

Trabajo de Fin de Grado
Curso 2014/15



Universidad de Valladolid
Facultad de Enfermería
Grado en Enfermería

**EFFECTOS NOCIVOS POR UNA
EXPOSICIÓN PRENATAL AL
MERCURIO**

Autora: Ana Tejedor del Hoyo

Tutora: Dra. Carolina González Hernando

*Nada es veneno, todo es veneno: la
diferencia está en la dosis.*

(PARACELSO)

ABREVIATURAS

AECOSAN: Agencia Española de Seguridad Alimentaria, Nutrición y Consumo.

AESAN: Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición.

AAP: Academia Americana de Pediatría.

ATSDR: Agencia y Registro de las Enfermedades por Enfermedades Tóxicas.

EFSA: Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria.

EPA: Agencia de Protección Medioambiental.

FDA: Administración de Comida y Drogas.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

GEPREM-Hg: Grupo de Estudio para la Prevención de la Exposición al Metilmercurio (Hospital Clínico San Carlos de Madrid).

IPCS: Programa Internacional en Seguridad Química.

JECFA: Comité Mixto de FAO y OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios.

MeHg: Metilmercurio.

NAS/NRC: Academia Nacional de las Ciencias y el Centro de Investigación Nacional de EEUU.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

PNUMA: Programa de Naciones Unidas por el Medio Ambiente.

SAGE: Comité Consultivo de Expertos en Inmunizaciones.

SNC: Sistema Nervioso Central.

UE: Unión Europea.

WISC-R: Escala Wechsler de Inteligencia para Niños.

RESUMEN

Actualmente el mercurio, que es un contaminante químico, implica un severo problema y una gran preocupación a nivel mundial, porque este tóxico ambiental tiene un impacto negativo sobre el medio ambiente y sobre la salud humana, ya que causa daños irreversibles en el sistema nervioso. Toda la población se encuentra expuesta a este elemento y los factores que van a determinar la severidad de sus efectos perjudiciales, entre otros son: la forma química, la dosis, la edad o la vía e exposición. Pero un derivado de este, el metilmercurio (MeHg) es especialmente tóxico, este compuesto se encuentra principalmente en el pescado, sobre todo en aquellos que son de mayor tamaño, siendo más vulnerables a sus efectos neurotóxicos la población en edad fetal y en la pediátrica. Además de provocar alteraciones en el sistema nervioso, también pueden resultar afectados el sistema cardiovascular, respiratorio, el gastrointestinal, el hematológico, el inmunológico y el reproductivo.

Por ello, se considera un serio problema de salud pública y se ve una necesidad de transmisión de información sobre este tema, en especial, a las mujeres embarazadas, que suponen una amenaza para los fetos, al someterlos a una exposición prenatal al mercurio.

Palabras claves (DeCS): toxicidad, mercurio, contaminantes químicos, embarazo.

ABSTRACT

Currently the mercury, which is a chemical pollutant, gets involved in a severe problem and a global concern, because this environmental toxic has a negative impact above the environment and over human health, it causes irreversible injures in the main nervous system. All the population is exposed to these element and the factors that will be determinated to the harmful effects, among others: chemistry form, dose, age of the exposure ou the exposure route. But a derivative of this, the Methylmercury (MeHg) is especially toxic, this compound is found mainly in fish, above all in those that are bigger size, it is

been more vulnerable to neurotoxic effect population who is in fetal age and pediatric. In addition it causes disorders in nervous system, also could turn out affected cardiovascular, respiratory, gastrointestinal, hematology, immunological and reproductive system.

For that reason, it is considered a serious public health system problem and it is seen the need of transmission the information about this matter, specially, to the pregnant women, that would suppose a threat to the fetus, because they could suffer a prenatal exposure to mercury.

Key words (MeSH): toxicity, mercury, chemical contaminants, pregnancy.

ÍNDICE:

1. JUSTIFICACIÓN.....	6
2. OBJETIVOS.....	7
3. METODOLOGÍA.....	7
4. MARCO TEÓRICO.....	8
4.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	8
4.2 CARACTERÍSTICAS DEL MERCURIO.....	11
4.2.1 LAS FORMAS QUÍMICAS DEL MERCURIO.....	11
4.2.2 LA TOXICOCINÉTICA DEL MERCURIO.....	12
4.2.2.1 El mercurio elemental.....	12
4.2.2.2 El mercurio inorgánico y las sales inorgánicas.....	14
4.2.2.3 El mercurio orgánico y las sales orgánicas.....	14
4.2.2.4 El metilmercurio.....	15
4.3 FUENTES Y FORMAS DE EXPOSICIÓN AL MERCURIO.....	18
4.4 EFECTOS NOCIVOS DEL MERCURIO SOBRE LA SALUD.....	20
4.4.1 Mercurio metálico o elemental.....	21
4.4.2 Mercurio inorgánico.....	22
4.4.3 Mercurio orgánico.....	22
5. DISCUSIÓN	26
6. CONCLUSIONES.....	27
7. RECOMENDACIONES.....	29
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
Anexos.....	35
Anexo I: Incorporación del mercurio en el medio ambiente. El ciclo del mercurio.....	36
Anexo II: Recomendaciones de ingesta de pescado en función de su contenido en MeHg.....	39
Anexo III: Díptico de recomendaciones para las embarazadas.....	41

1. JUSTIFICACIÓN

La realización de este trabajo de fin de grado se justifica en la falta de información sobre los efectos nocivos del mercurio en la población y pretende dar respuesta a las siguientes preguntas ¿Cuál es la forma más tóxica del mercurio?, ¿En qué alimentos o productos se puede encontrar el mercurio?, ¿Es consciente la población, en especial las embarazadas, de los efectos adversos del mercurio?, ¿Se pueden prevenir estos efectos?, ¿Qué puede realizar el personal de enfermería para evitar el efecto tóxico del mercurio?

Debido a las consecuencias que tuvieron lugar en el pasado por la exposición a este metal, como es el caso de Minamata o el de Irak, donde hubo muchas víctimas mortales y muchos afectados; han existido muchos acuerdos y tratados para evitar sus efectos negativos. En 2007, El Programa de las Naciones Unidas por el Medio Ambiente (PNUMA) debatió la necesidad de realizar un control del mercurio a nivel internacional para disminuir las emisiones antropogénicas a la atmósfera del mismo. Además en el año 2013 tuvo lugar la Convención de Minamata sobre mercurio, dónde se firmó un tratado internacional con la intención de reducir los efectos perjudiciales en la salud y disminuir el impacto medioambiental, que presenta este metal (1-2).

Es conocida la toxicidad del mercurio y de sus compuestos sobre el sistema nervioso, los riñones y el sistema cardiovascular. Siendo el más dañino el metilmercurio (MeHg), cuya acción se centra principalmente en el sistema nervioso, afectando más severamente a los fetos y la población infantil. Por ello, es una gran causa de preocupación en España, debido a que el MeHg se encuentra mayoritariamente en el pescado y España es uno de los países que presenta un consumo más elevado de pescado. Además diferentes estudios de base poblacional llevados a cabo recientemente, han puesto de manifiesto que es uno de los países con una población que contiene una mayor concentración de mercurio en sangre (2).

La importancia de este trabajo radica en el conocimiento deficiente que hay en la población general y en el personal sanitario. Muchas personas no saben porque no se debe utilizar los termómetros de mercurio pero no saben exactamente porque, también existen mitos sobre la relación del autismo y las

vacunas con mercurio, con este trabajo se pretende esclarecer este tipo de dudas.

Hay que hacer hincapié en que las consecuencias del mercurio en los fetos por una exposición prenatal podrían evitarse a través de una buena educación para la salud por parte del personal sanitario, especialmente por parte de la enfermera, que es la que principalmente tiene un contacto más directo con el paciente y mantiene una relación de confianza con ellos, siendo la educación para la salud una función asistencial básica y necesaria.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL:

Describir las consecuencias para la salud de la exposición prenatal e infantil al mercurio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Explicar las características y las formas tóxicas en las que el mercurio puede presentarse.
- Conocer los alimentos y materiales donde se puede encontrar el mercurio.
- Averiguar cuáles son los efectos nocivos en la población infantil como consecuencia de una exposición prenatal al mercurio.
- Elaborar una pequeña guía de prevención a la exposición del mercurio, para informar a las mujeres embarazadas y evitar así el riesgo que conlleva.

3. METODOLOGÍA

La metodología se basa en una revisión de la literatura científica sobre los efectos nocivos del mercurio en la población española, centrándose en la población infantil con una exposición prenatal al mismo. Para este fin se han consultado:

- Bases de datos especializadas en ciencias de la salud: Pubmed, Aulamedica, Medline, Scielo y Ncbi.
- Portales de internet y buscadores como google o google académico.
- Revistas específicas de ciencias de la salud, como: la Gaceta Sanitaria, la Revista Pediatría Española y las revistas de la editorial Elsevier.
- El repositorio documental de la Universidad de Valladolid (Uva doc) y Tesis doctorales (Teseo).

Las palabras claves y sus descriptores en inglés utilizadas en la búsqueda bibliográfica han sido: intoxicación por mercurio, exposición prenatal al mercurio, acción nociva del mercurio, intoxication for mercury, mercury and pregnancy. Para ello se ha seguido una secuencia ordenada que ha consistido en una primera lectura de los artículos, para después realizar un resumen de cada uno de ellos y organizarlos en función de su temática, facilitando así el posterior desarrollo de la temática.

