanco, Albacora, Bonito del Norte ( <i>Albacore, white tuna</i> )	<i>Thunnus alalunga</i>	0,83	6,9		Burger, 2013
			1,24			www.nutraqua.com
			0,88	5,3	45,4	Kaneko, 2007
Rayas, águilas, torpedos	Rayas ( <i>Skate, Ray</i> ), Águila marina ( <i>Eagle ray</i> ),	Orden: Rajiformes, Torpediniformes, Myliobatiformes	0,28			www.nutraqua.com
Marrajo	Marrajo ( <i>Shortfin mako</i> )	<i>Isurus oxyrinchus</i>	0,32	0,5	-11,1	Kaneko, 2007
			0,26	0,4		Burger, 2011
			0,26	0,6		Karimi, 2013
Tintorera/ quella	Tintorera/ quella ( <i>Blue shark</i> )	<i>Prionace glauca</i>	0,08-0,46			Branco-Vasco, 2007
			0,10	0,74	-1	Olmedo, 2013
Cornuda/ Pez Martillo	Cornuda/ Pez Martillo ( <i>Hammerhead shark</i> )	<i>Gro. Sphyrna</i>				
Otros tiburones	Gatas, Quelvachos, mielgas, jaquetón, tiburón zorro, etc..	<i>Gros. Galeorhynchus, Mustelus, Lamna, Centrophorus, Squalus, Alopias, Galeocerdo, Carcharhynchus, etc..</i>	0,52	1,5	2,5	Kaneko, 2007
			0,69	1,2		Karimi, 2013
			0,29			www.nutraqua.com
			0,08	0,28	-12	Olmedo, 2013
			0,14	1,3		Plesi, 2001

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

Mitilidos	Mejillones ( <i>Mussels</i> )	Fam. Mytilidae	0,48			Luten, 1980
			0,14	33,3	58	Calatayud, 2012
			0,51	83,3		Karimi, 2013
			0,16	>100		Olmedo, 2013
			0,50			www.nutraqua.com
Almejas	Almejas, coquinas, ( <i>Clams</i> )	Fam. Veneridae	0,46	200	1259	Calatayud, 2012
			0,38	55,6		Karimi, 2013
			0,95			Moreda-Piñeiro, 2013
			0,83			Moreda-Piñeiro, 2013
			0,33	16,7		Plesi, 2001
Bereberchos	Berebercho ( <i>Cockle</i> )	Fam. Cardidae	0,09			Olmedo, 2013
			0,56			Moreda-Piñeiro, 2013
Ostreidos	Ostra, ostión ( <i>Oysters</i> )	Fam. Ostreidae	0,44			Shirichakwal, 2005
			0,36	66,6		Karimi, 2013
Pectínidos	Zamburiña, vieira, volandeira ( <i>Scallops</i> )	Fam. Pectinidae	0,29			www.nutraqua.com
			0,29			Shirichakwal, 2005
			0,05			Burger, 2005
Solénidos	Navaja, longueirón ( <i>Razor shells</i> )	Fam. Solenidae	0,15			www.nutraqua.com
			0,47			Moreda-Piñeiro, 2013
Lapas, abalones, cañailas, bígaros, etc..	Lapa (limpet), abalón ( <i>abalone</i> ), bígaros ( <i>Periwinkle</i> ),	Clase Gatropoda	0,69	166,7		Karimi, 2013
			0,91			Moreda-Piñeiro, 2013
Sepias	Sepias, jibias, chocos ( <i>cuttlefish</i> )	Fam. Sepiidae	0,31			www.nutraqua.com
			0,44	16,7		Plesi, 2001
Calamares	Calamares ( <i>Squids</i> )	Fam. Loliginidae	0,11	10,8	14	Calatayud, 2012
			0,20	6,7		Plesi, 2001
			0,19	40	95	Calatayud, 2012
			0,32	12,8		Karimi, 2013
			0,08	20	37,7	Kehrig, 2013
Potas y voladores	Potas ( <i>Shortfin squids</i> )	Fam. Ommastrephidae	0,11	>100		Olmedo, 2013
			0,17	8,9	12,8	Ordiano-Flores, 2012
Octópodos	Pulpos ( <i>Octopus</i> )	Fam. Octopodidae	0,09	>100		Olmedo, 2013
			0,23	15,4		Burger, 2012
			0,11			Miklavcic, 2011
			0,09			Olmedo, 2013
Percebes	Percebes ( <i>Goose barnacle</i> )	Infraclase cirripedos	0,18	11,1		Plesi, 2001
Braquiuros	Cangrejos, nécoras, buey, centollos ( <i>Crabs</i> )	Infraorden Brachyura	0,11	10,1	13,3	Ordiano-Flores, 2012
			0,69	13,7		Karimi, 2013
			0,07	6,3		Plesi, 2001
			0,45	16,7		Plesi, 2001
			0,46			Shirichakwal, 2005
Langostas	Langostas, bogavantes, cigalas, santiaguifios ( <i>Lobsters</i> )	Fam. Nephropidae, Palinuridea	1,82	166,7	3821	Calatayud, 2012
			0,56			www.nutraqua.com
Carideos	Gambas, langostinos, Camarones, quisquillas ( <i>Prawn/Shrimp</i> )	Suborden Dendrobrachyata, Infraorden caridea	0,23			Burger
			0,26	76,9	251	Calatayud, 2012
			0,37			nutraqua
			0,02	3,2	1	Olmedo, 2013
			0,35			Shirichakwal, 2005

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

**Anexo IV: Niveles legales establecidos y recomendaciones efectuadas** *(Fuente Codex Discussion paper on the review of the guideline levels for methylmercury in fish and predatory fish. 2013)*

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

**Table Y: Maximum level or guideline levels for methylmercury or total mercury in fish established in the territories of Codex members**

Country	Year	type (Maximum level, guideline level, or any other level)	Level (mg/kg)	Chemical substance regulated (total mercury or methylmercury)	fish species regulated	remarks
Australia		Maximum level	mean level of 0.5	Total mercury	Crustacea	
			mean level of 0.5		Fish and fish products, excluding gemfish, billfish (including marlin), southern bluefin tuna, barramundi, ling, orange roughy, rays and all species of shark	
			mean level of 1.0		Gemfish, billfish (including marlin), southern bluefin tuna, barramundi, ling, orange roughy, rays and all species of shark	
			mean level of 0.5		Molluscs	
Canada	2007	Maximum limit (guideline standard)	0.5 mg/kg	Total mercury	In the edible portion of all retail fish, with six exceptions (see the 1 ppm standard below)	ML applies to commercial fish that are sold at the retail level
			1 mg/kg		The edible portion of escolar, orange roughy, marlin, fresh and frozen tuna, shark, and swordfish	
China	2005	Maximum level	1.0 mg/kg	Methylmercury	Predatory fish (shark, tuna and other predatory fishes)	
			0.5 mg/kg		Fish and other aquatic products (except predatory fishes)	

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

Country	Year	type (Maximum level, guideline level, or any other level)	Level (mg/kg)	Chemical substance regulated (total mercury or methylmercury)	fish species regulated	remarks
Colombia	2008	Maximum level	1.0 mg/kg	Total mercury	Bonito ( <i>Sarda sarda</i> ) Tuna ( <i>Thunnus</i> species, <i>Euthynnus</i> species, <i>Katsuwonus pelamis</i> )	
			0.5 mg/kg		For other species of fish	
Japan	1973	Provisional regulation value	0.4 mg/kg	Total mercury	All fish except tunas (including marine, swordfish and skipjack), deep-sea fish (including rockfishes, alfonsino, sablefish and sharks), and fresh water fish (except lake fish)	The level was established in response to the outbreak of Minamata disease
Norway and UK (same levels as in EU)		Maximum level	0.5 mg/kg		Fishery products and muscle meat of fish, excluding certain species. The maximum level for crustaceans applies to muscle meat from appendages and abdomen. In case of crabs and crab-like crustaceans ( <i>Brachyura</i> and <i>Anomura</i> ) it applies to muscle meat from appendages	
			1.0 mg/kg		Muscle meat of the following fish: anglerfish ( <i>Lophius</i> species) Atlantic catfish ( <i>Anarhichas lupus</i> ) bonito ( <i>Sarda sarda</i> ) eel ( <i>Anguilla</i> species) emperor, orange roughy, rosy soldierfish ( <i>Hoplostethus</i> species) grenadier ( <i>Coryphaenoides rupestris</i> ) halibut ( <i>Hippoglossus hippoglossus</i> ) kingklip ( <i>Genypterus capensis</i> ) marlin ( <i>Makaira</i> species) megrim ( <i>Lepidorhombus</i> species) mullet ( <i>Mullus</i> species)	

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

Country	Year	type (Maximum level, guideline level, or any other level)	Level (mg/kg)	Chemical substance regulated (total mercury or methylmercury)	fish species regulated	remarks
					<p>pink cusk eel (<i>Genypterus blacodes</i>)            pike (<i>Esox lucius</i>)            plain bonito (<i>Orcynopsis unicolor</i>)            poor cod (<i>Tricopterus minutus</i>)            Portuguese dogfish (<i>Centroscymnus coelolepis</i>)            rays (<i>Raja</i> species)            redfish (<i>Sebastes marinus</i>, <i>S. mentella</i>, <i>S. viviparus</i>)            sail fish (<i>Istiophorus platypterus</i>)            scabbard fish (<i>Lepidopus caudatus</i>, <i>Aphanopus carbo</i>)            seabream, pandora (<i>Pagellus</i> species)            shark (all species)            snake mackerel or butterfish (<i>Lepidocybium flavobrunneum</i>, <i>Ruvettus pretiosus</i>, <i>Gempylus serpens</i>)            sturgeon (<i>Acipenser</i> species)            swordfish (<i>Xiphias gladius</i>)            tuna (<i>Thunnus</i> species, <i>Euthynnus</i> species, <i>Katsuwonus pelamis</i>)</p>	

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

Table YY: Each member's consumer advice

Country	Year	Target group	Species	Recommended amounts for consumption	Scientific basis (TDI, methylmercury level for each fish species, exposure to methylmercury from fishery products and other etc.
Australia		Pregnant women and women planning pregnancy (1 serve equals 150 g) and children up to 6 years (1 serve equals 75 g)	Any fish and seafood not listed below:	2 – 3 serves per week	PTWI for methyl mercury
			Or Orange Roughy (Sea Perch) or Catfish and no other fish that week	1 serve per week	
			Or Shark (Flake) or Billfish (Swordfish / Broadbill and Marlin) and no other fish that fortnight	1 serve/fortnight	
		Rest of the population (1 serve equals 150 g)	Any fish and seafood not listed below:	2 – 3 serves per week	
			Shark (Flake) or Billfish (Swordfish / Broadbill and Marlin) and no other fish that week	1 serve per week	
Canada	2007	•Women who are or who may become pregnant, or who are breastfeeding	Canned albacore tuna (other types of canned tuna specifically excluded from this guidance)	Up to four 75 g servings of canned albacore tuna each week. One Food Guide Serving is 75 g, 2 ½ oz, 125 mL, or ½ cup.	TDI
		Children between 1 and 4 years of age	Canned albacore tuna	One 75 g serving of albacore tuna each week.	
		•Children between five and eleven years old	Canned albacore tuna	two 75 g servings of albacore tuna each week.	
	2008	General Population	fresh/frozen tuna, shark, swordfish, marlin, orange roughy and escolar	- 150 g per week	
		Specified Women - those who are or may become pregnant or are breastfeeding	fresh/frozen tuna, shark, swordfish, marlin, orange roughy and escolar	- 150 g per month	

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

Country	Year	Target group	Species	Recommended amounts for consumption	Scientific basis (TDI, methylmercury level for each fish species, exposure to methylmercury from fishery products and other etc.
		Children 5-11 years old	resh/frozen tuna, shark, swordfish, marlin, orange roughy and escolar	- 125 g per month	
		Children 1-4 years old	fresh/frozen tuna, shark, swordfish, marlin, orange roughy and escolar	75 g per month	
		General population	Any species, except those mentioned above as potentially containing higher levels of mercury; the Guide specifically mentions choosing fish such as char, herring, mackerel, salmon, sardines and trout	Recommended to eat at least two Food Guide Servings of 75 g (1/2 cup) each a week of fish	Eating Well with Canada's Food Guide – dietary recommendations
		General Population	Any species of concern	Specific provinces publish specific guidance for particular sport fish species that may contain levels of mercury that may represent a health risk	Provincial websites – generally based on Health Canada's TDI

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

Country	Year	Target group	Species	Recommended amounts for consumption	Scientific basis (TDI, methylmercury level for each fish species, exposure to methylmercury from fishery products and other etc.
Japan	2 November 2005 (revised 1 June)	Pregnant women	Group 1: Bottlenose dolphin ( <i>Tursiops truncatus</i> ) Group 2: Short-finned pilot whale ( <i>Globicephala macrorhynchus</i> ) Group 3: Alfonsino ( <i>Beryx splendens</i> ), Swordfish ( <i>Xiphias gladius</i> ), Bluefin tuna ( <i>Thunnus thynnus</i> ), Bigeye tuna ( <i>Thunnus obesus</i> ), Finely-striate Buccinum ( <i>Buccinum striatissimum</i> ), Baird's beaked whale ( <i>Berardius bairdii</i> ) and Sperm whale ( <i>Physeter macrocephalus</i> ); Group 4: Yellowback Seabream ( <i>Dentex tumifrons</i> ), Marlin ( <i>Makaira spp.</i> , <i>Tetrapturus spp.</i> ), Hilgendorf saucord, ( <i>Helicolenus hilgendorfi</i> ) Southern bluefin tuna ( <i>Thunnus maccoyii</i> ), Blue shark ( <i>Prionace glauca</i> ), Dall's porpoise ( <i>Phocoenoides dalli</i> ) and Japanese bluefish ( <i>Scombrops gilbert</i> )	Group 1: up to 80 g per 2 months Group 2: up to 80 g per 2 weeks Group 3: up to 80 g per week Group 4: up to 160 g per week	TDI for methylmercury in pregnant women
Norway		Pregnant and breastfeeding women	Do not eat pike ( <i>Esox lucius</i> ), perch ( <i>Perca fluviatilis</i> ) above 25 cm, trout ( <i>Salmo trutta</i> ) above 1 kg or Arctic char above 1 kg ( <i>Salvelinus alpinus</i> )		
		All	Do not eat pike ( <i>Esox lucius</i> ), perch ( <i>Perca fluviatilis</i> ) above 25 cm, trout ( <i>Salmo trutta</i> ) above 1 kg or Arctic char ( <i>Salvelinus alpinus</i> ) above 1 kg more than once a month		
Spain	April 2011	Pregnant women, breastfeeding women, women of childbearing age and children	Do not eat swordfish, shark, bluefin tuna ( <i>Thunnus thynnus</i> ) and pike	Avoid	JECFA PTWI, national occurrence data on Hg in fish and national consumption data on fish

INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

Country	Year	Target group	Species	Recommended amounts for consumption	Scientific basis (TDI, methylmercury level for each fish species, exposure to methylmercury from fishery products and other etc.
		Children under 3 years old	Do not eat swordfish, shark, bluefin tuna ( <i>Thunnus thynnus</i> ) and pike	Avoid	
		Children from 3 up to 12 years old	Limit consumption of swordfish, shark, bluefin tuna ( <i>Thunnus thynnus</i> ) and pike	Up to 50 g/week or 100 g/2 weeks (do not eat any other fish of this group within the same week)	
United Kingdom		Pregnant women and women intending to become pregnant  Children (under 16)	Shark, Marlin and Swordfish  Tuna (Only for Pregnant women and women intending to become pregnant)	Avoid to eat  Avoid to eat more than four medium-sized cans or two fresh tuna steaks per week	
United States	2004	Women who may become pregnant, pregnant women, and nursing mothers          Young Children	1. Shark, Swordfish, King Mackerel, Tilefish  2. Variety of fish and shellfish  3. Fish caught by family and friends in local lakes, rivers and coastal areas	1. Do not eat  2. Eat up to 12 ounces (two average meals) a week  3. If no local advisories are available, eat up to 6 ounces (one average meal) per week of fish caught from local waters, but do not eat any other fish during that week  Follow above recommendation but serve smaller portions	Combination of national occurrence data in fish and national fish consumption data

**Anexo V: Datos de consumo en España de productos pesqueros y acuícolas (ENIDE 2011). (Fuente AESAN)**

			
ENIDE 2011			
Los datos están expresados: líquidos en ml/persona/día, sólidos en g/persona/día	Media	Desviación estandar	Consumo 99%
<b>Productos para nutrición especial o suplementos de diet</b>	0.78	10.65	13.50
<b>Productos del mar o relacionados</b>	89.19	74.08	325.83
<b>Pescados grasos</b>	15.68	35.87	148.33
Anguila	0.04	1.43	0.00
Angulas	0.01	0.73	0.00
Atún y bonito	1.62	9.58	50.00
Boquerón / Bocarte	2.45	13.53	66.67
Caballa / sarda / Verdel / Berdela / Verat	0.50	6.77	8.33
Emperador y pez espada	1.97	11.18	65.00
Huevas frescas	0.06	1.66	0.00
Jurel o chicharro / Sorell	0.75	8.26	0.00
Palometa / Japuta / Palometa negra / Castanyola	0.14	2.95	0.00
Rodaballo	0.09	2.60	0.00
Salmón	2.99	13.63	68.33
Salmonetes	0.20	3.85	0.00
Sardinas / Parrochas	3.58	19.06	100.00
Trucha / Reo	1.27	11.65	56.67
<b>Pescados magros</b>	41.41	49.92	206.67
Abadejo	0.03	1.10	0.00
Bacaladilla / Lirio / Maire	0.61	8.19	0.00
Bacalao fresco	3.67	15.35	76.67
Besugo	0.23	5.02	0.00
Brótola / Bertorella	0.03	1.24	0.00
Cabracho / Tiñoso / Escarpote	0.06	1.91	0.00
Calamares, sepia y similares	7.85	19.67	100.00
Congrio / Congre / Zafio	0.12	2.68	0.00
Dorada	2.89	15.55	100.00
Filetes de Fletán	0.21	3.52	0.00
Filetes de Gallo / Bruixa / Rapante	0.83	8.15	46.67
Filetes de Perca	0.42	5.07	0.00
Lenguado, gallo, acedías	4.32	18.35	100.00
Lubina / Róbalo	0.91	8.68	50.00
Merluza en rodajas	12.22	27.92	125.00
Mero / Cherna	0.56	5.61	25.83
Móllera / Faneca	0.24	4.69	0.00
Morena	0.01	0.49	0.00
Pescadilla, pijota	2.06	13.60	75.00
Pescaditos (chanquetes, morralla, etc.)	0.08	2.33	0.00
Pulpo	2.20	13.04	83.33
Rape Pixi / Pez sapo	1.45	8.92	50.00
Raya	0.41	6.91	0.00
<b>Otros pescados sin especificar</b>	3.78	15.78	81.67
Otros pescados grasos	0.38	4.16	0.67
Otros pescados magros	1.89	11.52	66.67
Pescado en general	1.51	10.35	50.00
<b>Crustáceos</b>	7.37	19.35	95.83
Cangrejos, nécoras y similares	0.22	3.37	0.00
Centollos	0.09	3.11	0.00
Cigalas	0.34	3.00	16.67
Langostinos	1.28	8.17	40.00
Gambas	5.07	14.95	72.08
Camarones	0.06	1.05	0.00
Langosta y bogavante	0.21	4.52	0.00
Percebes	0.04	1.89	0.00
Crustáceos en general	0.06	1.62	0.00
<b>Gasterópodos</b>	0.53	6.41	12.50
Caracolas	0.03	1.33	0.00
Caracoles	0.47	6.18	8.33
Lapas	0.03	1.04	0.00

ENIDE 2011			
Los datos están expresados: líquidos en ml/persona/día, sólidos en g/persona/día	Media	Desviación estandar	Consumo 99%
<b>Moluscos bivalvos</b>	6.40	21.47	104.33
Total Frescos	5.71	20.70	101.00
Total en conserva	0.68	5.06	23.33
<b>Almejas</b>	1.74	9.28	40.00
Conserva de almejas	0.05	1.43	0.00
Berberechos	0.41	3.06	16.67
Conserva de berberechos	0.05	0.84	0.00
Chirlas	0.17	1.87	6.67
Coquinas	0.03	0.66	0.00
Mejillones	3.15	16.04	66.67
Conserva de mejillones	0.55	4.60	23.33
Navajas	0.10	2.52	0.00
Conserva de navajas	0.03	0.81	0.00
Ostras	0.04	1.54	0.00
Vieiras	0.07	2.79	0.00
Zamburiñas	0.01	0.39	0.00
<b>Productos del mar procesados</b>	14.70	22.28	100.00
Pescado empanado y pasteles de pescado precocinados	0.11	2.76	0.00
Conservas de calamares y similares	0.07	1.56	0.00
Conservas en aceite de atún, bonito, caballa y otros	11.36	18.59	80.00
Conservas en aceite de sardinas	0.38	3.71	20.33
Conservas de anchoas	0.42	3.51	13.33
Conservas en escabeche de atún, bonito, caballa y otros	0.07	1.23	0.00
Conservas en escabeche de sardinas	0.05	1.32	0.00
Conserva de almejas	0.05	1.43	0.00
Conserva de berberechos	0.05	0.84	0.00
Conserva de mejillones	0.55	4.60	23.33
Conserva de navajas	0.03	0.81	0.00
Productos de huevas de pescado frescas	0.02	0.69	0.00
Salazones o ahumados de bacalao y otros pobres en grasa	0.01	0.40	0.00
Salazones ó ahumados de salmón	0.39	4.13	13.33
Surimi (palitos de cangrejo, colas de langosta, gulas, etc.)	1.11	6.52	33.33
Otros productos del mar	0.03	0.85	0.00

# INFORME DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LOS RIESGOS ESPECÍFICOS DEL MERCURIO EN EL PESCADO, Y PROPUESTAS PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LEGISLACIÓN APLICABLE AL CONTROL DE ESTE PARÁMETRO.

## Anexo VI: Poster presentado recientemente en el European Symposium on Food Safety (2014).

### FACTORS FOR UNCERTAINTY IN MERCURY RISK EVALUATION OF SEAFOOD CONSUMPTION.

R. G. Reboredo, M. Atanassova, V. Losada.  
ANFACO-CECOPESCA. Estrada do Colexio Universitario 16, Vigo. Spain. [rodrigo@anfaco.es](mailto:rodrigo@anfaco.es)

**OBJECTIVES:** The main objective is to give evidence of the critical factors involved, and the major drawbacks, in the estimation of the mercury intake from seafood consumption in the Spanish population. The study also widens discussion on the methodological approaches and potential accuracy of the present mercury risk assessments from seafood consumption.

**METHODS:** Around 12.000 analytical results of total mercury levels (mg/kg) in different seafood species (ANFACO-CECOPESCA 2005-2013 database) have been classified in several categories considering their taxonomic link, similarity of the mercury levels present within group species/products, the commercial denomination/categorization of seafood products in Spain, and their market importance. Additional information has been collected from literature for comparison purposes and in order to illustrate the main difficulties in mercury risk evaluation.