Las fuentes bibliográficas utilizadas han sido desde el 2010 hasta el 2015, haciendo una excepción en la referencia número 3 que ha sido utilizada para la referenciación de algunos datos antiguos en el apartado 4.1 Antecedentes históricos y para la realización de la figura 2 (esquema del ciclo del Mercurio) del anexo I.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La acción nociva del mercurio ya era conocida por el ser humano desde hace mucho tiempo, quedando reflejada su toxicidad a través de medicamentos desde el año 1500 a.C. En el siglo I de la era cristiana, fue descrito el efecto dañino del mercurio por el sabio romano Plinio, que lo relaciono con una enfermedad de los esclavos que trabajaban en las minas contaminadas con vapor de mercurio (1).

En la Edad Media fueron descritos los efectos perjudiciales producidos por el sulfuro de mercurio, utilizado en esa época como un pigmento de color rojo para la ilustración de textos (1).

Desde los siglos XVI hasta el siglo XX en Inglaterra, los trabajadores en la industria de la manufacturación de sombreros sufrieron los efectos del nitrato de mercurio, utilizado en la fabricación de los sombreros de fieltro. Dando lugar al eretismo mercurial, que produce una especie de locura y de síntomas neurológicos como irritabilidad, depresión, temblores o disartria; esto inspiró a Lewis Carroll para crear al personaje del sombrerero loco en “Las aventuras de Alicia en el país de las maravillas”; de estos síntomas también tiene origen la expresión inglesa “mad as a hatter” (más loco que un sombrerero). El eretismo mercurial es una enfermedad que está vigente hoy día y es sufrida por los taxidermistas (1).

También se conoce la acción perjudicial de un medicamento antisifilítico, que contenía benzoato de mercurio y provocó una intoxicación por mercurio en personajes célebres como Mozart, Beethoven y Schubert (3).

El caso más catastrófico conocido por intoxicación de mercurio es el de la Bahía de Minamata en Japón que tuvo lugar en 1955. La empresa Chisso Corporation (encargada de la producción de fertilizantes, petroquímicos y plásticos) vertió sus residuos a la bahía desde 1932 hasta 1968, produciendo una contaminación de la misma con metilmercurio (producto derivado de la fabricación de acetaldehído). Esto provocó parálisis, trastornos del discurso, atetosis, Corea (baile de San Vito) retraso mental, disartria, trastornos de coordinación, trastornos del crecimiento e hipersalivación en los recién nacidos de madres que durante la gestación ingirieron pescado y marisco contaminado con metilmercurio. Además las personas que consumieron estos alimentos contaminados sufrieron de pérdida de sensibilidad, entumecimiento de manos y pies, dificultad para ver, oír o tragar, trastornos de coordinación y una alta proporción de ellos murió. Estos síntomas dieron origen a la enfermedad de Minamata, que fue diagnosticada por primera vez en 1956 (1, 2, 4).

En 1965 aparecieron 690 casos de enfermedad de Minamata causado por el vertido de una empresa química en aguas residuales en el río Agano (Niigata-Japón).

En 1962 hubo un brote de la enfermedad de Minamata en un pueblo aborigen en Grassy Narrows (Dryden-Canadá), que tuvo lugar por la liberación

de mercurio en una industria de fabricación de cloro de álcali, de celulosa y papel.

Otros ejemplos menos dramáticos son los que tuvieron lugar en Estados Unidos. En 1969 una familia campesina alimentó a los cerdos, con los que posteriormente se alimentaban, con semillas tratadas con metilmercurio, como consecuencia tuvieron un hijo ciego y con retraso mental. Otro caso, es el de un niño que desarrollo acrodinia, después de que pintarán la casa donde residían con una pintura que como conservante contenía fenilmercurio.

Otra caso conocido por intoxicación con mercurio, fue en 1971-1972 en Irak, donde murieron 10.000 personas y otras 100.000 sufrieron daños cerebrales y ceguera, al ingerir pan elaborado con semillas que habían sido tratadas con un fungicida que contenía metilmercurio (1).

Hasta la década de 1970, los compuestos de metilmercurio y etilmercurio fueron utilizados para proteger los granos contra el ataque de hongos. Sin embargo, una vez que fueron conocidos los efectos adversos para la salud, se prohibió su uso como fungicida (5).

En 1980 en Argentina unos pañales de tela que habían sido procesados con acetato de fenilmercurio en lavanderías, provocaron una serie de reacciones en lactantes por la absorción de este derivado mercurial por vía percutánea. Los afectados presentaron: sudoración, irritabilidad, alteraciones gastrointestinales, insomnio, mareos, anorexia y fotofobia (6).

Hace poco se ha realizado un estudio prospectivo de cohortes en las Islas Feroe, que ha demostrado los efectos perjudiciales del metilmercurio en el cerebro fetal cuando ha sufrido una exposición prenatal al metilmercurio. Provocando en los niños alteraciones neuropsicológicas, que afectan principalmente a la capacidad de atención, la memoria y el lenguaje (2). Aún hoy día siguen apareciendo casos de intoxicación por mercurio, por ello, es importante investigar dónde se encuentra el mercurio y como se puede evitar su exposición, ya que provoca efectos perjudiciales en el sistema nervioso.

4.2 CARACTERÍSTICAS DEL MERCURIO

La palabra mercurio proviene del latín “hydrargyrum”, y esta a su vez deriva de la palabra griega “hydragyros” (hydra → agua, argyros → plata) que significa agua de plata o plata líquida. Por eso su símbolo químico es Hg (1).

4.2.1 LAS FORMAS QUÍMICAS DEL MERCURIO

El mercurio es un elemento natural que forma parte de la corteza terrestre, es un metal pesado químicamente representado con el símbolo Hg (2).

Existen dos formas por las que el mercurio se puede incorporar al medio ambiente. Una son las fuentes naturales, es decir, a través de erupciones volcánicas; o a través de fuentes antropogénicas, que son aquellas provocadas por la actividad humana, como la combustión de fósiles, procesos de incineración, la minería o la industria cloroalcalina (2, 4, 7). La incorporación del mercurio al medio ambiente se explica más detalladamente en el anexo I, a través del ciclo del mercurio.

El mercurio es un metal que se encuentra en el medio ambiente en diferentes formas. Según su estructura química se clasifica principalmente en tres grupos:

- El mercurio metálico o elemental (“azogue”), presenta una coloración plateada y brillante, aparece en estado líquido a temperatura ambiente. Es denso y poco soluble en agua, pero tiene una gran capacidad para acumularse en los cursos de los ríos en forma de sedimento.
- El mercurio inorgánico o sales de mercurio, presenta dos estados de oxidación: mercurio mercurioso y mercurio mercúrico, son más solubles que el mercurio elemental y presentan una gran afinidad por grupos orgánicos e inorgánicos, especialmente por el azufre, el oxígeno y el cloro. La mayoría de estas sales se presenta en forma de polvo blanco o de cristales, excepto el sulfato de mercurio o cinabrio que es de color rojo o negro si se expone a la luz.
- Cuando el mercurio se combina con carbono, da lugar a los compuestos orgánicos u organomercuriales. Hay muchos compuestos siendo los

más habituales el dimetilmercurio, el etilmercurio, el fenilmercurio y el metilmercurio o monometilmercurio, siendo este último el más importante, por su gran capacidad de bioacumulación en animales marinos (4, 8, 9).

El mercurio causa cuantiosos efectos adversos en la salud humana y en los ecosistemas naturales. Los factores que determinan la aparición de los efectos negativos y su severidad, son: la forma química del mercurio (elemental, inorgánico, orgánico), la dosis, edad, duración de la exposición, vía de exposición, y los factores ambientales, nutricionales y genéticos (2).

La contaminación por Hg es un problema local, regional y global. En Europa el 60% de las emisiones medioambientales son antropogénicas, ascendiendo a unas 340 toneladas anuales (2).

4.2.2 LA TOXICOCINÉTICA DEL MERCURIO

En este apartado se van a describir los diferentes procesos por los que va a pasar el mercurio en el ser humano desde su absorción hasta su eliminación, la toxicocinética del mercurio va a variar en función de su forma química.

4.2.2.1 El mercurio elemental

A temperatura ambiente es líquido pero se sublima con gran facilidad, formándose vapor de Hg^0 . Este se absorbe por vía inhalatoria en un 80%, provocando así un aumento de la concentración de mercurio en los pulmones (7).

Puede ingerirse de forma líquida por accidente, en caso de la rotura de algún objeto que contenga mercurio metálico, como un termómetro; pero como su absorción por vía gastrointestinal es muy pobre, inferior al 0,1%, las consecuencias tóxicas son mínimas (9).

Las amalgamas dentales contienen un 45% de mercurio elemental, cuando el individuo mastica se va a liberar vapor de mercurio y a través de la respiración bucal va a llegar a los alvéolos, donde el 80% pasará al torrente sanguíneo. Por otro lado, parte del vapor de mercurio liberado durante la masticación se va a unir a la saliva, oxidándose así a mercurio mercúrico y pasando al tracto gastrointestinal, donde se podrá absorber hasta un 20%.

Por vía dérmicas también puede absorberse pero en una cantidad ínfima, pero al ser un producto cáustico, con frecuencia produce lesiones dermatológicas como irritaciones cutáneas (10).

El vapor de mercurio es muy liposoluble, por lo que va a travesar fácilmente la membrana alveolar de los pulmones, incorporándose así en el torrente sanguíneo y distribuyéndose por el organismo; depositándose principalmente en los hematíes, el sistema nervioso central y los riñones.

El vapor de Hg^0 se va a oxidar a catión mercúrico, es decir, va a sufrir un proceso de oxidación en la cual se van a transferir dos electrones del átomo de mercurio al átomo de oxígeno, por acción de la enzima catalasa. Una vez que se encuentra en forma de mercurio divalente pierde su capacidad lipofílica (9-10).