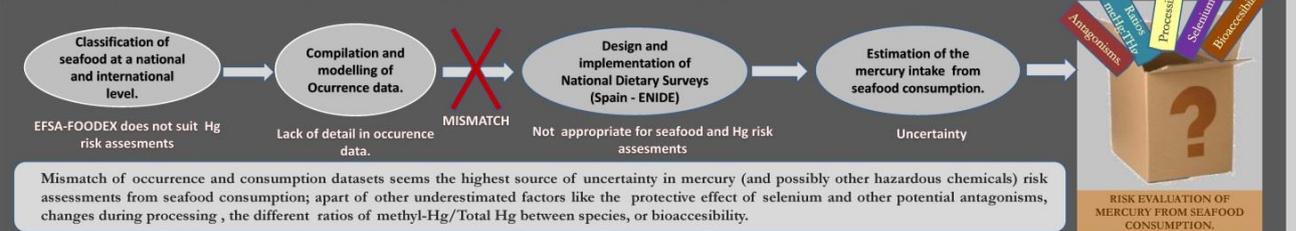
SPANISH SEAFOOD CATEGORIES	COMMERCIAL FORMATS IN SPAIN	N	Aver.	STD	MAX	MIN	% Posit.*	Media n	95th Perc.	% LCD*	SPANISH SEAFOOD CATEGORIES	COMMERCIAL FORMAT	N	Aver.	STD	MAX	MIN	% Posit.*	Median	95th Perc.	% LCD*
<b>Hakes and similar spp.</b>	Fresh, Frozen-Thawed, Roe	139	0,067	0,060	0,51	<0,05	0,72%	0,05	0,18	74,1%	<b>Mackerel</b>	Fresh, Frozen-Thawed, Smoked, Canned	210	0,055	0,033	0,47	<0,05	0,0%	0,05	0,08	93,3%
<b>Cusk-zeels</b>	Fresh, Frozen-Thawed	45	0,210	0,270	1,2	<0,05	2,2%	0,08	0,78	71,4%	<b>Bullet tunas, Bonitos</b>	Fresh, Frozen-Thawed, Canned	107	0,190	0,240	2,2	<0,05	3,7%	0,15	0,42	24,3%
<b>Gadoids: Cod, haddock, Saibbe, Pollock, ...</b>	Fresh, Frozen-Thawed, Light-salted, Desalted, Smoked, Roe, Liver.	97	0,090	0,112	0,72	<0,05	2,1%	0,05	0,18	75,2%	<b>White tuna</b>	Fresh, Frozen-Thawed, Smoked, Canned, Salted, Roe	144	0,300	0,250	1,8	<0,05	2,8%	0,24	0,98	4,2%
<b>Grenadiers and forkeheads.</b>	Fresh, Frozen-Thawed	33	0,086	0,054	0,23	<0,05	0,0%	0,05	0,20	51,5%	<b>Bluefin tuna</b>	Fresh, Frozen-Thawed	358	0,391	0,301	3,13	<0,01	3,1%	0,34	0,9615	0,6%
<b>Small Pelagic fishes: Mergul, flounder, plaice, sole, ...</b>	Fresh, Frozen-Thawed	26	0,050	0,027	0,17	<0,05	0,0%	0,05	0,068	88,8%	<b>Skipjack tuna</b>	Smoked, Frozen-Thawed, Canned	111	0,134	0,092	0,49	<0,05	0,0%	0,13	0,295	32,4%
<b>Turbot (Aguac.)</b>	Fresh, Frozen-Thawed	42	0,049	0,005	<0,10	<0,05	0,0%	0,05	0,05	100,0%	<b>Yellowfin Tuna</b>	Fresh, Frozen-Thawed	315	0,252	0,237	1,4	<0,05	1,3%	0,180	0,740	14,3%
<b>Halibuts</b>	Fresh, Frozen-Thawed	91	0,070	0,040	0,19	<0,05	0,0%	0,05	0,14	63,7%	<b>Bigeye Tuna</b>	Fresh, Frozen-Thawed	80	0,448	0,249	1,3	<0,10	2,5%	0,415	0,904	3,8%
<b>Sardine, herring, shad and similar spp.</b>	Fresh, Frozen-Thawed, Salted, Canned	159	0,049	0,011	0,12	<0,05	0,00%	0,05	0,051	93,7%	<b>Light Tuna (Canned)</b>	Fresh, Frozen-Thawed	672	0,216	0,221	1,89	<0,05	1,2%	0,150	0,634	1,6%
<b>Small pelagic fishes: Anchovy, capelin, smelt, ...</b>	Fresh, Frozen-Thawed, Salted, Canned	411	0,063	0,038	0,32	<0,05	0,0%	0,050	0,150	83,5%	<b>Skates</b>	Light Tuna (Canned)	12	0,258	0,436	1,63	<0,05	8,3%	0,105	1,05	25,0%
<b>Small gadoids: Whiting, ...</b>	Fresh, Frozen-Thawed	4	0,050	0,000	<0,10	<0,10	0,0%	0,05	0,05	100,0%	<b>Shorfin-mako, similar spp.</b>	Fresh, Frozen-Thawed	2073	0,396	0,475	5,5	<0,05	8,9%	0,500	1,300	1,4%
<b>Monkfishes</b>	Fresh, Frozen-Thawed	40	0,100	0,070	0,31	0,05	0,0%	0,05	0,22	55,0%	<b>Blue Shark, similar spp.</b>	Fresh, Frozen-Thawed	2812	0,586	0,300	3,6	<0,05	7,2%	0,530	1,100	0,3%
<b>Slimeheads and redfishes</b>	Fresh, Frozen-Thawed	5	0,278	0,131	0,37	0,05	0,0%	0,31	0,37	20,0%	<b>Other sharks</b>	Fresh, Frozen-Thawed	148	1,879	1,219	6,46	0,14	69,6%	1,600	4,060	0,0%
<b>Goatfishes</b>	Fresh, Frozen-Thawed	7	0,056	0,029	0,10	<0,05	0,0%	0,05	0,097	42,8%	<b>Cuttlefishes</b>	Fresh, Frozen-Thawed	30	0,026	0,005	0,05	<0,05	0,0%	0,025	0,025	96,7%
<b>John Dories</b>	Fresh, Frozen-Thawed	2	0,150	0,141	0,25	<0,05	0,0%	0,15	0,240	50,0%	<b>Squids</b>	Fresh, Frozen-Thawed, Canned	522	0,047	0,014	0,16	<0,05	0,0%	0,05	0,05	97,5%
<b>Pomfrets</b>	Fresh, Frozen-Thawed, Smoked	28	0,119	0,126	0,56	<0,05	5,6%	0,05	0,361	67,9%	<b>Octopus</b>	Fresh, Frozen-Thawed, Canned, Dried	78	0,031	0,033	0,3	<0,05	0,0%	0,025	0,029	98,7%
<b>Jack mackerels and scads</b>	Fresh, Frozen-Thawed	11	0,181	0,104	0,32	0,05	0,0%	0,2	0,515	27,3%	<b>Mussels</b>	Fresh, Frozen-Thawed, Canned	351	0,049	0,007	0,12	<0,05	0,0%	0,05	0,05	99,4%
<b>Groupers</b>	Fresh, Frozen-Thawed	1	0,050	-	<0,10	<0,10	-	-	-	100,0%	<b>Clams</b>	Fresh, Frozen-Thawed, Canned	77	0,025	0,000	<0,05	<0,05	0,0%	0,025	0,025	100,0%
<b>Congers</b>	Fresh, Frozen-Thawed	40	0,100	0,110	0,6	<0,05	0,0%	0,05	0,32	67,5%	<b>Cockles</b>	Fresh, Frozen-Thawed, Canned	30	0,049	0,016	0,1	<0,05	0,0%	0,05	0,076	86,7%
<b>Rockfishes</b>	Fresh, Frozen-Thawed	40	0,100	0,110	0,6	<0,05	0,0%	0,05	0,32	67,5%	<b>Oysters</b>	Fresh, Frozen-Thawed	11	0,025	0,000	<0,05	<0,05	0,0%	0,025	0,025	100,0%
<b>Croaker, seabass (Aguac.)</b>	Fresh, Frozen-Thawed	18	0,075	0,041	0,17	<0,05	0,0%	0,05	0,162	61,1%	<b>Scallops</b>	Fresh, Frozen-Thawed, Canned	118	0,044	0,010	0,05	<0,05	0,0%	0,05	0,05	99,2%
<b>Red seabream</b>	Fresh, Frozen-Thawed	13	0,069	0,037	0,16	<0,05	0,0%	0,05	0,13	61,5%	<b>Razorshells</b>	Fresh, Frozen-Thawed, Canned	6	0,079	0,084	0,25	<0,05	0,0%	0,05	0,20	83,3%
<b>Seabream (Aguac.)</b>	Fresh, Frozen-Thawed	1	0,025	-	<0,05	<0,05	-	-	-	100,0%	<b>Barnacles</b>	Fresh, Frozen-Thawed	23	0,080	0,047	0,19	<0,05	0,0%	0,05	0,187	73,9%
<b>Porgies</b>	Fresh, Frozen-Thawed	1	0,025	-	<0,05	<0,05	-	-	-	100,0%	<b>Crabs</b>	Fresh, Frozen-Thawed	9	0,060	0,022	0,14	<0,05	0,0%	0,05	0,096	66,6%
<b>Eels</b>	Fresh, Frozen-Thawed	3	0,050	-	<0,10	<0,10	-	-	-	100,0%	<b>Lobsters</b>	Fresh, Frozen-Thawed	98	0,071	0,105	0,65	<0,05	3,1%	0,05	0,189	88,8%
<b>Salmons</b>	Fresh, Frozen-Thawed, Smoked, Roe	38	0,054	0,046	0,29	<0,05	0,0%	0,05	0,116	92,1%	<b>Prawns</b>	Fresh, Frozen-Thawed	32	0,048	0,006	<0,10	<0,05	0,0%	0,05	0,05	100,0%
<b>Catfish, pike, sturgeon, ...</b>	Fresh, Frozen-Thawed, Smoked, Roe	50	0,047	0,013	0,12	<0,05	0,0%	0,05	0,05	98,0%	<b>Surimi Products</b>	Chilled, Frozen-Thawed	7	0,060	0,026	0,12	<0,10	0,0%	0,05	0,099	85,7%
<b>Pangasius, tilapia</b>	Fresh, Frozen-Thawed	50	0,047	0,013	0,12	<0,05	0,0%	0,05	0,05	98,0%	<b>Sea cucumber, Sea urchin</b>	Fresh, Frozen-Thawed, Canned	7	0,060	0,026	0,12	<0,10	0,0%	0,05	0,099	85,7%
<b>Other continental fish</b>	Fresh, Frozen-Thawed	4052	0,486	0,379	4,2	<0,05	6,3%	0,43	1,1	10,2%	<b>Marine Snails</b>	Fresh, Frozen-Thawed									
<b>Swordfishes</b>	Fresh, Frozen-Thawed, Smoked, Canned	103	0,453	0,262	1,3	<0,05	2,9%	0,410	0,907	4,9%	<b>Seaweed</b>	Fresh, Frozen-Thawed, Canned, Dried	4	0,050	0,000	<0,10	<0,10	0,0%	0,05	0,05	100,0%
<b>Big pelagic fish: mahi-mahi, Escolar, barracuda, ...</b>	Fresh, Frozen-Thawed	1	0,230	-	-	-	-	-	-	-											
<b>Scabbardfishes</b>	Fresh, Frozen-Thawed	1	0,230	-	-	-	-	-	-	-											

**RESULTS:** Occurrence data accounting for the vast majority of the seafood consumption in Spain reveal that most of the species have low total mercury levels. As it has been widely reported, the highest average contents were present in big pelagic fish like swordfish, marlin, sharks, mahi-mahi, oilfish, ... These fish products are also the ones that display the highest variability, probably related to different size/origin. To the contrary of recent references (EFSA, 2012), tunas should not be considered as a group since great differences are present between species. The highest Spanish consumption of tuna is from canned products where the low mercury level species are predominant as raw materials. It should also be underlined that occurrence data in groups with cultured and wild species should be specifically modelled and weighed to their real presence in final markets; as is the case of turbot, seabass, salmon, and seabream in Spain. Fish offal and roe from different fish should not be aggregated, since mercury contents in these products are related to species. The rest of the marine food products (excluding fish and marine mammals), like crustaceans, mollusks, seaweed or holothurians show minimum mercury contents. Only very few species, and with a minor market share, show problems of compliance with present legal tolerances laid down in Reg. CE 1881/2006. To the contrary, there are several cases where the extended tolerance, which doubles the base level up to 1 mg-Hg/Kg, might not be necessary according to data from this study and other recent references. Moreover, and probably because of the international ignorance on seafood diversity, the information given in Reg. CE 1881/2006 for the Portuguese Dogfish (*Centroscymnus ocoletus*) becomes redundant since it belongs to the shark group. It has been not possible to match occurrence and consumption data in the estimation of mercury dietary intake in the Spanish Population derived from seafood. Present available data from the Spanish National Dietary survey (ENIDE) lack critical information which is essential for an accurate approach.

	Very Low	Low	Moderate	High
Average (mg/kg)	< 0,15 ppm	0,15-0,30	>0,30-0,45	>0,45
Percent. 95 (mg/kg)	0,0,3	>0,3-0,7	>0,7-1,2	>1,2

Groups of species.	Species with extended tolerance (ppm) in Reg. CE 1881 / 2006.	ANFACO data (2005-2013)	EFSA data * (1999 - 2010)	FDA data ** (1999 - 2010)	Karimi et al. * data (2011)
Flatfishes	<i>Lepidion spp.</i>	Very Low level	Very Low level	Very Low level	Very Low level
Halibuts	<i>Hippoglossus hippoglossus</i>	Very Low level	Low level	Low level	Low level
Monkfish	<i>Lophius spp.</i>	Very Low level	Low level	Low level	Low level
Gadoids, grenadiers, hakes	<i>Coryphaenoides rupestris</i> , <i>Trisopterus minutus</i>	Very Low level	Very Low level	Very Low level	Very Low level
Goatfish	<i>Mullus spp.</i>	Very Low level	Low level	Very Low level	Very Low level
Rockfish, Scorpion fish	<i>Sebastes marinus</i> , <i>S. mentella</i> , <i>S. viviparus</i>	Very Low level	Low level	Low level	Very Low level
Eels	<i>Anguilla spp.</i>	Very Low level	Low level	Low level	Low level
Porgies	<i>Pagellus spp.</i>	Very Low level	Low level	Low level	Very Low level
Slimeheads, orange roughy	<i>Hoplostethus spp.</i>	Moderate level	Low level	High level	Moderate level
Scabbardfishes	<i>Aphanopus carbo</i> , <i>Lepidopus caudatus</i>	Low level	Low level	Moderate level	Low level
Swordfish, Marlin, Sailfish	<i>Makaira spp.</i> , <i>Istiophorus platypterus</i> , <i>Xiphias gladius</i>	High level	High level	High level	High level
Oilfish, Escolar	<i>Lepidocybium flavobrunneum</i> , <i>Ruvettus pretiosus</i> , <i>Gempylus serpens</i>	Moderate level	Low level	Low level	Low level
Barracuda	Not any species included	Moderate level	Low level	Low level	Low level
Bonitos, other tuna.	<i>Oreochromis unicolor</i> , <i>Sarda sarda</i> , <i>Euthynnus spp.</i>	Very Low level	Low level	Low level	Moderate level
Skipjack tuna	<i>Katsuwonus pelamis</i>	Very Low level	Low level	Very Low level	Low level
Yellowfin tuna		Low level	Low level	Moderate level	Low level
Bluefin tuna		Moderate level	Low level	High level	High level
Bigeye tuna	<i>Thunnus spp.</i>	Moderate level	Low level	High level	High level
Albacore		Low level	Low level	Moderate level	Moderate level
Skates, Rays	<i>Raja spp.</i>	Moderate level	Low level	Very Low level	Very Low level
Shortfin mako		High level	High level	High level	High level
Blue shark		High level	High level	High level	High level
Hammerhead shark		High level	High level	High level	High level
Other sharks species	All species. <i>Centroscymnus cooleolepis</i> ?	High level	High level	High level	High level

**DISCUSSION:** Mercury risk assessments derived from seafood consumption involves dealing with information of a different nature, like analytical chemistry, toxicology, and more specially industrial production and market issues. Occurrence data should be carefully aggregated, weighed and modelled in order to obtain homogenous and representative descriptive statistics of the groups of species. Complementary, the classification of the seafood products present in national/international markets is a critical factor which conditions the design and implementation of the National Dietary Surveys, and therefore the available consumption data. Classification system of seafood (FOODEX) used in recent mercury risk assessments (EFSA, 2012) has been recognized as inappropriate, and it is presently being optimized to FOODEX2. In addition, the last Spanish National Dietary Survey (ENIDE) does not include a suitable classification of seafood that allows matching occurrence and consumption datasets. This critically compromises the development of Dietary Risk Exposure Studies with an acceptable level of accuracy. The design of these Dietary surveys should include in depth information of the common industrial processes, market practices and commercial categories. Likewise, the aggregation of occurrence data should be equally consequent to the real situation in the market.



\*EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. EFSA Journal 2012;10(12):2985. - \*FDA 1990-2010. "National Marine Fisheries Service Survey of Trace Elements in the Fishery Resource" Report 1978. - \*Karimi R, Fitzgerald TP, Fisher NS (2012) A Quantitative Synthesis of Mercury in Commercial Seafood and Implications for Exposure in the United States. Environ Health Perspect. 120: 1512-1519. - \*Resolución de 22 de marzo de 2011, de la Secretaría General del Mar, por la que se establece y se publica el listado de denominaciones comerciales de especies pesqueras y de acuicultura admitidas en España. - \* <http://www.anfaco.es>. \* L.C.D: Left censored data - LOQ= 0,10 mg/kg (HG-AAS) and 0,05 mg/kg (ET-AAS). \* % Posit.: Percentage of values beyond legal tolerances laid down in Regulation 1881 / 2006.

## Anexo VII: Bibliografía

1. Adams, D. H. (2010). "Mercury in wahoo, *Acanthocybium solandri*, from offshore waters of the southeastern United States and the Bahamas." *Marine Pollution Bulletin* 60(1): 148-151.
2. AESAN, Comité Científico. (2010). "Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en relación a los niveles de mercurio establecidos para los productos de la pesca."
3. Afonso, C., H. M. Lourenço, C. Pereira, M. F. Martins, M. L. Carvalho, M. Castro and M. L. Nunes (2008). "Total and organic mercury, selenium and  $\alpha$ -tocopherol in some deep-water fish species." *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88(14): 2543-2550.
4. Agah, H., M. Leermakers, M. Elskens, S. M. R. Fatemi and W. Baeyens (2006). "Total Mercury and Methyl Mercury Concentrations in Fish from the Persian Gulf and the Caspian Sea." *Water, Air, and Soil Pollution* 181(1-4): 95-105.
5. Agusa, T., T. Kunito, S. Tanabe, M. Pourkazemi and D. G. Aubrey (2004). "Concentrations of trace elements in muscle of sturgeons in the Caspian Sea." *Mar Pollut Bull* 49(9-10): 789-800.
6. Anan, Y., K. Ishiwata, N. Suzuki, S. Tanabe and Y. Ogra (2011). "Speciation and identification of low molecular weight selenium compounds in the liver of sea turtles." *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 26(1): 80-85.
7. Andersen, J. L. and M. H. Depledge (1997). "A survey of total mercury and methylmercury in edible fish and invertebrates from Azorean waters." *Marine Environmental Research* 44(3): 331-350.
8. ATSDR, U. (1999). "Toxicological profile for mercury." Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health and Human Services.
9. Authority, E. F. S. (2012). "Scientific opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food." *EFSA J* 10(12).
10. Baeyens, W., M. Leermakers, T. Papina, A. Saprykin, N. Brion, J. Noyen, M. De Gieter, M. Elskens and L. Goeyens (2003). "Bioconcentration and biomagnification of mercury and methylmercury in North Sea and Scheldt estuary fish." *Archives of environmental contamination and toxicology* 45(4): 498-508.
11. Bemrah, N., V. Sirot, J.-C. Leblanc and J.-L. Volatier (2009). "Fish and seafood consumption and omega 3 intake in French coastal populations: CALIPSO survey." *Public health nutrition* 12(05): 599-608.
12. Berntssen, M. H., K. Hylland, A. K. Lundebye and K. Julshamn (2004). "Higher faecal excretion and lower tissue accumulation of mercury in Wistar rats from contaminated fish than from methylmercury chloride added to fish." *Food Chem Toxicol.* 42: 1359-1366.
13. Berry, M. J. and N. V. Ralston (2008). "Mercury toxicity and the mitigating role of selenium." *Ecohealth* 5(4): 456-459.
14. Besada, V., J. M. Andrade, F. Schultze and J. J. González (2009). "Heavy metals in edible seaweeds commercialised for human consumption." *Journal of Marine Systems* 75(1-2): 305-313.
15. Beyrouy, P. and H. M. Chan (2006). "Co-consumption of selenium and vitamin E altered the reproductive and developmental toxicity of methylmercury in rats." *Neurotoxicology and teratology* 28(1): 49-58.
16. Bjerregaard, P., S. Fjordside, M. G. Hansen and M. B. Petrova (2011). "Dietary selenium reduces retention of methyl mercury in freshwater fish." *Environmental science & technology* 45(22): 9793-9798.
17. Bjorkman, L., B. F. Lundekvam, T. Laegreid, B. I. Bertelsen, I. Morild, P. Lilleng, B. Lind, B. Palm and M. Vahter (2007). "Mercury in human brain, blood, muscle and toenails in relation to exposure: an autopsy study." *Environ Health* 6: 30.
18. Blanco, S. L., J. C. Gonzalez and J. M. Vieites (2008). "Mercury, cadmium and lead levels in samples of the main traded fish and shellfish species in Galicia, Spain." *Food Addit Contam Part B Surveill* 1(1): 15-21.
19. Bonsignore, M., D. Salvagio Manta, E. Oliveri, M. Sprovieri, G. Basilone, A. Bonanno, F. Falco, A. Traina and S. Mazzola (2013). "Mercury in fishes from Augusta Bay (southern Italy): Risk assessment and health implication." *Food and Chemical Toxicology* 56(0): 184-194.

20. Bourdineaud, J. P., M. Fujimura, M. Laclau, M. Sawada and A. Yasutake (2011). "Deleterious effects in mice of fish-associated methylmercury contained in a diet mimicking the Western populations' average fish consumption." *Environ Int* 37: 303-313.
21. Brambilla, G., M. C. Abete, G. Binato, E. Chiaravalle, M. Cossu, E. Dellatte, R. Miniero, R. Orletti, P. Piras, A. Roncarati, A. Ubaldi and G. Chessa (2013). "Mercury occurrence in Italian seafood from the Mediterranean Sea and possible intake scenarios of the Italian coastal population." *Regul Toxicol Pharmacol* 65(2): 269-277.
22. Branco, V., J. Canário, C. Vale, J. Raimundo and C. Reis (2004). "Total and organic mercury concentrations in muscle tissue of the blue shark (*Prionace glauca* L.1758) from the Northeast Atlantic." *Marine Pollution Bulletin* 49(9): 871-874.
23. Branco, V., C. Vale, J. Canário and M. N. d. Santos (2007). "Mercury and selenium in blue shark (*Prionace glauca*, L. 1758) and swordfish (*Xiphias gladius*, L. 1758) from two areas of the Atlantic Ocean." *Environmental Pollution* 150(3): 373-380.
24. Buettner, C. (2003). "Mercury and the risk of myocardial infarction. ." *N. Engl. J. Med.* 348: 2151-2154.
25. Burger, J., C. Dixon, S. Boring and M. Gochfeld (2003). "Effect of Deep-Frying Fish on Risk from Mercury." *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 66(9): 817-828.
26. Burger, J. and M. Gochfeld (2005). "Heavy metals in commercial fish in New Jersey." *Environ Res* 99(3): 403-412.
27. Burger, J. and M. Gochfeld (2011). "Mercury and selenium levels in 19 species of saltwater fish from New Jersey as a function of species, size, and season." *Science of The Total Environment* 409(8): 1418-1429.
28. Burger, J. and M. Gochfeld (2012). "Selenium and mercury molar ratios in saltwater fish from New Jersey: Individual and species variability complicate use in human health fish consumption advisories." *Environmental Research* 114(0): 12-23.
29. Burger, J. and M. Gochfeld (2013). "Selenium and mercury molar ratios in commercial fish from New Jersey and Illinois: variation within species and relevance to risk communication." *Food Chem Toxicol* 57: 235-245.
30. Burger, J., M. Gochfeld, C. Jeitner, S. Burke, T. Stamm, R. Snigaroff, D. Snigaroff, R. Patrick and J. Weston (2007). "Mercury levels and potential risk from subsistence foods from the Aleutians." *Sci Total Environ* 384(1-3): 93-105.
31. Burger, J., M. Gochfeld, C. Jeitner, M. Donio and T. Pittfield (2012). "Interspecific and intraspecific variation in selenium:mercury molar ratios in saltwater fish from the Aleutians: potential protection on mercury toxicity by selenium." *Sci Total Environ* 431: 46-56.
32. Burger, J., C. Jeitner, M. Donio, T. Pittfield and M. Gochfeld (2013). "Mercury and selenium levels, and selenium:mercury molar ratios of brain, muscle and other tissues in bluefish (*Pomatomus saltatrix*) from New Jersey, USA." *Science of The Total Environment* 443(0): 278-286.
33. Burger, J., A. H. Stern and M. Gochfeld (2004). "Mercury in Commercial Fish: Optimizing Individual Choices to Reduce Risk." *Environmental Health Perspectives* 113(3): 266-271.
34. Cabanero, A. I., Y. Madrid and C. Cámara (2007). "Mercury-selenium species ratio in representative fish samples and their bioaccessibility by an in vitro digestion method." *Biol Trace Elem Res* 119(3): 195-211.
35. Cabañero, A., C. Carvalho, Y. Madrid, C. Batoreu and C. Cámara (2005). "Quantification and speciation of mercury and selenium in fish samples of high consumption in Spain and Portugal." *Biological Trace Element Research* 103(1): 17-35.
36. Cabañero, A. I., Y. Madrid and C. Cámara (2004). "Selenium and mercury bioaccessibility in fish samples: an in vitro digestion method." *Analytica Chimica Acta* 526(1): 51-61.
37. Cabañero Ortiz, A. I. (2006). *Acumulación-interacción de especies de mercurio y selenio en tejidos animales desarrollo de nuevas metodologías de análisis*, Universidad Complutense de Madrid, Tesis Doctoral ISBN: 84-669-2837-5.
38. Cabañero, A. I., C. Carvalho, Y. Madrid, C. Batoreu and C. Cámara (2005). "Quantification and speciation of mercury and selenium in fish samples of high consumption in Spain and Portugal." *Biological trace element research* 103(1): 17-35.