Como se ha explicado anteriormente, el vapor de mercurio es muy liposoluble, por tanto, va a atravesar la membrana hematoencefálica y la barrera placentaria por difusión pasiva. Pero aunque lo realiza fácilmente, va a llegar en una cantidad mucho menor al sistema nerviosa central (SNC) del feto en forma de mercurio metálico, porque antes de llegar al cerebro, tiene que pasar antes por el hígado fetal, donde va a sufrir el proceso de oxidación y se va a convertir en mercurio divalente (10).

El mercurio elemental mayoritariamente se elimina por vía digestiva, aunque también lo hace en menor proporción a través de la respiración, el sudor, las lágrimas y el cabello. Principalmente se elimina por vía renal porque el mercurio metálico tiene una gran afinidad por la metalotioneína, que es una proteína de bajo peso molecular que se encuentra en el riñón (5).

Hay que tener en cuenta que la concentración de mercurio en la orina principalmente va a ser de mercurio divalente y no de mercurio elemental, porque este sufre un proceso de oxidación a catión mercúrico. Además la vida media de este catión es mucho mayor, incluso de años, por eso la orina puede servir de indicador en caso de investigar una intoxicación crónica.

El mercurio elemental tiene una vida media bifásica, es decir, que se va a desarrollar en dos fases. La primera fase es rápida de 2 a 4 días y la segunda fase es lenta de 13 a 14 días (10).

4.2.2.2 El mercurio inorgánico y las sales inorgánicas

El mercurio inorgánico se puede absorber por vía inhalatoria a través de aerosoles como el cloruro de mercurio. Pero también puede absorberse a través de la piel, siendo una sustancia muy corrosiva para el epitelio.

La absorción gastrointestinal puede verse aumentada en un 20% por la acción de algunos factores, como el aumento del pH intestinal, una dieta rica en lácteos o un aumento de la actividad pinocítica en el tracto intestinal (5, 10).

Una vez absorbido el mercurio inorgánico pasa al torrente circulatorio, distribuyéndose de forma equitativa entre los hematíes y el líquido plasmático. Este tipo de mercurio tiene mucha afinidad por los grupos sulfhidrilos y por las proteínas plasmáticas. Atraviesa con facilidad las membranas celulares y se acumula principalmente en los riñones, el hígado, el tracto intestinal, el bazo y los testículos (5, 8).

El mercurio inorgánico tiene muy poca solubilidad, por eso no atraviesa la barrera placentaria ni la barrera hematoencefálica. Sin embargo el mercurio divalente que se puede encontrar en el feto o en el cerebro, va a proceder principalmente del mercurio elemental, una vez que ha sufrido el proceso de oxidación (10).

La eliminación del mercurio inorgánico esencialmente es a través de las heces y en menor medida a través de la orina (5).

La vida media del mercurio inorgánico es de 40 a 60 días (8).

4.2.2.3 El mercurio orgánico y las sales orgánicas

La absorción de los compuestos orgánicos de mercurio es a través del tracto gastrointestinal, aunque también por vía dérmica. Los principales compuestos organomercuriales que se absorben por vía digestiva son el metilmercurio, el fenilmercurio, el etilmercurio, el mercurocromo y el tiomersal, que lo hacen en un 80-95%. La absorción por vía dérmica de compuestos dialquimercuriales, como el dimetilmercurio, fenilmercurio o metilmercurio es elevada, aunque no se conoce la proporción en que lo hace (5, 10).

Una vez absorbidos van a pasar al torrente sanguíneo, donde van a concentrarse en un 90% en los glóbulos rojo. De este modo se va a distribuir por todo el organismo, acumulándose principalmente en la sangre y en el

cerebro. Una parte del mercurio orgánico absorbido va a sufrir un proceso de desmetilación, es decir, se va a eliminar un grupo metilo (CH_3) de la molécula, dando lugar a una elevada concentración de mercurio inorgánico en el riñón y en el hígado.

Los compuestos organomercuriales tienen la capacidad de unirse a otras sustancias orgánicas a través de los grupos sulfhidrilos.

Estos compuestos son muy liposolubles, por lo tanto, van a atravesar fácilmente las barreras biológicas.

La eliminación de estos compuestos se efectúa principalmente a través de la heces y en menor proporción a través de la orina, el cabello y la leche materna.

La vida media de los compuestos organomercuriales oscila entre 100 y 190 días (5).

De los compuestos organomercuriales, el metilmercurio es el que representa una mayor importancia porque sus características cinéticas hacen que sea el compuesto mercurial más tóxico para el ser humano.

4.2.2.4 El metilmercurio (MeHg)

El 95% del metilmercurio es absorbido a través del tracto gastrointestinal, una vez absorbido pasa al torrente sanguíneo, acumulándose dentro de los hematíes y uniéndose a la hemoglobina; su distribución en la sangre es 20 veces mayor en los eritrocitos que en el plasma. A través de la sangre se va a distribuir por todos los tejidos del organismo, en un período de 30 horas, almacenándose en un 5% en la sangre y en un 10% en el cerebro.

Va a tener una vida media de 44 a 80 días en forma de metilmercurio pero si se desmetila a mercurio inorgánico, se va a acumular lentamente y va a residir en el sistema nervioso central durante un largo período.

Atraviesa fácilmente las barreras biológicas y se almacena especialmente en el cerebro (concentración 5 veces mayor que en sangre) y en el cabello (concentración 250 veces mayor que en sangre), sirviendo así de marcadores indicadores (2).

El MeHg se va a unir al grupo tiol de la L-cisteína formando así el complejo metilmercurio-cisteína, que tiene una estructura muy semejante a la

metionina; este complejo le permite entrar en las células a través de los transportadores de aminoácidos neutros LAT 1 y LAT 2. Este complejo se inhibe por la acción de aminoácidos. Es importante distinguir que se une a la L-cisteína porque con su isómero D-cisteína no tiene la capacidad atravesar el endotelio celular, es decir, no puede penetrar en las células (2, 13).

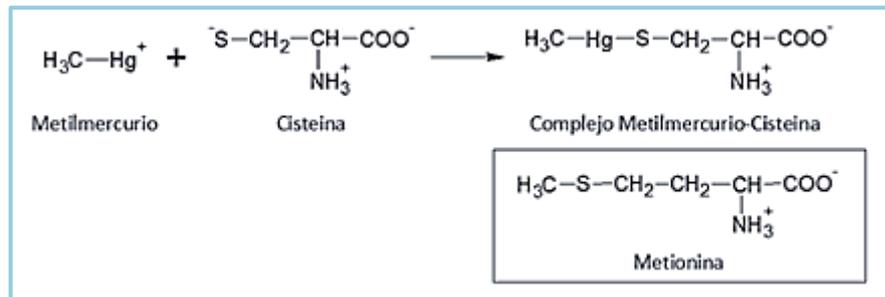


Figura 1. Formación química de la metionina (11).

El metilmercurio es capaz de salir de las células hepáticas e introducirse en la bilis al utilizar los transportadores endógenos del glutatión, al que se une para formar un complejo. Sin embargo, durante su trayecto por las vías biliares, el complejo metilmercurio-glutatión va a ser hidrolizado por las enzimas glutamil-transpeptidasa y dipeptidasa, liberando así los aminoácidos y el metilmercurio, este último se va a unir a la cisteína formando de nuevo el complejo metilmercurio-cisteína, que va a ser reabsorbido nuevamente por la vesícula biliar, regresando de nuevo al torrente sanguíneo. Aunque una parte del complejo metilmercurio-cisteína se secreta en el tracto gastrointestinal junto a algún complejo de metilmercurio-glutatión. (2, 10, 11).

Una vez que el metilmercurio se encuentra en el tracto gastrointestinal, en parte es reabsorbido junto a la cisteína y realiza una circulación entero hepática; y otra fracción va a sufrir un proceso de desmetilación por la acción de la flora intestinal, que es la eliminación de un grupo metilo (CH_3) de la molécula de metilmercurio, transformándola así en mercurio inorgánico. El mercurio inorgánico tiene una absorción muy baja por vía digestiva, por lo que se va a eliminar a través de las heces. Hay que tener en cuenta que los lactantes no tienen una flora intestinal madura y al no contener estas bacterias

no van a ser capaces de transformar el metilmercurio en mercurio inorgánico, para eliminarlo por las heces (2, 6).

El 90% del MeHg absorbido va a excretarse a través de las heces pero también a través del cabello y en una proporción ínfima por la orina (11).

El metilmercurio atraviesa la barrera hematoencefálica y la barrera placentaria. Este paso estaba asociado a su capacidad lipofílica, pero se ha demostrado que se debe a su carácter catiónico, este va a aumentar su solubilidad en el agua y su transporte a través de la formación de complejos tisulares al unirse a los grupos tiol de las proteínas, los péptidos y los aminoácidos. La concentración de MeHg en el cerebro fetal es de 5 a 7 veces mayor a la sangre materna (11).

Además el metilmercurio es capaz de pasar a los lactantes a través de la leche materna, presentándose en mayor cantidad en el calostro que en la leche madura. A pesar de que la leche materna contenga metilmercurio y mercurio inorgánico, los estudios no han demostrado ninguna evidencia que justifique la suspensión de la lactancia, ya que supone un gran beneficio y es la mejor forma de alimento para los lactantes (2).

A continuación se muestra una tabla comparativa con las características de las diferentes formas químicas del mercurio.