39. Cai, Y., S. Monsalud, K. G. Furton, R. Jaffar and R. D. Jones (1998). "Determination of methylmercury in fish and aqueous samples using solid-phase microextraction followed by gas chromatography and atomic fluorescence spectrometry." *Applied organometallic chemistry* 12(8): 565-569.
40. Cai, Y., J. R. Rooker, G. A. Gill and J. P. Turner (2007). "Bioaccumulation of mercury in pelagic fishes from the northern Gulf of Mexico." *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 64(3): 458-469.
41. Cairns, W. R. L., M. Ranaldo, R. I. Hennebelle, C. Turetta, G. Capodaglio, C. F. Ferrari, A. I. Dommergue, P. Cescon and C. Barbante (2008). "Speciation analysis of mercury in seawater from the lagoon of Venice by on-line pre-concentration HPLC-ICP-MS." *Analytica chimica acta* 622(1): 62-69.
42. Calatayud, M., V. Devesa, J. R. Virseda, R. Barberá, R. Montoro and D. Vélez (2012). "Mercury and selenium in fish and shellfish: Occurrence, bioaccessibility and uptake by Caco-2 cells." *Food and Chemical Toxicology* 50(8): 2696-2702.
43. Cappon, C. J. and J. C. Smith (1982). "Chemical form and distribution of mercury and selenium in canned tuna." *Journal of Applied Toxicology* 2(4): 181-189.
44. Caputi, N., J. S. Edmonds and D. I. Heald (1979). "Mercury content of shark from south-Western Australian waters." *Marine Pollution Bulletin* 10(11): 337-340.
45. Carrasco, L., C. Barata, E. García-Berthou, A. Tobias, J. M. Bayona and S. DÍez (2011). "Patterns of mercury and methylmercury bioaccumulation in fish species downstream of a long-term mercury-contaminated site in the lower Ebro River (NE Spain)." *Chemosphere* 84(11): 1642-1649.
46. Carrington, C., B. Montwill and P. Bolger (2004). "An intervention analysis for the reduction of exposure to methylmercury from the consumption of seafood by women of child-bearing age." *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 40(3): 272-280.
47. Carrington, C. D. and M. P. Bolger (2002). "An exposure assessment for methylmercury from seafood for consumers in the United States." *Risk Analysis* 22(4): 689-699.
48. Carrington, C. D. and P. M. Bolger (2000). "A pooled analysis of the Iraqi and Seychelles methylmercury studies." *Human and Ecological Risk Assessment* 6(2): 323-340.
49. Carvalho, C. M., E. H. Chew, S. I. Hashemy, J. Lu and A. Holmgren (2008). "Inhibition of the human thioredoxin system. A molecular mechanism of mercury toxicity." *J Biol Chem* 283(18): 11913-11923.
50. Chapman, L. and H. M. Chan (2000). "The influence of nutrition on methylmercury intoxication." *Environ Health Perspect* 108: 29-56.
51. Chen, C., H. Yu, J. Zhao, B. Li, L. Qu, S. Liu, P. Zhang and Z. Chai (2006). "The roles of serum selenium and selenoproteins on mercury toxicity in environmental and occupational exposure." *Environmental health perspectives*: 297-301.
52. Chen, C. Y. (2006). "Mercury Levels of Seafood Commonly Consumed in Taiwan."
53. Chen, C. Y., N. Serrell, D. C. Evers, B. J. Fleishman, K. F. Lambert, J. Weiss, R. P. Mason and M. S. Bank (2008). "Meeting report: Methylmercury in marine ecosystems--from sources to seafood consumers." *Environ Health Perspect* 116(12): 1706-1712.
54. Chen, M. H., C. Y. Chen, S. K. Chang and S. W. Huang (2007). "Total and organic mercury concentrations in the white muscles of swordfish (*Xiphias gladius*) from the Indian and Atlantic oceans." *Food Addit Contam* 24(9): 969-975.
55. Chicourel, E. L., A. M. Sakuma, O. Zenebon and A. Tenuta-Filho (2001). "Inefficacy of cooking methods on mercury reduction from shark." *Archivos latinoamericanos de nutricion* 51(3): 288.
56. Choi, A. L., E. Budtz-Jorgensen, P. J. Jorgensen, U. Steuerwald, F. Debes, P. Weihe and P. Grandjean (2008). "Selenium as a potential protective factor against mercury developmental neurotoxicity." *Environ Res* 107(1): 45-52.
57. Codex Committee on Contaminants in Foods. (WHO/FAO). Food Standards Programme. Discussion paper on the review of the guideline levels for methylmercury in fish and predatory fish. Seventh Session Moscow, Russian Federation, 8 – 12 April 2013.
58. Commission European. (2013). "RASFF 2013. Preliminary Report "
59. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 establishing the heavy metals cadmium, lead and mercury, maximum levels in certain foods"

60. Comisión Europea. Reglamento (CE) nº 333/2007 de la comisión de 28 de marzo de 2007, por el que se establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los niveles de plomo, cadmio, mercurio, estaño inorgánico, 3-MCPD e hidrocarburos aromáticos policíclicos en los productos alimenticios. (DO L 88 de 29.3.2007, p. 29).
61. Comisión Europea. Reglamento (CE) Nº 882/2004 Del Parlamento Europeo Y Del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre los controles oficiales efectuados para garantizar la verificación del cumplimiento de la legislación en materia de piensos y alimentos y la normativa sobre salud animal y bienestar de los animales.
62. Cortes, S. and A. Fortt (2007). "Mercury content in Chilean fish and estimated intake levels." *Food Additives & Contaminants* 24(9): 955-959.
63. Costa, V., H. M. Lourenço, I. Figueiredo, L. Carvalho, H. Lopes, I. Farias, L. Pires, C. Afonso, A. R. Vieira and M. L. Nunes (2009). "Mercury, cadmium and lead in black scabbardfish (*Aphanopus carbo* Lowe, 1839) from mainland Portugal and the Azores and Madeira archipelagos." *Scientia Marina* 73(S2): 77-88.
64. Counter, S. A. and L. H. Buchanan (2004). "Mercury exposure in children: a review." *Toxicol Appl Pharmacol* 198(2): 209-230.
65. Crespo-López, M., A. Herculanob, T. Corveloa and J. Do Nascimento (2005). "Mercurio y neurotoxicidad." *Rev Neurol* 40(7): 441-447.
66. Crump, K. S., C. Van Landingham, C. Shamlaye, C. Cox, P. W. Davidson, G. J. Myers and T. W. Clarkson (2000). "Benchmark concentrations for methylmercury obtained from the Seychelles Child Development Study." *Environmental Health Perspectives* 108(3): 257.
67. Cuadrado, C., J. Kumpulainen and O. Moreiras (1995). "Lead, cadmium and mercury contents in average Spanish market basket diets from Galicia, Valencia, Andalucía and Madrid." *Food Additives & Contaminants* 12(1): 107-118.
68. Cuello, S., P. Ximenez-Embun, I. Ruppen, H. B. Schonhaler, K. Ashman, Y. Madrid, J. L. Luque-Garcia and C. Camara (2012). "Analysis of protein expression in developmental toxicity induced by MeHg in zebrafish." *Analyst* 137(22): 5302-5311.
69. Cuvin-Aralar, M. L. A. and R. W. Furness (1991). "Mercury and selenium interaction: A review." *Ecotoxicology and Environmental Safety* 21(3): 348-364.
70. Dabeka, R. W., A. D. McKenzie and D. S. Forsyth (2011). "Levels of total mercury in predatory fish sold in Canada in 2005." *Food Additives & Contaminants: Part A* 28(6): 740-743.
71. Dang, F. and W.-X. Wang (2011). "Antagonistic interaction of mercury and selenium in a marine fish is dependent on their chemical species." *Environmental science & technology* 45(7): 3116-3122.
72. Davidson, P. W., G. J. Myers and B. Weiss (2004). "Mercury exposure and child development outcomes." *Pediatrics* 113(Supplement 3): 1023-1029.
73. Davis, J. A., R. E. Looker, D. Yee, M. Marvin-Di Pasquale, J. L. Grenier, C. M. Austin, L. J. McKee, B. K. Greenfield, R. Brodberg and J. D. Blum (2012). "Reducing methylmercury accumulation in the food webs of San Francisco Bay and its local watersheds." *Environ Res* 119: 3-26.
74. Day, J. J., N. Miranda, M. Reedb and C. Newland (2005). "Neuromotor deficits and mercury concentrations in rats exposed to methyl mercury and fish oil." *Neurotoxicology and Teratology* 27: 629-641.
75. De Pinho, A. P., J. R. D. e. Guimarães, A. S. Martins, P. A. S. Costa, G. Olavo and J. Valentin (2002). "Total Mercury in Muscle Tissue of Five Shark Species from Brazilian Offshore Waters: Effects of Feeding Habit, Sex, and Length." *Environmental Research* 89(3): 250-258.
76. Devesa, V., D. Vélez and R. Montoro (2008). "Effect of thermal treatments on arsenic species contents in food." *Food Chem Toxicol.* 46: 1-8.
77. Djedjibegovic, J., T. r. Larssen, A. Skrbo, A. Marjanović and M. Sober (2012). "Contents of cadmium, copper, mercury and lead in fish from the Neretva river (Bosnia and Herzegovina) determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)." *Food Chemistry* 131(2): 469-476.
78. Domingo, J. L. (2010). "Influence of cooking processes on the concentrations of toxic metals and various organic environmental pollutants in food: a review of the published literature." *Critical reviews in food science and nutrition* 51(1): 29-37.
79. Drevnick, P. E. (2007). *Methylmercury in fish: accumulation, toxicity, and temporal trends*, Miami University.

80. Eisler, R. (2000). "Handbook of chemical risk assessment: health hazards to humans, plants, and animals, vol 3. Boca Raton, FL: CRC Press.
81. Endo, T., K. Haraguchi and M. Sakata (2003). "Renal toxicity in rats after oral administration of mercury-contaminated boiled whale livers marketed for human consumption." *Arch Environ Contam Toxicol.* 44: 412-416.
82. Endo, T., K. Haraguchi, Y. Hotta, Y. Hisamichi, S. Lavery, M. L. Dalebout and C. S. Baker (2005). "Total mercury, methyl mercury, and selenium levels in the red meat of small cetaceans sold for human consumption in Japan." *Environmental science & technology* 39(15): 5703-5708.
83. Environmental Protection Agency (EPA) (2001). Update, Mercury: Impact on Fish Advisories. EPA Fact Sheet EPA-823-F-01-011.
84. Escobar-Sánchez, O., F. Galván-Magaña and R. Rosales-Martínez (2011). "Biomagnification of Mercury and Selenium in Blue Shark *Prionace glauca* from the Pacific Ocean off Mexico." *Biological Trace Element Research* 144(1-3): 550-559.
85. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. *EFSA Journal* 2012;10(12):2985 [241 pp.].
86. Fairweather-Tait, S. J., R. Collings and R. Hurst (2010). "Selenium bioavailability: current knowledge and future research requirements." *Am J Clin Nutr* 91(5): 1484S-1491S.
87. Fang, G., D. Nam and N. Basu (2011). "Mercury and selenium content of Taiwanese seafood." *Food Additives and Contaminants: Part B* 4(3): 212-217.
88. Farias, L. A., D. I. Fávaro, J. O. Santos, M. B. Vasconcellos, A. P. Artemiza Pessôa, J. P. Lopes Aguiar and L. Yuyama (2010). "Cooking process evaluation on mercury content in fish." *Acta Amazonica* 40: 741-748.
89. Federal Drug Administration (US). 1990-2010. "National Marine Fisheries Service Survey of Trace Elements in the Fishery Resource" Report 1978.
90. Flores-Mateo, G., A. Navas-Acien, R. Pastor-Barriuso and E. Guallar (2006). "Selenium and coronary heart disease: A meta-analysis." *American Journal of Clinical Nutrition* 84(4): 762-773.
91. Gall, K. L., W. S. Otwell, J. A. Koburgier and H. Appledorf (1983). "Effects of Four Cooking Methods on the Proximate, Mineral and Fatty Acid Composition of Fish Fillets." *Journal of Food Science* 48(4): 1068-1074.
92. Ganther, H., C. Goudie, M. Sunde, M. Kopecky, P. Wanger, S. Hoh and W. Hoekstra (1972). "Selenium: relation to decreased toxicity of methylmercury added to diets containing tuna." *Science*, (Wash.). 175(4026): 1122-1124.
93. Ganther, H. and M. Sunde (1974). "Effect of tuna fish and selenium on the toxicity of methylmercury: A progress report." *Journal of Food Science* 39(1): 1-5.
94. Ganther, H. E. (1978). "Modification of methylmercury toxicity and metabolism by selenium and vitamin E: possible mechanisms." *Environ. Health Perspect* 25: 71-76.
95. García-Hernández, J., L. Cadena-Cárdenas, M. Betancourt-Lozano, L. M. García-De-La-Parra, L. García-Rico and F. Márquez-Farías (2007). "Total mercury content found in edible tissues of top predator fish from the Gulf of California, Mexico." *Toxicological & Environmental Chemistry* 89(3): 507-522.
96. George, G. N., S. P. Singh, R. C. Prince and I. J. Pickering (2008). "Chemical Forms of Mercury and Selenium in Fish Following Digestion with Simulated Gastric Fluid." *Chemical Research in Toxicology* 21(11): 2106-2110.
97. Gochfeld, M. (2003). "Cases of mercury exposure, bioavailability, and absorption." *Ecotoxicology and Environmental Safety* 56(1): 174-179.
98. Goyer, R. A. (1995). "Nutrition and metal toxicity." *Am. J. Clin. Nutr.* 61: 646S-650S.
99. Grandjean, P., P. Weihe, R. F. White and F. Debes (1998). "Cognitive performance of children prenatally exposed to "safe" levels of methylmercury." *Environmental research* 77(2): 165-172.
100. Gras, G. and J. Mondain (1982). "Total methylmercury/mercury ratio in various species of fish caught along the coast of West Africa." *Toxicological European research. Recherche europeenne en toxicologie* 4(4): 191-195.
101. Greenwald, P., Anderson, D., Nelson, S.A., Taylor, P.R. (2007). "Clinical trials of vitamin and mineral supplements for cancer prevention." *Am. J. Clin. Nutr.* 85: 314-317.