Tabla 1. Cuadro comparativo de las características de los distintos tipos de mercurio. (Elaboración propia basada en las fuente bibliográfica 8).

Elemental o metálico	Inorgánico	Orgánico
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Líquido a temperatura ambiente y en forma de vapor en la atmosfera. ▪ Liposoluble. ▪ Se absorbe por vía inhalatoria. ▪ Se almacena en riñones, hematíes y en SNC. ▪ Atraviesa las barreras biológicas. ▪ Vida media → bifásica 1º de 2 a 4 días 2º de 13 a 14 días 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sólido a temperatura ambiente. ▪ Hidrosoluble. ▪ Se absorbe por vía digestiva. ▪ Se almacena en riñones, hígado, tracto intestinal, bazo y testículos. ▪ No atraviesa barreras biológicas. ▪ Vida media → 60 días. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sólido a temperatura ambiente. ▪ Liposoluble. ▪ Se absorbe por vía digestiva y dérmica. ▪ Se almacena en los hematíes y en el cerebro. ▪ Atraviesa las barreras biológicas. ▪ Vida media → de 100 a 190 días.

4.3 FUENTES DE EXPOSICIÓN AL MERCURIO

Las principales fuentes de exposición del ser humano al mercurio son a través del aire, el agua y los alimentos.

El mercurio elemental es incorporado por el ser humano mayoritariamente a través del aire. La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece un límite de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de mercurio en el aire (en el año 2000) (12).

El mercurio inorgánico se encuentra primordialmente en el agua y en los alimentos, encontrándose en pescados, bebidas no alcohólicas y en misceláneos; la JECFA marca como referencia un consumo semanal de $4 \mu\text{g}$ por Kg de peso corporal (en el año 2011). La OMS marca un límite de $1 \mu\text{g}/\text{l}$ en el agua que sea destinada para consumo humano (en el año 2000) (12). Pero también existen cosméticos blanqueantes que contiene cloruro de mercurio, que por su toxicidad han sido prohibidos, sin embargo se siguen vendiendo de forma clandestina (especialmente en países asiáticos y africanos) (9).

Las fuentes de contaminación del mercurio orgánico son básicamente a través del etilmercurio y del metilmercurio. El MeHg se encuentra en los productos procedentes de la pesca, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) recomienda una ingesta semanal de $1,3 \mu\text{g}$ por kg de peso corporal (en el año 2012). La concentración de MeHg en los pescados y mariscos varía entre $0,001$ y $11,4 \text{ mg}/\text{Kg}$, encontrándose en mayor concentración en aquellos seres depredadores (ver tablas en el anexo II). En España la Agencia Española de Seguridad Alimentaria, Nutrición y Consumo (AECOSAN) en el año 2011 recomendó evitar el consumo de pez espada, tiburón, atún rojo y lucio a las mujeres en edad fértil, a las embarazadas, durante el periodo de lactancia o en niños menores de tres años y limitando su consumo en menores de 3 a 12 años a 50 g semanalmente (12).

Uno de los componentes de algunas vacunas es el timerosal o tiomersal, que está compuesto por un 49,6% de etilmercurio, el timerosal se encuentra en las vacunas en una concentración que varía entre $0,003$ y $0,01\%$ ($12,5 \mu\text{g}$ - $50 \mu\text{g}$ por vacuna). Es utilizado como conservante y bactericida, principalmente en los viales multidosis. Ha existido mucha controversia en el uso de vacunas que contenían tiomersal y la aparición de autismo o alteraciones del desarrollo, pero los estudios no han demostrado ninguna relación entre ellos. En 2012 la OMS

emitió un comunicado donde afirmaba que el uso de vacunas que contenían timerosal eran seguras para el ser humano, basándose en un estudio realizado por el Comité Consultivo de Expertos en Inmunizaciones (SAGE). Asimismo, en 2013 la Academia Americana de Pediatría (AAP) se inclinó a favor de utilizar las vacunas que contenían timerosal (7,13).

El mercurio orgánico también es utilizado como antiséptico en lesiones superficiales (mercurocromo → mercromina®) y como fungicida en pinturas y en la fabricación de celulosa (fenilmercurio) (1).

Otra fuente de intoxicación es el mercurio metálico, que se encuentra principalmente en:

- Las amalgamas dentales están compuestas por un 40-50% de mercurio, un 25% de plata y en un 25-35% por una mezcla de cobre, zinc y estaño. Se estima que la absorción diaria media de Hg⁰ procedente de empastes dentales varía entre 3 y 17 µg de mercurio. Hay que tener en cuenta que puede absorberse de dos formas, a través de la vía inhalatoria en forma de vapor de mercurio o puede desprenderse en forma de iones mercuriales, que se van a depositar en la mucosa oral y van a absorberse por vía gastrointestinal. Igualmente el manejo de las amalgamas supone un riesgo para el personal sanitario, porque en las técnicas de implantación se pueden desprender vapores de mercurio (7,9).
- Algunos instrumentos empleados en sanidad, como los termómetros de mercurio (contiene entre 0,5 y 3 g de mercurio), los esfigmomanómetros (contiene entre 100 y 200 g de mercurio) y los dilatadores esofágicos (contienen hasta 1 Kg de mercurio). Debido al riesgo de exposición a los vapores de mercurio cuando se rompe algún instrumento de este tipo, el 6 de febrero por la orden PRE/222/2009, se prohíbe la comercialización, a partir del 3 de abril de 2009, de los dispositivos de medición que contengan mercurio destinados a la venta del público en general, haciendo especial hincapié en los termómetros de mercurio (1, 7).

- A través de actividades mineras y procesos industriales, principalmente la minería de oro artesanal, el uso de catalizadores de mercurio en la producción de sustancias químicas y las plantas de cloroalcalis con celdas de mercurio. Esto supone una importante fuente de exposición para los trabajadores y las personas más allegadas a él, ya que puede transportar el mercurio a través de ropas y calzados (1,5).
- Las lámparas fluorescentes contienen un 80% de mercurio, son las lámparas con mayor contenido en mercurio. Actualmente se están desarrollando lámparas que sean energéticamente eficientes y no contengan mercurio, destacando las de tecnología de diodo emisor de luz (LED) (1,7).
- En relés, utilizados en impresoras, cargadores de baterías, calefactores, hornos, farolas, semáforos y máquinas de rayos X.
- En pilas y baterías. Las pilas con un mayor contenido en mercurio son las de óxido de mercurio, con un 40% de Hg y una alta densidad energética; empleadas en audífonos, relojes, cámaras fotográficas y calculadoras.
- En interruptores utilizados en lavadoras, secadoras, congeladores, planchas, sistemas de seguridad, alarmas de incendio y zapatos infantiles con luces parpadeantes. También ha sido utilizado en termostatos, actualmente están siendo remplazados por termostatos electromecánicos o digitales. La UE en 2005 prohibió el uso de termostatos y de interruptores que contuviesen mercurio (1).

4.4 EFECTOS NOCIVOS DEL MERCURIO SOBRE LA SALUD

Los factores que van a influir en la aparición y en la severidad de los efectos nocivos del mercurio sobre la salud de los seres humanos son: la forma química del mercurio, la dosis, la edad de la persona expuesta, la duración y la vía de exposición (5).

Diferenciamos entre dos tipos de exposición, se considera *exposición aguda* aquella en la que el ser humano ha estado en contacto a la sustancia tóxica durante un período de tiempo corto pero a altas concentraciones, y la

exposición crónica es aquella en la que el ser vivo ha estado en contacto al agente perjudicial durante un período prolongado de tiempo pero a una concentración más baja.

4.4.1 Mercurio metálico o elemental (Hg⁰)

Cuando hay una exposición crónica al mercurio elemental, se va a producir principalmente una afectación del sistema nervioso, alterando principalmente la corteza cerebral; especialmente tiene una gran afinidad por la sustancia gris, el lóbulo occipital y el temporal, provocando trastornos neurológicos, trastornos del comportamiento y una disminución de la memoria (5).

En la siguiente tabla se muestran los diferentes síntomas que provoca una exposición al mercurio metálico.

Tabla 2. Síntomas por exposición a mercurio metálico. (Elaboración propia basada en las fuentes bibliográficas 5, 6, 9 y 13).

EXPOSICIÓN AGUDA	EXPOSICIÓN CRÓNICA
<ul style="list-style-type: none"> ■ Tos, disnea, traqueobronquitis, bronquitis aguda, neumonía e insuficiencia respiratoria. ■ Irritabilidad, nerviosismo, delirios, alucinaciones y temblor. ■ Ataxia, disartria, parestesias, disminución del campo visual y espasmos musculares. ■ Coma y muerte. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ↓ de la función cognitiva y pérdida de la sensibilidad de las extremidades. ■ Eretismo mercurial (irritabilidad, tristeza, ansiedad, insomnio y depresión). ■ Atrofia y espasmos musculares. ■ Trastornos psicológicos (desconfianza, excesiva timidez, brotes de ira). ■ ↓ del campo visual y signo de Atkinson. ■ Estomatitis mercurial (sialorrea, gingivitis y ulceración de la mucosa bucal), caída prematura de dientes y halitosis. ■ Náuseas, vómitos y diarreas. ■ Temblores, polineuropatías, parestesias e hiperreflexia tendinosa. ■ Pérdida de memoria y dificultad para la concentración. ■ Hiperqueratosis. ■ Alteración de la escritura y de la marcha. ■ Proteinuria, necrosis túbular y síndrome nefrótico. ■ Hiperinmunoglobulemia y afección glomerular, acompañado de depósitos de complejos de inmunoglobulina G.