102. Groth, E., 3rd (2010). "Ranking the contributions of commercial fish and shellfish varieties to mercury exposure in the United States: implications for risk communication." *Environ Res* 110(3): 226-236.
103. Grotto, D., G. R. M. Barcelos, J. Valentini, L. M. G. Antunes, J. P. F. Angeli, S. C. Garcia and F. J. Barbosa (2009). "Low levels of methylmercury induce DNA damage in rats: protective effects of selenium." *Arch Toxicol* 83: 249-254.
104. Grotto, D., M. M. de Castro, G. R. Barcelos, S. C. Garcia and F. J. Barbosa (2009). "Low level and sub-chronic exposure to methylmercury induces hypertension in rats: nitric oxide depletion and oxidative damage as possible mechanisms." *Arch Toxicol*. 83: 653-662.
105. Hajeb, P., S. Jinap, A. B. Fatimah and B. Jamilah (2010). "Methylmercury in marine fish from Malaysian waters and its relationship to total mercury content." *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 90(10): 812-820.
106. Hall, R., E. G. Zook and G. Meaburn (1978). "National Marine Fisheries Service survey of trace elements in the fishery resource."
107. Harakeh, M. S., A. Acra, M. Jurdi and Y. Karahagopian (1985). "Mercury levels in some species of fish from the coast of Lebanon." *Marine Environmental Research* 16(1): 13-22.
108. He, M., C.-H. Ke and W.-X. Wang (2010). "Effects of cooking and subcellular distribution on the bioaccessibility of trace elements in two marine fish species." *Journal of agricultural and food chemistry* 58(6): 3517-3523.
109. He, M. and W.-X. Wang (2011). "Factors affecting the bioaccessibility of methylmercury in several marine fish species." *Journal of agricultural and food chemistry* 59(13): 7155-7162.
110. Heath, J. C., K. M. Banna, M. N. Reed, E. F. Pesek, N. Cole, J. Li and M. C. Newland (2010). "Dietary selenium protects against selected signs of aging and methylmercury exposure." *NeuroToxicology* 31(2): 169-179.
111. Herreros, M. A., S. Inigo-Nunez, E. Sanchez-Perez, T. Encinas and A. Gonzalez-Bulnes (2008). "Contribution of fish consumption to heavy metals exposure in women of childbearing age from a Mediterranean country (Spain)." *Food Chem Toxicol* 46(5): 1591-1595.
112. Hightower, J. M. and D. Moore (2002). "Mercury Levels in High-End Consumers of Fish." *Environmental Health Perspectives* 111(4): 604-608.
113. Hight, S. C. and J. Cheng (2006). "Determination of methylmercury and estimation of total mercury in seafood using high performance liquid chromatography (HPLC) and inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS): Method development and validation." *Analytica chimica acta* 567(2): 160-172.
114. Horvat, M., N. a. Nolde, V. Fajon, V. Jereb, M. Logar, S. Lojen, R. Jacimovic, I. Falnoga, Q. Liya, J. Faganeli and D. Drobne (2003). "Total mercury, methylmercury and selenium in mercury polluted areas in the province Guizhou, China." *Science of The Total Environment* 304(1-3): 231-256.
115. Houserová, P., Matějček, D., Kubáň, V., Pavlíčková, J., & Komárek, J. (2006). "Liquid chromatographic-cold vapour atomic fluorescence spectrometric determination of mercury species." *Journal of separation science* 29(2): 248-255.
116. Iwata, H. M., T.; Kito, H.; Hayashi, M. (1982). "Degradation of methylmercury by selenium." *Life Sci*. 31: 859-866.
117. Hsu, C. S., P. L. Liu, L. C. Chien, S. Y. Chou and B. C. Han (2007). "Mercury concentration and fish consumption in Taiwanese pregnant women." *BJOG* 114(1): 81-85.
118. Ipolyi, I., P. Massanisso, S. Sposato, P. Fodor and R. Morabito (2004). "Concentration levels of total and methylmercury in mussel samples collected along the coasts of Sardinia Island (Italy)." *Analytica Chimica Acta* 505(1): 145-151.
119. Jackson, L., M. Knize, J. Morgan and J. Morgan (1999). *Effects of Processing on Heavy Metal Content of Foods. Impact of Processing on Food Safety*, Springer US. 459: 195-211.
120. Jenssen, M., A. Brantsæter, M. Haugen, H. Meltzer, T. Larssen, H. Kvaalem, B. Birgisdottir, Y. Thomassen, D. Ellingsen and J. Alexander (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.

121. Jewett, S. C. and L. K. Duffy (2007). "Mercury in fishes of Alaska, with emphasis on subsistence species." *Science of The Total Environment* 387(1&2): 3-27.
122. Jinadasa, B., L. Rameesha, E. Edirisinghe and R. Rathnayake (2013). "Mercury, Cadmium and Lead Levels in Three Commercially Important Marine Fish Species of in Sri Lanka." *Sri Lanka Journal of Aquatic Sciences* 15: 39-43.
123. Jókai, Z. A., László; FODOR, Péter (2005). "SPME-GC-pyrolysis-AFS determination of methylmercury in marine fish products by alkaline sample preparation and aqueous phase phenylation derivatization." *Journal of agricultural and food chemistry* 53(14): 5499-5505.
124. Liang, L.-N., G.-B. Jiang, J.-F. Liu and J.-T. Hu (2003). "Speciation analysis of mercury in seafood by using high-performance liquid chromatography on-line coupled with cold-vapor atomic fluorescence spectrometry via a post column microwave digestion." *Analytica chimica acta* 477(1): 131-137.
125. Kaneko, J. J. and N. V. Ralston (2007). "Selenium and mercury in pelagic fish in the central north Pacific near Hawaii." *Biological trace element research* 119(3): 242-254.
126. Karimi, R., T. P. Fitzgerald and N. S. Fisher (2012). "A quantitative synthesis of mercury in commercial seafood and implications for exposure in the United States." *Environ Health Perspect* 120(11): 1512-1519.
127. Karimi, R., M. Frisk and N. S. Fisher (2013). "Contrasting food web factor and body size relationships with Hg and Se concentrations in marine biota." *PLoS One* 8(9): e74695.
128. Kehrig, H. A., M. Costa, I. Moreira and O. Malm (2002). "Total and methylmercury in a Brazilian estuary, Rio de Janeiro." *Marine Pollution Bulletin* 44(10): 1018-1023.
129. Kehrig, H. A., T. G. Seixas, A. P. Di Benedetto and O. Malm (2013). "Selenium and mercury in widely consumed seafood from South Atlantic Ocean." *Ecotoxicol Environ Saf* 93: 156-162.
130. Khan, M. A. K. and F. Wang (2009). "Mercury-selenium compounds and their toxicological significance: toward a molecular understanding of the mercury-selenium antagonism." *Environ Toxicol Chem* 28(1567-77).
131. Knowles, T. G., D. Farrington and S. C. Kestin (2003). "Mercury in UK imported fish and shellfish and UK-farmed fish and their products." *Food Additives & Contaminants* 20(9): 813-818.
132. Kojadinovic, J., M. Potier, M. Le Corre, R. P. Cosson and P. Bustamante (2006). "Mercury content in commercial pelagic fish and its risk assessment in the Western Indian Ocean." *Science of The Total Environment* 366(2&3): 688-700.
133. Kojadinovic, J., M. Potier, M. Le Corre, R. P. Cosson and P. Bustamante (2007). "Bioaccumulation of trace elements in pelagic fish from the Western Indian Ocean." *Environ Pollut* 146(2): 548-566.
134. Kuballa, T., M. Moellers, K. Schoeberl and D. Lachenmeier (2011). "Survey of methylmercury in fish and seafood from the southwestern German market." *European Food Research and Technology* 232(4): 737-742.
135. Kumar, M., B. Aalbersberg and L. Mosley (2004). "Mercury levels in Fijian seafoods and potential health implications." *IAS technical report(2004):* 35.
136. Kwaśniak, J., L. Falkowska and M. Kwaśniak (2012). "The assessment of organic mercury in Baltic fish by use of an in vitro digestion model." *Food Chemistry* 132(2): 752-758.
137. Lacerda, L., H. Paraquetti, R. Marins, C. Rezende, I. Zalmon, M. Gomes and V. Farias (2000). "Mercury content in shark species from the south-eastern Brazilian coast." *Revista Brasileira de Biologia* 60(4): 571-576.
138. Leonzio, C., S. Focardi and E. Bacci (1982). "Complementary accumulation of selenium and mercury in fish muscle." *Science of The Total Environment* 24(3): 249-254.
139. Lemes, M. and F. Wang (2009). "Methylmercury speciation in fish muscle by HPLC-ICP-MS following enzymatic hydrolysis." *J Anal At Spectrom* 24: 663-668.
140. Lima, A. P. S., J. E. S. Sarkis, H. M. Shihomatsu and R. C. S. M&Atilde;ller (2005). "Mercury and selenium concentrations in fish samples from Cachoeira do Piri&Atilde; Municipality, Par&Atilde; State, Brazil." *Environmental Research* 97(3): 236-244.
141. Liu, Q. (2010). "Determination of mercury and methylmercury in seafood by ion chromatography using photo-induced chemical vapor generation atomic fluorescence spectrometric detection." *Microchemical Journal* 95(2): 255-258.

142. Llop, S., J. Ibarlucea, J. Sunyer and F. Ballester (2013). "Estado actual sobre la exposición alimentaria al mercurio durante el embarazo y la infancia, y recomendaciones en salud pública." *Gaceta Sanitaria* 27(3): 273-278.
143. Louise Armstrong, H. E., W. T. Corns, P. B. Stockwell, G. O'Connor, L. Ebdon and E. Hywel Evans (1999). "Comparison of AFS and ICP-MS detection coupled with gas chromatography for the determination of methylmercury in marine samples." *Analytica chimica acta* 390(1): 245-253.
144. Luque-García, J. L., P. Cabezas-Sánchez, D. S. Anuncia-Ñe and C. Camara (2013). "Analytical and bioanalytical approaches to unravel the selenium-mercury antagonism: A review." *Analytica Chimica Acta*(0).
145. Luten, J., A. Ruiter, T. Ritskes, A. Rauchbaar and G. RIEKWEL-BOOY (1980). "MERCURY AND SELENIUM IN MARINE-AND FRESHWATER FISH." *Journal of Food Science* 45(3): 416-419.
146. Luten, J. B., A. Ruiter, T. M. Ritskes, A. B. Rauchbaar and G. Riekwel-Booy (1980). "MERCURY AND SELENIUM IN MARINE- AND FRESHWATER FISH." *Journal of Food Science* 45(3): 416-419.
147. Mackay, N., M. Kazacos, R. Williams and M. Leedow (1975). "Selenium and heavy metals in black marlin." *Marine pollution bulletin* 6(4): 57-61.
148. Magalhães, M. C., V. Costa, G. M. Menezes, M. R. Pinho, R. S. Santos and L. R. Monteiro (2007). "Intra- and inter-specific variability in total and methylmercury bioaccumulation by eight marine fish species from the Azores." *Marine Pollution Bulletin* 54(10): 1654-1662.
149. Magos, L., T. Clarkson and A. Hudson (1984). "Differences in the effects of selenite and biological selenium on the chemical form and distribution of mercury after the simultaneous administration of HgCl<sub>2</sub> and selenium to rats." *J. Pharmacol Exp Ther* 228: 478-483.
150. Marcovecchio, J. E., V. J. Moreno and A. Páez (1991). "Metal accumulation in tissues of sharks from the Bahía Blanca estuary, Argentina." *Marine Environmental Research* 31(4): 263-274.
151. Maulvault, A. L., R. Machado, C. Afonso, H. M. Lourenço, M. L. Nunes, I. Coelho, T. Langerholc and A. Marques (2011). "Bioaccessibility of Hg, Cd and As in cooked black scabbard fish and edible crab." *Food and Chemical Toxicology* 49(11): 2808-2815.
152. Mela, M., S. R. Grötzner, A. Legeay, N. Mesmer-Dudons, J.-C. Massabuau, D. F. Ventura and C. A. de Oliveira Ribeiro (2012). "Morphological evidence of neurotoxicity in retina after methylmercury exposure." *Neurotoxicology* 33(3): 407-415.
153. Mendez, E., H. Giudice, A. Pereira, G. Inocente and D. Medina (2001). "Total Mercury Content—Fish Weight Relationship in Swordfish (*Xiphias gladius*) Caught in the Southwest Atlantic Ocean." *Journal of Food Composition and Analysis* 14(5): 453-460.
154. Mikac, N., M. Picer, P. Stegnar and M. Tušek-Šnidarič (1985). "Mercury distribution in a polluted marine area, ratio of total mercury, methyl mercury and selenium in sediments, mussels and fish." *Water Research* 19(11): 1387-1392.
155. Miklavcic, A., A. Casetta, J. Snoj Tratnik, D. Mazej, M. Krsnik, M. Mariuz, K. Sofianou, Z. Å pirič, F. Barbone and M. Horvat (2013). "Mercury, arsenic and selenium exposure levels in relation to fish consumption in the Mediterranean area." *Environmental Research* 120(0): 7-17.
156. Miklavcic, A., V. Stibilj, E. Heath, T. Polak, J. S. Tratnik, J. Klavž, D. Mazej and M. Horvat (2011). "Mercury, selenium, PCBs and fatty acids in fresh and canned fish available on the Slovenian market." *Food Chemistry* 124(3): 711-720.
157. Millour, S., L. Noël, A. Kadar, R. Chekri, C. Vastel, V. r. Sirof, J.-C. Leblanc and T. Guérin (2011). "Pb, Hg, Cd, As, Sb and Al levels in foodstuffs from the 2nd French total diet study." *Food Chemistry* 126(4): 1787-1799.
158. Minganti, V., R. Capelli, R. De Pellegrini, L. Orsi Relini and G. Relini (1996). "Total and organic mercury concentrations in offshore crustaceans of the Ligurian Sea and their relations to the trophic levels." *Science of The Total Environment* 184(3): 149-162.
159. Minganti, V., G. Drava, R. De Pellegrini and C. Siccardi (2010). "Trace elements in farmed and wild gilthead seabream, *Sparus aurata*." *Mar Pollut Bull* 60(11): 2022-2025.
160. Monell, I. V. (2007). Evaluación y desarrollo de modelos "in vitro" para la predicción de neurotoxicidad. Aproximación proteómica a la neurotoxicidad inducida por metilmercurio, Universitat de Barcelona.

161. Monteiro, L. R. and H. D. Lopes (1990). "Mercury content of swordfish, *Xiphias gladius*, in relation to length, weight, age, and sex." *Marine Pollution Bulletin* 21(6): 293-296.
162. Moreda-Piñeiro, J., A. Moreda-Piñeiro, V. Romarís-Hortas, R. Domínguez-González, E. Alonso-Rodríguez, P. López-Mahía, S. Muniategui-Lorenzo, D. Prada-Rodríguez and P. Bermejo-Barrera (2013). "In vitro bioavailability of total selenium and selenium species from seafood." *Food Chemistry* 139(1-4): 872-877.
163. Moreda-Piñeiro, J., A. Moreda-Piñeiro, V. Romarís-Hortas, C. Moscoso-Pérez, P. López-Mahía, S. Muniategui-Lorenzo, P. Bermejo-Barrera and D. Prada-Rodríguez (2011). "In-vivo and in-vitro testing to assess the bioaccessibility and the bioavailability of arsenic, selenium and mercury species in food samples." *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 30(2): 324-345.
164. Morgan, J. N., M. R. Berry and R. L. Graves (1997). "Effects of commonly used cooking practices on total mercury concentration in fish and their impact on exposure assessments." *Journal of exposure analysis and environmental epidemiology* 7(1): 119-133.
165. Mozaffarian, D. (2009). "Fish, mercury, selenium and cardiovascular risk: current evidence and unanswered questions." *Int J Environ Res Public Health* 6(6): 1894-1916.
166. Mozaffarian, D., P. Shi, J. S. Morris, D. Spiegelman, P. Grandjean, D. S. Siscovick, W. C. Willett and E. B. Rimm (2011). "Mercury exposure and risk of cardiovascular disease in two US cohorts." *New England Journal of Medicine* 364(12): 1116-1125.
167. Myers, G., P. Davidson, C. Cox, C. Shamlaye, E. Cernichiari and T. Clarkson (2000). "Twenty-seven years studying the human neurotoxicity of methylmercury exposure." *Environmental Research* 83(3): 275-285.
168. Myers, G. J., P. W. Davidson and J. Strain (2007). "Nutrient and methyl mercury exposure from consuming fish." *The Journal of nutrition* 137(12): 2805-2808.
169. Noël, L., C. Chafey, C. Testu, J. Pinte, P. Velge and T. Guérin (2011). "Contamination levels of lead, cadmium and mercury in imported and domestic lobsters and large crab species consumed in France: Differences between white and brown meat." *Journal of Food Composition and Analysis* 24(3): 368-375.
170. Obeid, P. J., B. El-Khoury, J. Burger, S. Aouad, M. Younis, A. Aoun and J. H. El-Nakat (2011). "Determination and assessment of total mercury levels in local, frozen and canned fish in Lebanon." *Journal of Environmental Sciences* 23(9): 1564-1569.
171. Oken, E., A. L. Choi, M. R. Karagas, K. Marien, C. M. Rheinberger, R. Schoeny, E. Sunderland and S. Korrick (2012). "Which fish should I eat? Perspectives influencing fish consumption choices." *Environ Health Perspect* 120(6): 790-798.
172. Olmedo, P., A. F. Hernandez, A. Pla, P. Femia, A. Navas-Acien and F. Gil (2013). "Determination of essential elements (copper, manganese, selenium and zinc) in fish and shellfish samples. Risk and nutritional assessment and mercury-selenium balance." *Food Chem Toxicol* 62: 299-307.
173. Ordiano-Flores, A., R. Rosiles-Martínez and F. Galván-Magaña (2012). "Biomagnification of mercury and its antagonistic interaction with selenium in yellowfin tuna *Thunnus albacares* in the trophic web of Baja California Sur, Mexico." *Ecotoxicology and Environmental Safety* 86(0): 182-187.
174. Ortega-García, J., K. Rodriguez, M. Calatayud, M. Martin, D. Vélez, V. Devesa, M. Sánchez-Alarcon, A. Torres Cantero, C. Galindo-Cascales, J. Gil-Vázquez, M. Sánchez-Sauco, M. Sánchez-Solís, B. Alfonso-Marsilla and F. Romero-Braquehais (2009). "Estimated intake levels of methylmercury in children, childbearing age and pregnant women in a Mediterranean region, Murcia, Spain." *European Journal of Pediatrics* 168(9): 1075-1080.
175. Ouédraogo, O. (2013). "Mercure, arsenic et sélénium au Burkina Faso: bioaccumulation, transfert trophique dans les systèmes aquatiques et évaluation de bioaccessibilité chez les humains."
176. Ouedraogo, O. and M. Amyot (2013). "Mercury, arsenic and selenium concentrations in water and fish from sub-Saharan semi-arid freshwater reservoirs (Burkina Faso)." *Science of the total environment* 444: 243-254.
177. Park, J. S., S. Y. Jung, Y. J. Son, S. J. Choi, M. S. Kim, J. G. Kim, S. H. Park, S. M. Lee, Y. Z. Chae and M. Y. Kim (2011). "Total mercury, methylmercury and ethylmercury in marine fish and marine fishery products sold in Seoul, Korea." *Food Addit Contam Part B Surveill* 4(4): 268-274.
178. Park, K. and D. Mozaffarian (2010). "Omega-3 Fatty Acids, Mercury, and Selenium in Fish and the Risk of Cardiovascular Diseases." *Current Atherosclerosis Reports* 12(6): 414-422.

179. Pelletier, E. (1986). "Mercury-selenium interactions in aquatic organisms: A review." *Marine Environmental Research* 18(2): 111-132.
180. Perello, G., R. Martí-Cid, J. M. Llobet and J. L. Domingo (2008). "Effects of various cooking processes on the concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in foods." *Journal of agricultural and food chemistry* 56(23): 11262-11269.
181. Peterson, S. A., N. V. C. Ralston, P. D. Whanger, J. E. Oldfield and W. D. Mosher (2009). "Selenium and Mercury Interactions with Emphasis on Fish Tissue." *Environmental Bioindicators* 4(4): 318-334.
182. Pethybridge, H., D. Cossa and E. C. V. Butler (2010). "Mercury in 16 demersal sharks from southeast Australia: Biotic and abiotic sources of variation and consumer health implications." *Marine Environmental Research* 69(1): 18-26.
183. Pinheiro, M. C. N., J. L. M. de Nascimento, L. C. L. Silveira, J. B. T. daRocha and M. Aschner (2009). "Mercury and selenium - a review on aspects related to the health of human populations in the Amazon." *Environ Bioindic* 4(222-45).
184. Plessi, M., D. Bertelli and A. Monzani (2001). "Mercury and Selenium Content in Selected Seafood." *Journal of Food Composition and Analysis* 14(5): 461-467.
185. Qvarnström, J. and W. Frech (2002). "Mercury species transformations during sample pre-treatment of biological tissues studied by HPLC-ICP-MS." *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 17(11): 1486-1491.
186. R. Joiris, C., L. Holsbeek and N. Laroussi moatemri (1999). "Total and Methylmercury in Sardines *Sardinella aurita* and *Sardina pilchardus* from Tunisia." *Marine Pollution Bulletin* 38(3): 188-192.
187. Rai, R., W. Maher and F. Kirkowa (2002). "Measurement of inorganic and methylmercury in fish tissues by enzymatic hydrolysis and HPLC-ICP-MS." *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 17(11): 1560-1563.
188. Raimundo, J., C. Vale, J. Canário, V. Branco and I. Moura (2010). "Relations between mercury, methylmercury and selenium in tissues of *Octopus vulgaris* from the Portuguese Coast." *Environmental Pollution* 158(6): 2094-2100.
189. Ralston, N. C. (2008). "Selenium Health Benefit Values as Seafood Safety Criteria." *EcoHealth* 5(4): 442-455.
190. Ralston, N. C., J. L. Blackwell, III and L. Raymond (2007). "Importance of Molar Ratios in Selenium-Dependent Protection Against Methylmercury Toxicity." *Biological Trace Element Research* 119(3): 255-268.
191. Ralston, N. V., C. R. Ralston, J. L. Blackwell, 3rd and L. J. Raymond (2008). "Dietary and tissue selenium in relation to methylmercury toxicity." *Neurotoxicology* 29(5): 802-811.
192. Ralston, N. V. and L. J. Raymond (2010). "Dietary selenium's protective effects against methylmercury toxicity." *Toxicology* 278(1): 112-123.
193. Ralston, N. (2009). "Introduction to 2nd issue on special topic: selenium and mercury as interactive environmental indicators." *Environ Bioindic* 4: 286-290.
194. Rasmussen, R. S. and M. T. Morrissey (2007). "Effects of canning on total mercury, protein, lipid, and moisture content in troll-caught albacore tuna (*Thunnus alalunga*)." *Food chemistry* 101(3): 1130-1135.
195. Raymond, L. J. and N. V. Ralston (2004). "Mercury: selenium interactions and health implications." *Seychelles Medical and Dental Journal* 7(1): 72-77.
196. Raymond, L. J. and N. V. C. Ralston (2009). "Selenium's importance in regulatory issues regarding mercury." *Fuel Processing Technology* 90(11): 1333-1338.
197. Raymond, L. J., L. A. Seale and N. V. Ralston (2012). *Seafood selenium in relation to assessments of methylmercury exposure risks*. Selenium, Springer: 399-408.
198. Roman, H. A., T. L. Walsh, B. A. Coull, E. Dewailly, E. Guallar, D. Hattis, K. Marien, J. Schwartz, A. H. Stern, J. K. Virtanen and G. Rice (2011). "Evaluation of the cardiovascular effects of methylmercury exposures: current evidence supports development of a dose-response function for regulatory benefits analysis." *Environ Health Perspect* 119(5): 607-614.
199. Rose, M., M. Baxter, N. Brereton and C. Baskaran (2010). "Dietary exposure to metals and other elements in the 2006 UK Total Diet Study and some trends over the last 30 years." *Food Additives & Contaminants: Part A* 27(10): 1380-1404.