4.4.2 Mercurio inorgánico

El IPCS (en 2003) estimó que la dosis letal media de mercurio inorgánico para un adulto de 70 kg, era entre 10-42 mg de Hg/Kg (13).

A continuación se muestra una tabla con las diferentes consecuencias que produce un contacto con el mercurio inorgánico.

*Tabla 3. Consecuencias producidas por el contacto con el mercurio inorgánico.
(Elaboración propia basada en las fuentes bibliográficas 5, 6, 9 y 13).*

EXPOSICIÓN AGUDA	EXPOSICIÓN CRÓNICA
<ul style="list-style-type: none">■ Estomatitis mercurial (sialorrea, gingivitis, úlceras en la mucosa oral), caída de dientes y dolor de garganta.■ Dolor retroesternal, epigastralgia y disfagia.■ Hipertensión arterial, taquicardia e insuficiencia cardíaca.■ Vómitos, diarrea, dolor abdominal intenso, gastroenteritis aguda, deshidratación, hemorragia digestiva y choque hipovolémico.■ Neumonía química, edema de pulmón, bronquiolitis necrosante e insuficiencia respiratoria.■ Acrodinia.■ Alteraciones cognitivas, sensoriales, motoras y neuroconductuales.■ Síndrome nefrítico, necrosis tubular, insuficiencia renal, anuria y muerte.	<ul style="list-style-type: none">■ Alteraciones neuropsiquiátricas (ataques de pánico, ansiedad, labilidad emocional, trastornos de memoria, insomnio, anorexia, fatiga o disfunción cognitiva y motora).■ Alteraciones neuromusculares y polineuropatías.■ Asociado a un aumento en la frecuencia de abortos y a la dismenorrea.■ Efecto carcinogénico (de tiroides, estómago y renal).■ Acrodinia.■ Proteinuria, oliguria, hematuria, anuria y síndrome nefrítico.

4.4.3 Mercurio orgánico

En la siguiente tabla se muestran los diferentes efectos perjudiciales que tiene para la salud el mercurio orgánico.

Tabla 4. Efectos nocivos que produce el mercurio orgánico. (Elaboración propia basada en las fuentes bibliográficas 5, 6 y 13).

EXPOSICIÓN AGUDA	EXPOSICIÓN CRÓNICA
<ul style="list-style-type: none"> ■ Parestesia, ataxia, sordera, alteraciones visuales, temblores y espasticidad. ■ Necrosis tubular, glomerulonefritis e insuficiencia renal. ■ Somnolencia, coma y muerte. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Astenia, adinamia, apatía, miedo, depresión y deterioro intelectual. ■ Parestesia, ataxia, disartria, parálisis motora y espasticidad. ■ Diplopía, ceguera y sordez. ■ Coma y muerte. ■ Alteraciones en la población infantil tras una exposición prenatal: <ul style="list-style-type: none"> • Retardo en el desarrollo motor. • Alteraciones psicológicas. • Incoordinación motora. • Ataxia. • Disartria. • Movimientos involuntarios. • Hipertensión arterial durante la infancia. • Parestesias. • Parálisis muscular. • Pérdida auditiva. • Reducción del campo visual y ceguera. • Reflejos hiperactivos. • Retraso mental. • Malformaciones. • Déficit de memoria, de atención y del lenguaje a la edad de 7 años (según estudio de las Islas Feroes). • Deficiencias neuropsicológicas a la edad de 6 años (según estudio en Nueva Zelanda).

4.4.3.1 El metilmercurio

La toxicidad del MeHg está influenciada por muchos factores, principalmente por la dieta y por el sexo.

Una dieta rica en fibra, frutas y verduras va a disminuir la toxicidad al ser quelantes del MeHg (en especial el salvado de trigo), disminuyendo en un 72-84% su absorción y aumentando su excreción por vía fecal. Los fitoquímicos como el té van a reducir la toxicidad, al disminuir en un 82-92% su absorción.

Además los compuestos que contienen grupos tiol como el ajo, van a actuar como quelantes.

La vitamina E va a inhibir la toxicidad del metilmercurio al inactivar sus radicales libres. Sin embargo, la vitamina B12 va a producir un aumento de la concentración de MeHg en el cerebro y en el hígado.

La leche va a producir una disminución de la desmetilación del MeHg, impidiendo así que se transforme en mercurio inorgánico y se elimine por las heces, favoreciendo su reabsorción y su recirculación enterohepática.

El déficit de tiamina, el aceite de coco y el alcoholismo van a favorecer la toxicidad del metilmercurio.

El tratamiento con antibióticos va a aumentar la toxicidad porque va a disminuir la eliminación del MeHg a través de las heces (2).

Se sospecha que el selenio puede afectar a la toxicidad, disminuyendo la actividad oxidativa del mercurio, al actuar sobre la glutatión-peroxidasa, que protege a la célula al catalizar la reducción de peróxido de hidrógeno (10).

En la edad infantil los niños son los seres más susceptibles a los efectos neurotóxicos cuando han sufrido una exposición a esta sustancia de forma prematura, en cambio, en la edad adulta son las mujeres las que son más vulnerables a los efectos del MeHg (2).

Aunque los principales efectos nocivos del metilmercurio tienen como diana el sistema nervioso y el cerebro, también va a provocar alteraciones en el sistema renal, cardiovascular, reproductivo e inmunológico.

Las principales consecuencias de una intoxicación por mercurio en adultos son: ataxias, parestesias, disartrias, trastornos auditivos, alteraciones sensoriales, temblores, llegando a producir una encefalopatía en los casos más graves, que pueden provocar incluso la muerte, como fue en el caso de Minamata que murieron un 44,3% de los contaminados. En los niños que han sufrido una exposición intrauterina al MeHg, las principales alteraciones que presentan son: retrasos en el desarrollo, ceguera, alteraciones del tono muscular y de los reflejos tendinosos profundos (5, 9, 11).

Hay muchos estudios que demuestran el efecto perjudicial en la salud humana del metilmercurio, como el de Nueva Zelanda (1978) o el de las Islas Feroe (1986).

El estudio de las Islas Feroe fue considerado en el año 2000 por la NAS/NRC el estudio más fiable. Este estudio demostró que los efectos sobre el SNC producidos por el metilmercurio son multifocales y permanentes, especificando que las áreas más afectadas en los niños eran la atención, el lenguaje y la memoria verbal; y en menor medida, la velocidad motora y la función visuo-espacial. También estimó que al doblar la concentración de mercurio se producía un descenso en el cociente intelectual de 1,5 puntos (7).

La OMS afirma que de los adultos expuestos al metilmercurio, el 5% que refiere presentar alteraciones neurológicas presentan unos niveles de mercurio en sangre de 200mg/L y que el riesgo de daño cerebral en el feto aumenta significativamente cuando la concentración de mercurio en el pelo de la madre supera los 10-20 g/g (11).

Debido a los efectos tan perjudiciales del metilmercurio, las diferentes entidades internacionales estiman unos valores límites permitidos de exposición por vía oral en adultos, estos son:

- La EPA establece un límite de 0,1 µg/kg/día.
- La ATSDR establece un límite de 0,3 µg/kg/día.
- La FDA establece un límite de 0,43 µg/kg/día.
- La OMS establece un límite de 0,47 µg/kg/día.

Los valores de referencia en un lactante inferior a 6 meses, según las mismas entidades, la exposición al metilmercurio sin que provoque efectos nocivos son:

- La EPA estima un límite de 65 µg.
- La ATSDR estima un límite de 194 µg.
- La FDA estima un límite de 259 µg.
- La OMS estima un límite de 305 µg (13).

5. DISCUSIÓN

El mercurio es un elemento perjudicial para toda la población. Podemos encontrarlo en diferentes formas químicas y todas ellas tienen un efecto negativo para la salud. Pero hay un derivado, el metilmercurio, que es especialmente tóxico.

Han sido evidenciados los efectos catastróficos que este metal tiene en el ser humano, como en el caso de la Bahía de Minamata (1955) o el de Irak (1971), donde los síntomas más frecuentes fueron parestesias, ataxias, problemas visuales y de audición. En el caso de Minamata que fue más grave, llegó incluso a provocar una encefalopatía que llevaba al coma y a la muerte. Como el MeHg es capaz de atravesar la barrera placentaria, se vieron también afectados los fetos cuyas madres sufrieron esta exposición, causando en los pequeños principalmente: parálisis cerebrales, retraso en el desarrollo, alteraciones del lenguaje, ataxias, ceguera, sordera y alteraciones del tono muscular (1, 4).

Debido a la repercusión que tuvieron estos acontecimientos se comenzó a investigar sobre este tema; los estudios más relevantes que han constatado que una concentración elevada durante el embarazo provoca alteraciones en el SNC fetal, son dos:

- EL estudio de Nueva Zelanda (1978): determinó la concentración de mercurio a 1000 mujeres que habían consumido durante el embarazo pescado 3 veces a la semana y se realizó un estudio de sus respectivos hijos a los 4 y a los 6 años. A los 4 años se realizó el Denver Development Screening Test (un test que evalúa el desarrollo mental y motor). Y a los 6 años se realizaron: la escala de WISC-R (evalúa la función psicológica), la escala de habilidades infantiles de McCarthy (evalúa la función motora y sensorial) y una evaluación del desarrollo del lenguaje oral. Los resultados obtenidos fueron que aquellas madres que contenían una cantidad de mercurio superior a 6 μg (en el cabello), sus hijos obtuvieron un resultado inferior en los test que aquellos cuyas madres tenían una concentración inferior a 3 μg , también verificó que los del primer grupo presentaban un cociente intelectual 3 puntos menores que los del segundo grupo (7).

- El estudio de las Islas Feroes (1986): tras la realización de pruebas neurológicas, pruebas de coordinación motora, evaluación de la función sensorial, evaluación neurofisiológica y neuropsicológica, en menores a los 7 y a los 14 años; demostró que una exposición prenatal al metilmercurio afectaba principalmente a las siguientes áreas: atención, lenguaje, memoria verbal, velocidad motora y la función visuoespacial. Además también demostró que al doblar la concentración de mercurio se disminuía 1,5 puntos el cociente intelectual (7)

6. CONCLUSIONES

Tras la realización de esta búsqueda bibliográfica sobre la afectación la acción nociva que tiene el mercurio en las gestantes, se han extraído las siguientes conclusiones:

1. El mercurio es un elemento metálico tóxico para toda la población. Pero uno de sus derivados, el metilmercurio es muy perjudicial, afectando más sensiblemente durante el embarazo (tanto en la fase embrionaria como en la fetal) y durante la infancia. De aquí nace la necesidad de informar a las gestantes sobre el peligro que supone su exposición a este metal.
2. Se harán recomendaciones precisas sobre el consumo de pescado durante el embarazo y la infancia. Desaconsejándose el consumo de aquellos pescado de mayor tamaño, como el pez espada, el atún rojo, el lucio o el emperador; y se aconsejará que aumente el consumo de pescado con alto contenido en omega-3, como el salmón, el lenguado, el jurel o las sardinas. Los pescados con alto contenido en omega-3 favorecen la formación del sistema nervioso, disminuyen el riesgo cardiovascular e incluso se ha documentado que puede prevenir la depresión postparto.
3. En 2009 en España se retiraron todos los dispositivos de medición que contuviesen mercurio, según la orden PRE/222/2009 (por la Legislación de Seguridad y Medio ambiente). Por ello se suprimieron de todos los centros sanitarios los termómetros y los esfigmomanómetros que

contuviesen mercurio, pero aun así este problema sigue vigente con toda la población que contiene en sus casas estos materiales y desconocen el riesgo al que están sometidos, ya que pueden sufrir un eretismo mercurial, disminución de la función cognitiva, parestesias y estomatitis mercurial, entre otras.

4. Se han de reciclar los termómetros de mercurio, las pilas de los audífonos, relojes y calculadoras, según lo haya establecido la autoridad local de medio ambiente.
5. Para evitar la toxicidad de las lámparas y bombillas, se han de usar aquellas que sean de tipo LED.
6. No se ha demostrado científicamente que las vacunas que contiene Tiomersal produzcan efectos nocivos en la salud, en especial a lo referente al autismo, no hay estudios que así lo validen. Debido a la controversia existente en el 2013 la Agencia Americana de Pediatría (AAP) se declinó a favor del uso de vacunas con Tiomersal.
7. No se deben de utilizar aquellos antisépticos que contengan mercurocromo, tipo Mercromina®.
8. Algunas pinturas contiene como fungicida derivados mercuriales, por ello, siempre comprobar este dato antes de realizar su compra.
9. Hay un conocimiento deficiente por parte de la población en general y del personal sanitario sobre sobre los efectos nocivos que tiene el mercurio para la salud. Por ello, la autora de este trabajo ve necesaria la transmisión de información sobre las consecuencias nocivas que tiene una exposición al mercurio, debido a la afectación que produce en los niños, se considera necesaria la advertencia sobre este asunto por parte del personal sanitario, a través de las enfermeras, especialmente de las matronas que son las encargadas de supervisar y guiar a las embarazadas.

La limitación de este trabajo es que al ser una revisión bibliográfica se centra en las causas y consecuencias del problema, siendo una aproximación del que puede partir una futura investigación en el campo de Enfermería en la cual, se pueda desarrollar un Programa de Educación para la Salud y se

elabore un proyecto que se centre en la prevención primaria para poder transmitir la información al resto de la población, evitando así que en un futuro puedan darse casos de niños que presenten alteraciones por haber sido expuestos al mercurio por desconocimiento de las madres.

7. RECOMENDACIONES

Tras la realización de esta revisión bibliográfica y tras las conclusiones obtenidas, se considera que existe la necesidad de informar a la población general y en especial a las embarazadas, sobre:

1. El mercurio es un elemento que se encuentra en la naturaleza de muchas formas, esta sustancia es perjudicial para la salud y uno de sus derivados, el metilmercurio, es especialmente importante para las embarazadas, porque va a pasar a través de la placenta al feto y puede provocarle muchos efectos perjudiciales, ya que va a dañar al sistema neurológico del bebe. Puede provocar un retraso en el desarrollo cognitivo, es decir, en la memoria, en el lenguaje o en la atención, parestesias, parálisis musculares, pérdida auditiva y visual. No solo afecta al período del embarazo sino que también al de lactancia, porque además de pasar a través de la placenta también lo hace a través de la leche materna (2, 10).
2. El metilmercurio es un compuesto que se encuentra en los animales marinos, especialmente en aquellos que son de mayor tamaño. Pero esto no significa que no deban de consumir pescado. Ya que el pescado es una de las fuentes principales de los ácidos grasos $\Omega 3$. Estos ácidos van a prevenir la aparición de enfermedades cardiovasculares pero su importancia durante el embarazo radica en que son esenciales para la formación y el funcionamiento del cerebro del bebe. La importancia de los ácidos grasos omega-3 es para la formación y funcionamiento del sistema nervioso central. Además de todo esto, hay estudios que demuestran ser eficaces para evitar la aparición de la depresión postparto (14).

3. Es importante consumir pescado pero no todos los tipos de pescado ni en la misma cantidad. En la siguiente tabla se muestra las recomendaciones que han de darse sobre el consumo de pescado.

Tabla 5. Recomendaciones del consumo de pescado en función de su contenido en metilmercurio. (Elaboración propia basada en las fuentes bibliográficas 3, 15, 16).

Consumo FRECUENTE , varias raciones a la semana		Consumo moderado , máximos 2 por semana	Consumo escaso , máximo 1 por semana	Consumo RESTRINGIDO en embarazadas
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anchoa. ▪ Bacaladilla. ▪ Bacalao. ▪ Boquerón. ▪ Caballa. ▪ Dorada. ▪ Fletan. ▪ Gallo. ▪ Jurel. ▪ Lenguado. ▪ Lubina. ▪ Merluza. ▪ Palometa. ▪ Rape. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Salmon. ▪ Sardina. ▪ Trucha. ▪ Calamar ▪ Pota. ▪ Pulpo. ▪ Sepia. ▪ Almeja. ▪ Berberecho ▪ Camarón. ▪ Gambas. ▪ Langostino. ▪ Mejillones. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Atún blanco o bonito del Norte. ▪ Atún claro en lata. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Besugo. ▪ Salmonete de roca. ▪ Cigala. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Atún rojo. ▪ Cazón. ▪ Fletan. ▪ Lucio. ▪ Marlín. ▪ Marrajo. ▪ Pez espada. ▪ Emperador ▪ Pintarroja. ▪ Reloj. ▪ Tiburón.

4. Es importante que retire de sus casas los termómetros de mercurio, que aunque ya no se vende en las farmacias, muchas personas los tienen en casa, es importante que se deshagan. Al igual que hay que tener mucho cuidado con las pilas de botón de los audífonos, los relojes, las cámaras de fotos o las calculadoras, porque los niños pequeños pueden jugar con ellos y llevárselos a la boca (1,7). Para proceder a su eliminación se ha de poner en contacto con la autoridad local de medio ambiente o salud (17).
5. Se recomienda para evitar la toxicidad del mercurio el uso de bombillas y lámparas fluorescentes LED, pero esto no significa que se tenga que cambiar inmediatamente todas las bombillas de casa, sino que poco a poco a medida que se van fundiendo, en vez de comprar bombillas normales, sería recomendable comprar las LED (1, 7).

6. Qué hacer ante la rotura de un material que contiene mercurio, como un termómetro o un barómetro: primero se retirarán pulseras o anillo y se colocarán guantes, para poder recoger así el mercurio derramado, para ello se puede coger una cartulina o papel y recogerlo a modo de pala, es muy importante verterlo en un recipiente de plástico con tapa, como los recipientes para las muestras de orina o una bolsa hermética. Para recoger aquellos restos más pequeños se puede utilizar cinta adhesiva. Hay que ventilar la zona un mínimo de 2 horas, ya que puede producir un vapor tóxico que es incoloro e inodoro. Una vez que se ha recogido todo el vertido y este se encuentra en un recipiente cerrado, deberá ponerse en contacto con la autoridad local de medio ambiente o salud (17).
7. Qué no hacer ante la rotura de un material que contiene mercurio:
- _ Favorecer que se disemine o que se dispersen los vapores.
 - _ Recogerlo con una aspiradora o una escoba.
 - _ Verter por el desagüe.
 - _ Lavar la ropa que haya sido manchada con mercurio. Si se manchase la ropa habría que desecharla (17).

Para reforzar la información transmitida se debería de entregar a las pacientes un papel que contuviese todo aquello que se le ha comunicado por escrito, para que fuese más fácil de asimilar y de recordar, como elaborado en el anexo III.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Weinberg J, Persistentes O. Introducción a la Contaminación por Mercurio para las ONG. Red Internacional de Eliminación de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (IPEN) [Internet]. 2010 [consulta el 27 de diciembre de 2014]. Disponible en: http://hqweb.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Mercury/Documents/INC2/IPEN%20NGO%20Guide%20to%20Mercury%20Pollution_Spanish.pdf
2. González Estecha M, Bodas Pinedo A, Guillén Pérez J.J, Rubio Herrera M.A, Ordóñez Iriarte J.M, Trasobares Iglesias E, etc. Exposición al metilmercurio en la población general; toxicocinética; diferencia, según el sexo, factores nutricionales y genéticos. Rev Nutr Hosp [Internet]. 2014 [consulta el 27 de diciembre de 2013]; 30(5) 969-988. Disponible en: http://www.aulamedica.es/gdcr/index.php/nh/article/view/7727/pdf_7637
3. Droadio Villarejo A.L. Ecotoxicología y acción toxicológica del mercurio. Real Acad. Nac. Farm [Internet]. 2004 [consulta el 09 de enero de 2015]; 70 933-959. Disponible en: <http://www.analesranf.com/index.php/aranf/article/viewArticle/254>
4. Osoreo Plenge F, Grández Urbina J. A, Fernández Luque, Jorge L. Mercurio y salud en Madre de Dios, Perú. Acta Medica Peruana [Internet]. 2010 [consulta el 09 de enero de 2015]; 27(4) 310-314. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v27n4/a16v27n4.pdf>
5. Teoría y práctica para el fortalecimiento de la vigilancia de la salud de poblaciones expuestas a mercurio [Internet]. 1º ed. La Paz (Bolivia): Organización Panamericana de la salud (OPS/OMS); 2011. Disponible en: <http://www.ops.org.bo/textocompleto/nmercurio32517.pdf#page=62>
6. Gaioli M, Amoedo D, González D. Impacto del mercurio sobre la salud humana y el ambiente. Arch Argent Pediatr [Internet]. 2012 [consulta el 20 de enero de 2015]; 110(3) 259-64. Disponible en: <http://www2.sap.org.ar/docs/publicaciones/archivosarg/2012/v110n3a18.pdf>
7. Llorente Ballesteros M.T. Determinación de elementos traza en cabello de población infantil y relación entre los niveles de mercurio y el consumo de pescado [Internet]. 2013 [consulta el 20 de enero de 2015]; Tesis Doctoral.

Universidad Complutense de Madrid. Disponible en:
<http://eprints.ucm.es/21024/1/T34428.pdf>

8. Wittwer Paris P.A. Efecto de la cocción sobre la concentración de mercurio y selenio en productos pesqueros [Internet]. 2012 [consulta el 26 de enero de 2015]; Tesis Doctoral. Universidad Austral de Chile. Disponible en:
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2012/faw832e/doc/faw832e.pdf>

9. Tostado Martín E. Neurotoxicidad de los metales pesados: plomo, mercurio y aluminio [Internet]. 2014 [consulta el 26 de enero de 2015]; Trabajo Fin de Máster. Universidad de Valladolid. Disponible en:
<http://cerro.cpd.uva.es/handle/10324/7188>

10. Trasobares Iglesias E. M. Plomo y mercurio en sangre en una población laboral hospitalaria y su relación con factores de exposición [Internet]. 2010 [consulta el 26 de enero de 2015]; Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Disponible en: <http://eprints.ucm.es/11027/1/T32163.pdf>

11. León Pérez D.E, Peñuela Mesa G.A. Trascendencia del metilmercurio en el ambiente, la alimentación y la salud humana. Rev P + L [Internet]. 2012 [consulta el 02 de febrero de 2015]; 6(2) 108-116. Disponible en:
<http://repository.lasallista.edu.co/dspace/handle/10567/134>

12. Vázquez San Antonio M. Mecanismo de transporte y toxicidad intestinal de especies de mercurio presentes en los alimentos [Internet]. 2014 [consulta el 02 de febrero de 2015]; Tesis Doctoral. Universidad de Valencia. Disponible en:
<http://roderic.uv.es/handle/10550/39734>

13. García Fernández L, Hernández A. V, Suárez Moreno V, Fiestas, F. La evidencia acerca de la controversia de las vacunas que contienen timerosal y su asociación con el autismo. Rev Peru de Med Experi y Salud Publ [Internet]. 2013 [consulta el 02 de febrero de 2015]; 30(2) 268-274. Disponible en:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S1726-46342013000200018&lng=es&nrm=iso&tlng=es

14. Piñeiro Corrales G, Lago Rivero N, Culebras Fernández J. M. Papel de los ácidos grasos omega-3 en la prevención de enfermedades cardiovasculares. Rev Nutr Hops [Internet]. 2013 [consulta el 05 de marzo de 2015]; 28(1) 1-5. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v28n1/01revision01.pdf>

15. Valenzuela R, Morales G, Gonzales M, Morales J, Sanhueza J, Valenzuela A. Ácidos grasos polinsaturados de cadena larga omega-3 y enfermedad cardiovascular. Rev Chile Nutr [Internet]. 2014 [consulta el 05 de marzo de 2015]; 41(3). Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v41n3/art14.pdf>
16. Llop S, Ibarlucea J, Sunyer J, Ballester F. Estado actual sobre la exposición alimentaria al mercurio durante el embarazo y la infancia y recomendaciones en salud pública. Gac Sanit [Internet]. 2013 [consulta el 16 de marzo de 2015]; 27(3) 273-278. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S021391111200266X>
17. Centro Tecnológico Nacional de Descontaminación del Mercurio ¿Qué hacer si se rompe un termómetro de mercurio? [Internet]. [Consulta el 12 de abril de 2015]. Disponible en: <http://www.ctndm.es/imagenes/menu-izquierdo/guia.pdf>

ANEXOS

ANEXO I: INCORPORACIÓN DEL MERCURIO EN EL MEDIO AMBIENTE. EL CICLO DEL MERCURIO

El mercurio elemental (Hg^0) es muy volátil, por lo que va a pasar a la atmósfera fácilmente, donde puede permanecer durante uno o dos años; incluso puede viajar a través del viento circunvolando el globo terrestre. Además de moverse por el viento, el Hg^0 en la atmósfera, puede sufrir un proceso de oxidación al unirse con oxidantes como el oxígeno, el ozono y el cloro, dando lugar a la formación de mercurio mercúrico (Hg II), que es muy soluble y se va a depositar en la superficie terrestre a través de la lluvia o de la nieve. El Hg II puede permanecer en la atmósfera durante meses pero también puede depositarse sobre la corteza terrestre, como sedimento (1, 13).

Una vez que el Hg II está en la superficie terrestre puede transformarse en diferentes compuestos en función de las condiciones ambientales, es decir, dependiendo del pH, la temperatura y la composición del suelo. Si las condiciones son favorables, se van a formar compuestos inorgánicos. Los compuestos inorgánicos son muy solubles y móviles, por lo que van a formar complejos con la materia orgánica y las arcillas del suelo. Esta formación de complejos limita la movilidad del mercurio y la actuación de la microbiota del suelo, va a favorecer que se produzcan grandes acúmulos de compuestos mercuriales, como el metilmercurio (13).

Una parte del Hg II presente en el suelo llega a las cuencas hidrográficas y en el agua experimenta procesos de metilación por la acción de microorganismos, principalmente, bacterias anaerobias reductoras de sulfuro, generándose compuestos orgánicos como el dimetilmercurio, que al ser volátil va hacia la atmósfera, o el metilmercurio que se bioacumula en el plancton, ingresando así en la cadena trófica a través de los animales marinos que consumen el plancton. Por otra parte, el metal disuelto en el agua puede evaporarse y retornar a la atmósfera (13).

Todo este proceso biogeoquímico del mercurio se muestra de una forma más gráfica en el esquema de la página siguiente.

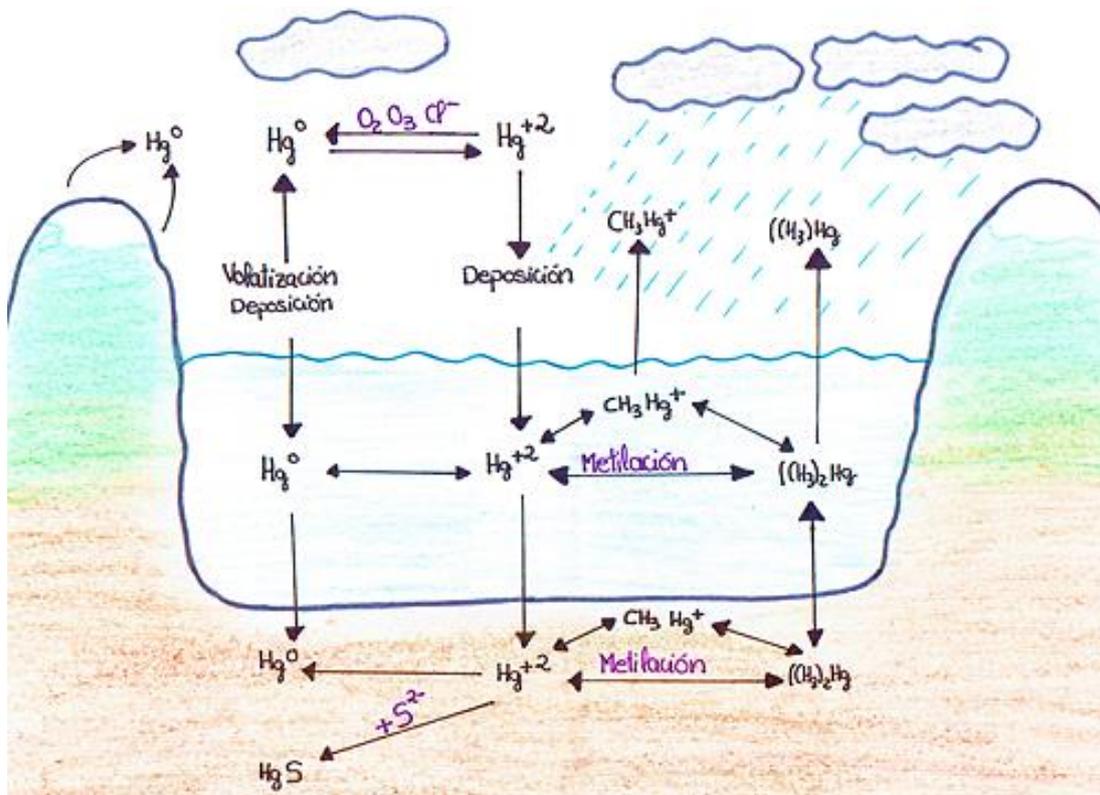


Figura 2. Esquema del ciclo del mercurio. (Elaboración propia basada en la fuente bibliográfica3).

Lo más importante desde un punto de vista toxicológico, es la formación de metilmercurio.

El metilmercurio (MeHg) es un compuesto mercúrico orgánico altamente tóxico para el ser humano. Este compuesto se va a formar por la metilación del mercurio mercúrico (Hg^{+2}), que se encuentra en la superficie terrestre en forma de sedimento, principalmente en las cuencas hidrográficas, tanto de agua dulce como de agua salada. Sobre el Hg^{+2} van a actuar bacterias anaerobias sulfato reductoras, dando lugar a la formación de metilmercurio (2, 12).

El metilmercurio tiene la capacidad de bioacumularse en el plancton, que va a servir de alimento a las especies acuáticas, en las cuales va a acumularse en el tejido muscular. Por tanto, los peces que mayor contenido en MeHg van a ser los depredadores de mayor tamaño que se alimenten de otros animales acuáticos, como el emperador, el pez espada, el tiburón, el atún o la ballena. El ser humano incorpora el metilmercurio en su organismo al ingerir pescados o mariscos contaminados con esta sustancia. Aunque los seres marinos son la

principal fuente de contaminación, hay estudios que aseguran su presencia en otros alimentos como el arroz o la carne (2, 8, 12). Hay que tener en cuenta que la cantidad de mercurio que se encuentra en los animales marinos no varía en función del tipo de cocinado, ya que este se almacena en los músculos de los pescados y se mantiene unido a las proteínas (2).

ANEXO II: RECOMENDACIONES DE INGESTA DE PESCADO EN FUNCIÓN DE SU CONTENIDO EN MEHG

II.1 CONSUMO SEGÚN GEPREM-HG:

A continuación se muestra una tabla de la ingesta recomendada por la GEPREM-Hg de pescado, en función de su contenido en metilmercurio. Considerándose una ración de 125 g para los adultos y de 70 g para los niños.

(2)

Tabla 6. Consumo recomendado de pescado en función de su contenido en metilmercurio según la GEPREM-Hg. (Elaboración propia a partir de la fuente bibliográfica 2).

Consumo frecuente , varias raciones a la semana [Hg] < g0,10-0,15 mg/kg	Consumo moderado , máximos 2 veces por semana [Hg] 0,20-0,30 mg/kg	Consumo escaso , máximo 1 por semana [Hg] 0,35-0,50 mg/kg	Consumo esporádico en adultos, 1-2 veces por mes (α) [Hg] 0,60-1 mg/kg
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anchoa. ▪ Bacaladilla. ▪ Bacalao. ▪ Boquerón. ▪ Caballa. ▪ Dorada(*) ▪ Fletan. ▪ Gallo. ▪ Jurel. ▪ Lenguado. ▪ Lubina(*) ▪ Merluza. ▪ Palometa. ▪ Rape negro. ▪ Rosada deCabo. ▪ Salmon. ▪ Sardina. ▪ Trucha. ▪ Calamar ▪ Choco. ▪ Pota. ▪ Pulpo. ▪ Sepia. ▪ Almeja. ▪ Berberecho ▪ Camarón. ▪ Centolla. ▪ Gamba blanca. ▪ Langostino. ▪ Mejillón. ▪ Navaja. ▪ Ostra. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Atún blanco o bonito del Norte. ▪ Atún claro en lata. ▪ Maruca azul. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Besugo. ▪ Salmonete de roca. ▪ Cigala. ▪ Gamba roja. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Atún rojo. ▪ Cazón. ▪ Fletan. ▪ Lucio. ▪ Marlín. ▪ Marrajo. ▪ Pez espada. ▪ Emperador ▪ Pintarroja. ▪ Reloj. ▪ Tiburón.

(*) De piscifactoría

(α) Evitar en mujeres embarazadas, en periodo de lactancia y en niños hasta los 14 años.

II.2 RECOMENDACIONES DE LA EFSA

Se muestra un esquema de las raciones de pescados que se deben ingerir en función del contenido en metilmercurio del producto marino y del peso de la persona, según la EFSA en 2012. Considerándose una ración de 125 g para los adultos y de 70 g para los niños. (2)

Tabla 7. Estimación del contenido máximo de Hg en mg por kg de peso fresco de pescado que no se debe superar según el nº de raciones (125 g) consumidas a la semana y el peso del individuo considerando las recomendaciones de la EFSA (2).

Peso del individuo	Número de raciones por semana			
	2	4	6	7
40 Kg	0,208	0,104	0,069	0,059
50 Kg	0,260	0,130	0,087	0,074
60 Kg	0,312	0,156	0,104	0,089
70 Kg	0,364	0,182	0,121	0,104
80 Kg	0,416	0,208	0,139	0,119
90 Kg	0,468	0,234	0,156	0,134
100 Kg	0,520	0,260	0,173	0,149

**ANEXO III: DÍPTICO DE RECOMENDACIONES Y
PRECAUCIONES A TENER DURANTE EL
EMBARAZO**

Consumo FRECUENTE , varias raciones a la semana		Consumo moderado , máximos 2 por semana	Consumo escaso , máximo 1 por semana	Consumo RESTRINGIDO en embarazadas
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anchoa. ▪ Bacaladilla. ▪ Bacalao. ▪ Boquerón. ▪ Caballa. ▪ Dorada. ▪ Fletan. ▪ Gallo. ▪ Jurel. ▪ Lenguado. ▪ Lubina. ▪ Merluza. ▪ Palometa. ▪ Rape. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Salmon. ▪ Sardina. ▪ Trucha. ▪ Calamar ▪ Pota. ▪ Pulpo. ▪ Sepia. ▪ Almeja. ▪ Berberecho ▪ Camarón. ▪ Gambas. ▪ Langostino. ▪ Mejillones. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Atún blanco o bonito del Norte. ▪ Atún claro en lata. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Besugo. ▪ Salmonete de roca. ▪ Cigala. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Atún rojo. ▪ Cazón. ▪ Fletan. ▪ Lucio. ▪ Marfín. ▪ Marrajo. ▪ Pez espada. ▪ Emperador ▪ Pintarroja. ▪ Reloj. ▪ Tiburón.

(Los pescados que aparecen en color azul son aquellos que contienen una mayor cantidad de ácidos $\Omega 3$. Los pescados que aparecen en color azul son aquellos que contienen una mayor cantidad de ácidos $\Omega 3$.)

¿Con que otras cosas que contienen mercurio tengo que *tener cuidado*?

- Si en casa tenemos termómetros de mercurio, debemos deshacernos (contacto con autoridad local).
- Tener cuidado con las pilas de los audífonos, relojes, las cámaras de fotos o las calculadoras, porque contienen mercurio y los niños pueden llevárselas a la boca o jugar con ellas.
- A partir de ahora cuando compremos lámparas fluorescentes o bombillas, las compraremos de LED, porque no tienen mercurio.



¿QUE ES EL METILMERCURIO?

El metilmercurio es un derivado del mercurio, que tiene efectos perjudiciales para nuestro bebe cuando es consumido por la madre durante el embarazo y la lactancia.

¿Qué *produce* en nuestro hijo?

- Alteraciones neurológicas (porque afecta al sistema nervioso y al cerebro).
- Retraso en el desarrollo cognitivo, es decir, en la memoria, el lenguaje o en la atención.
- Disminuye el cociente intelectual.

¿Dónde podemos *encontrarnos* esta sustancia?

Se encuentra en el pescado, pero eso NO significa que tengamos que eliminarlos de nuestra dieta, sino que tenemos que controlar la cantidad y el tipo de pescado que vamos a ingerir. Ya que los pescados contienen ácidos grasos $\Omega 3$, que son necesarios para el crecimiento de nuestro bebe.



¿Por qué debo de comer pescado?

El pescado contiene un componente llamado ácidos grasos $\Omega 3$. Es muy importante ingerirlo a lo largo de nuestra vida porque nos protege de sufrir enfermedades cardiovasculares (tienen un efecto antiaterogénico, anticoagulante, antiinflamatorio e hipotensor), pero además es imprescindible tomarlo durante el embarazo por el beneficio que aporta a nuestro bebe. Estos ácidos $\Omega 3$ van a ayudar en la formación del tejido nervioso (el cerebro) y el tejido visual del niño. Además de todo esto hay estudios que han demostrado que este componente puede evitar la aparición de la depresión posparto.

¿Qué *precauciones* tengo que tener con el pescado?

Aunque es recomendable el consumo de pescado durante el embarazo hay que disminuir o restringir la ingesta de aquellos que contienen mayor cantidad de metilmercurio. Por ello se muestra a continuación una tabla con los diferentes pescados que podemos encontrarlos y cuáles son aquellos que podemos consumir con más frecuencias y aquello que no debemos de ingerir.