200. Ruelas-Inzunza, J., C. Patiño-Mejía, M. Soto-Jiménez, G. Barba-Quintero and M. Spanopoulos-Hernández (2011). "Total mercury in canned yellowfin tuna *Thunnus albacares* marketed in northwest Mexico." *Food and Chemical Toxicology* 49(12): 3070-3073.
201. Sand Salomon, Héraud Fanny, Arcella Davide. The use of chemical occurrence data at European vs. national level in dietary exposure assessments: A methodological study. *Food and Chemical Toxicology* 62 (2013) 7–15.
202. Sasakura, C. S., K.T. (1998). "Biological interaction between transition metals (Ag, Cd and Hg), selenide/sulfide and selenoprotein P. ." *J. Inorg. Biochem.* 71: 159-162.
203. Schuhmacher, M., J. Batiste, M. A. Bosque, J. L. Domingo and J. Corbella (1994). "Mercury concentrations in marine species from the coastal area of Tarragona Province, Spain. Dietary intake of mercury through fish and seafood consumption." *Science of The Total Environment* 156(3): 269-273.
204. Secretaría General del Mar. Resolución de 22 de marzo de 2011 por la que se establece y se publica el listado de denominaciones comerciales de especies pesqueras y de acuicultura admitidas en España.
205. Seppanen, K. K., M.; Laatikainen, R.; Nyssonen, K.; Valkonen, V.P.; Kaarlopp, V.; Salonen, J.T. (2000). "Effect of supplementation with organic selenium on mercury status as measured by mercury in pubic hair." *14 J. Trace. Elem. Med. Biol.* : 84-87.
206. Ser, P. H. and C. Watanabe (2012). "Fish advisories in the USA and Japan: risk communication and public awareness of a common idea with different backgrounds." *Asia Pacific journal of clinical nutrition* 21(4).
207. Sharma, V. K. and M. Sohn (2009). "Aquatic arsenic: toxicity, speciation, transformations, and remediation." *Environ Int.* 35: 743-759.
208. Shim, S. M., M. G. Ferruzzi, Y. C. Kim, E. M. Janle and C. R. Santerre (2009). "Impact of phytochemical-rich foods on bioaccessibility of mercury from fish." *Food Chemistry* 112(1): 46-50.
209. Sørmo, E. G., T. M. Ciesielski, I. B. Øverjordet, S. Lierhagen, G. S. Eggen, T. Berg and B. M. Jenssen (2011). "Selenium moderates mercury toxicity in free-ranging freshwater fish." *Environmental science & technology* 45(15): 6561-6566.
210. Spada, L., C. Annicchiarico, N. Cardellicchio, S. Giandomenico and A. Di Leo (2012). "Mercury and methylmercury concentrations in Mediterranean seafood and surface sediments, intake evaluation and risk for consumers." *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 215(3): 418-426.
211. Storelli, M., R. G. Stuffer and G. Marcotrigiano (2002). "Total and methylmercury residues in tuna-fish from the Mediterranean sea." *Food Additives & Contaminants* 19(8): 715-720.
212. 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 and Chemical Toxicology* 46(8): 2782-2788.
213. Storelli, M. M., G. Barone, G. Cuttone, D. Giungato and R. Garofalo (2010). "Occurrence of toxic metals (Hg, Cd and Pb) in fresh and canned tuna: Public health implications." *Food and Chemical Toxicology* 48(11): 3167-3170.
214. Storelli, M. M., R. Giacomini-Stuffer and G. Marcotrigiano (2002). "Mercury Accumulation and Speciation in Muscle Tissue of Different Species of Sharks from Mediterranean Sea, Italy." *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 68(2): 201-210.
215. Storelli, M. M., R. Giacomini-Stuffer and G. O. Marcotrigiano (2002). "Total and methylmercury residues in cartilaginous fish from Mediterranean Sea." *Marine Pollution Bulletin* 44(12): 1354-1358.
216. Storelli, M. M., R. Giacomini-Stuffer, A. Storelli, R. D'Addabbo, C. Palermo and G. O. Marcotrigiano (2003). "Survey of total mercury and methylmercury levels in edible fish from the Adriatic Sea." *Food Additives & Contaminants* 20(12): 1114-1119.
217. Storelli, M. M., R. Giacomini-Stuffer, A. Storelli and G. O. Marcotrigiano (2005). "Accumulation of mercury, cadmium, lead and arsenic in swordfish and bluefin tuna from the Mediterranean Sea: a comparative study." *Mar Pollut Bull* 50(9): 1004-1007.
218. Storelli, M. M., A. Storelli, R. Giacomini-Stuffer and G. O. Marcotrigiano (2005). "Mercury speciation in the muscle of two commercially important fish, hake (*Merluccius merluccius*) and striped mullet (*Mullus barbatus*) from the Mediterranean sea: estimated weekly intake." *Food Chemistry* 89(2): 295-300.

219. Strapáč, I., J. Sokol, D. Žatko and M. Baranová (2012). "Mercury and selenium concentrations in muscle tissue of different species of predatory freshwater fish and correlation between these elements." *Food Additives and Contaminants: Part B* 5(3): 194-199.
220. Suk, S. H., S. E. Smith and D. A. Ramon (2009). "Bioaccumulation of mercury in pelagic sharks from the northeast Pacific Ocean." *CalCOFI Rep* 50: 172-177.
221. Sunderland, E. M. (2007). "Mercury exposure from domestic and imported estuarine and marine fish in the U.S. seafood market." *Environ Health Perspect* 115(2): 235-242.
222. Tang, A. S. P., K. P. Kwong, S. W. C. Chung, Y. Y. Ho and Y. Xiao (2009). "Dietary exposure of Hong Kong secondary school students to total mercury and methylmercury from fish intake." *Food Additives & Contaminants: Part B* 2(1): 8-14.
223. Tariq, J. and M. Jaffar (1991). "Mercury concentrations in ten fish species from the Arabian Sea, Pakistan." *Toxicological & Environmental Chemistry* 34(1): 57-63.
224. Thibaud, Y. (1992). "Utilisation du modèle de Thomann pour l'interprétation des concentrations en mercure des poissons de l'Atlantique." *Aquatic Living Resources* 5(01): 57-80.
225. Tollefson, L. and F. Cordle (1986). "Methylmercury in fish: a review of residue levels, fish consumption and regulatory action in the United States." *Environmental health perspectives* 68: 203.
226. Torres-Escribano, S., A. Ruiz, L. Barrios, D. Vélez and R. Montoro (2011). "Influence of mercury bioaccessibility on exposure assessment associated with consumption of cooked predatory fish in Spain." *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91(6): 981-986.
227. Torres-Escribano, S., D. Velez and R. Montoro (2010). "Mercury and methylmercury bioaccessibility in swordfish." *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess* 27(3): 327-337.
228. Turner, M. A. and J. W. Rudd (1983). "The English-Wabigoon River system: III. Selenium in lake enclosures: its geochemistry, bioaccumulation, and ability to reduce mercury bioaccumulation." *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40(12): 2228-2240.
229. Ubillús, F., Barberá, R., Farré, R., Lagarda, M. J., & Alegría, A. (2000). "Methylmercury and inorganic mercury determination in fish by cold vapour generation atomic absorption spectrometry." *Food Chemistry* 71(4): 529-533.
230. Valdiglesias, V., E. Pásaro, J. Méndez and B. Laffon (2010). "In vitro evaluation of selenium genotoxic, cytotoxic, and protective effects: a review." *Archives of toxicology* 84(5): 337-351.
231. Van den Broek, W. L. F., D. M. Tracey, S. R. B. Solly and M. Avrahami (1981). "Mercury levels in some New Zealand sea fishes." *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 15(2): 137-146.
232. Van Wijngaarden, E., S. Thurston, G. Myers, J. Strain, B. Weiss, T. Zarcone, G. Watson, G. Zareba, E. McSorley and M. S. Mulhern (2013). "Prenatal methyl mercury exposure in relation to neurodevelopment and behavior at 19 years of age in the Seychelles Child Development Study." *Neurotoxicology and teratology* 39: 19-25.
233. Vas, P. (1991). "Trace metal levels in sharks from British and Atlantic waters." *Marine Pollution Bulletin* 22(2): 67-72.
234. Virtanen, J. K., D. Mozaffarian, S. E. Chiuve and E. B. Rimm (2008). "Fish consumption and risk of major chronic disease in men." *Am J Clin Nutr* 88(6): 1618-1625.
235. Voegborlo, R. B. and H. Akagi (2007). "Determination of mercury in fish by cold vapour atomic absorption spectrometry using an automatic mercury analyzer." *Food Chemistry* 100(2): 853-858.
236. Voegborlo, R. B., A. Matsuyama, A. A. Adimado and H. Akagi (2011). "Determination of methylmercury in marine and freshwater fish in Ghana using a combined technique of dithizone extraction and gas-liquid chromatography with electron capture detection." *Food Chemistry* 124(3): 1244-1248.
237. Wagemann, R., E. Trebacz, G. Boila and W. L. Lockhart (1998). "Methylmercury and total mercury in tissues of arctic marine mammals." *Science of The Total Environment* 218(1): 19-31.
238. Wang, H. S., W. F. Xu, Z. J. Chen, Z. Cheng, L. C. Ge, Y. B. Man, J. P. Giesy, J. Du, C. K. Wong and M. H. Wong (2013). "In vitro estimation of exposure of Hong Kong residents to mercury and methylmercury via consumption of market fishes." *J Hazard Mater* 248-249: 387-393.
239. Watanabe, C., K. Yoshida, Y. Kasanuma and H. Satoh (1999). "In utero methylmercury exposure differentially affects the activities of selenoenzymes in the fetal mouse brain." *Environ Res* 80: 208-214.

240. Weber, D. N., V. P. Connaughton, J. A. Dellinger, D. Klemer, A. Udvardia and M. J. Carvan III (2008). "Selenomethionine reduces visual deficits due to developmental methylmercury exposures." *Physiology & behavior* 93(1): 250-260.
241. Wilken, R. D. and R. Falter (1998). "Determination of methylmercury by the species-specific isotope addition method using a newly developed HPLC-ICP MS coupling technique with ultrasonic nebulization." *Applied organometallic chemistry* 12(8&9): 551-557. Xia, C., X. Wu, J. C. W. Lam, Z. Xie and P. K. S. Lam (2013). "Methylmercury and trace elements in the marine fish from coasts of East China." *Journal of Environmental Science and Health, Part A* 48(12): 1491-1501.
242. Yamashita, Y., H. Amlund, T. Suzuki, T. Hara, M. A. Hossain, T. Yabu, K. Touhata and M. Yamashita (2011). "Selenoneine, total selenium, and total mercury content in the muscle of fishes." *Fisheries Science* 77(4): 679-686.
243. Yamashita, Y., T. Yabu and M. Yamashita (2010). "Discovery of the strong antioxidant selenoneine in tuna and selenium redox metabolism." *World J Biol Chem* 1(5): 144-150.
244. Yamashita, M., Y. Yamashita, T. Suzuki, Y. Kani, N. Mizusawa, S. Imamura, K. Takemoto, T. Hara, M. A. Hossain, T. Yabu and K. Touhata (2013). "Selenoneine, a Novel Selenium-Containing Compound, Mediates Detoxification Mechanisms against Methylmercury Accumulation and Toxicity in Zebrafish Embryo." *Marine Biotechnology* 15(5): 559-570.
245. Yang, D.-Y., Y.-W. Chen, J. M. Gunn and N. Belzile (2008). "Selenium and mercury in organisms: Interactions and mechanisms." *Environmental Reviews* 16(NA): 71-92.
246. Yoneda, S. and K. T. Suzuki (1997). "Detoxification of Mercury by Selenium by Binding of Equimolar Hg-Se Complex to a Specific Plasma Protein." *Toxicology and Applied Pharmacology* 143(2): 274-280.
247. Yoshida, S., M. Haratake, T. Fuchigami and M. Nakayama (2011). "Selenium in seafood materials." *Journal of Health Science* 57(3): 215-224.
248. Yusá, V., T. Suelves, L. Ruiz-Atienza, M. L. Cervera, V. Benedito and A. Pastor (2008). "Monitoring programme on cadmium, lead and mercury in fish and seafood from Valencia, Spain: levels and estimated weekly intake." *Food Additives & Contaminants: Part B* 1(1): 22-31.

---

<sup>i</sup> **Reg CE nº 333/2007 Anexo**

D.2. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

D.2.1. **Aceptación de un lote o sublote**

El lote o sublote se aceptará si el resultado analítico de la muestra de laboratorio no supera el nivel máximo respectivo establecido en el Reglamento (CE) n o 1881/2006, teniendo en cuenta la incertidumbre expandida de medida y la corrección del resultado en función de la recuperación si el método de análisis incluía una fase de extracción.

D.2.2. **Rechazo de un lote o sublote**

El lote o sublote se rechazará si el resultado analítico de la muestra de laboratorio supera, más allá de toda duda razonable, el nivel máximo respectivo establecido en el Reglamento (CE) n o 1881/2006, teniendo en cuenta la incertidumbre expandida de medida y la corrección del resultado en función de la recuperación si el método de análisis incluía una fase de extracción.

<sup>ii</sup> **Reg CE nº 330/2007 Anexo**

C.3.3.2. Enfoque de la adecuación a los fines

Para los métodos validados internamente, como alternativa puede utilizarse un enfoque de la «adecuación a los fines» ( 1 ) para evaluar su adecuación para control oficial. Los métodos adecuados para el control oficial deben arrojar resultados con una incertidumbre estándar combinada de medida (u) inferior a la incertidumbre estándar máxima de medida calculada con la siguiente fórmula.....: