

**UNIVERSITAT OBERTA DE CATALUNYA (UOC)**

**“Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i els seus efectes adversos en el nounat”**

Treball de Final de Màster “Nutrició i Salut” de Mònica Alberch i Raurell

Consultora Elena Juez i López  
Tutora Alícia Aguilar i Martínez

Abril - Juliol 2016

Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i  
els seus efectes adversos en el nounat

Als meus fills, que han sacrificat estones  
de contes i plastilina per a la realització d'aquest treball

## Índex

	Pàgina
▪ Títol	5
▪ Resum	6
Revisió Bibliogràfica	6
▪ Introducció	6
▪ Nutrició i embaràs	6
▪ Metalls pesats i alimentació	7
▪ Contaminació per metalls pesats i peix	8
▪ Metalls pesats en nounats	9
▪ Objectiu general	9
▪ Objectius específics	9
▪ Metodologia	10
▪ Resultats	10
▪ Afectacions i dosis màximes recomanades d'ingesta de metalls pesats	10
▪ Plom	11
▪ Mercuri	12
Cas d'intoxicació per mercuri a través de la ingesta de peix contaminat	12
▪ Arsènic	13
▪ Cadmi	13
Cas d'intoxicació per cadmi a través de la ingesta d'arròs contaminat	14
▪ Altres metalls d'interès en l'alimentació de dones embarassades	14
▪ Tal·li	14
▪ Alumini	15
▪ Dosis màximes tolerables d'ingesta de metalls pesats per a les persones en general	16
▪ Metalls pesats més comuns en peixos i peixos més afectats	16
▪ Dosis màximes permises de metalls pesats en el peix	17

Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i  
els seus efectes adversos en el nounat

	Pàgina
▪ Estudi de mercat i consum de peix més afectat per la presència de metilmercuri	19
▪ Consum de peix a Espanya	19
▪ Ingesta estimada de metilmercuri a Europa, Espanya i Catalunya	19
▪ Ingesta estimada de metilmercuri en grups de població més vulnerables a Espanya i Catalunya	20
▪ Mercat del peix	20
▪ Mercat del peix espasa, la tonyina i el tauró	21
▪ Recomanacions per a una dieta de qualitat de la dona embarassada	22
▪ Recomanacions de consum de peix	22
▪ Exemple de dieta ideal per a una dona embarassada	24
▪ Discussió	25
▪ Conclusions	26
▪ Referències bibliogràfiques	27

## TFM – Màster en “Nutrició i Salut”

### Títol

### Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i els seus efectes adversos en el nounat

### Resum

L'alimentació de la mare durant l'embaràs condiciona el desenvolupament del fetus i la seva salut, podent afectar el desenvolupament pancreàtic, l'estatus hormonal del fetus i la concentració de biomarcadors al naixement de diabetis mellitus i síndrome metabòlic<sup>1</sup>.

Són coneguts els riscos tòxics per metalls pesats presents en alguns aliments. Les biomolècules que en resulten més afectades en les persones que els ingereixen són les proteïnes amb activitat enzimàtica, per a la qual cosa, les patologies provocades per aquests metalls afectaran principalment els sistemes gastrointestinal, neurològic central i perifèric, hemàtic i renal<sup>2</sup>. Si aquests són consumits per dones embarassades, aquests riscos es traslladen també al nadó, podent causar múltiples efectes adversos, especialment neuronals, al nounat<sup>3</sup>.

La finalitat d'aquest projecte és fer palesa la necessitat d'iniciar la prevenció de possibles patologies del nadó des del ventre matern a través de l'alimentació de la mare durant l'embaràs, centrant-me principalment en la ingesta de metalls pesats a través d'alguns aliments com el peix.

L'estudi realitzat es basa en una revisió bibliogràfica que permet conèixer els efectes dels metalls pesats en l'organisme, quins són els metalls pesats més comuns presents en els aliments i quins són aquests aliments, on es consumeixen en major mesura, d'on provenen i quines són les conseqüències per a la salut, de la seva ingesta.

Aquesta informació permet relacionar el consum d'aquests metalls pesats a través del peix i altres aliments, amb la presència de diverses alteracions fisiològiques en els nounats; amb l'objectiu de conèixer si les dones embarassades són informades sobre els riscos als quals s'exposen els seus fills amb el consum dels aliments afectats. El resultat posarà de manifest la relació entre un dels problemes ambientals més greus dels nostres temps<sup>4,5,6</sup> i les seves conseqüències adverses sobre la població humana neonatal.

## REVISIÓ BIBLIOGRÀFICA

---

### Introducció

#### Nutrició i embaràs

---

Des del punt de vista nutricional, per a la continuïtat de l'espècie és imprescindible mantenir la qualitat de la fertilitat i de les gestacions, tant abans de la concepció com durant la gestació, per a la qual cosa és necessària una correcta alimentació de la mare tant des de la infància, per a permetre un desenvolupament somàtic i puberal correctes; com durant la gestació, per a permetre un bon desenvolupament fetal i una bona salut materna<sup>7</sup>.

L'embaràs és una etapa on predomina l'anabolisme metabòlic, en el qual l'energia alliberada pel catabolisme permet utilitzar molècules complexes per a la construcció de teixits com l'uterí, el mamari, la placenta,... És per això, que les necessitats energètiques i plàstiques de la dona embarassada esdevenen elevades. Sumat a això, resulta fonamental que la nutrició de la dona en aquesta etapa sigui correcta, tant quantitativament com qualitativament, ja que afecta, no només a l'organisme de la mare, sinó també al desenvolupament del futur bebè, al pes en néixer i, fins i tot, a la propensió a patir diverses malalties en l'edat adulta<sup>8</sup>. Pel que fa al pes del nounat, l'augment de pes de la mare durant la gestació és un factor determinant del creixement fetal. Actualment, es reconeix la relació entre el pes al naixement i diferents patologies cròniques d'adult, com la diabetis mellitus tipus II o la cardiopatia isquèmica<sup>7</sup>, permetent afirmar que l'alimentació de la mare durant l'embaràs condiciona el desenvolupament del fetus i la seva salut, podent afectar el desenvolupament pancreàtic, l'estatus hormonal del fetus i la concentració de biomarcadors al naixement de diabetis mellitus i de síndrome metabòlic<sup>1</sup>.

Amb tot, podem concloure que tots els canvis fisiològics que pateix la dona embarassada, tant generals com endocrinometabòlics, estan encaminats a facilitar el desenvolupament del fetus i a administrar-li de forma ininterrompuda tots els nutrients que requereix per a la seva formació; i és per això que resulta evident la importància de la correcta nutrició de la mare durant la gestació i es fa palesa la necessitat de transmetre aquesta importància a les futures mares des dels serveis d'obstetrícia i ginecologia, fent especial èmfasi tant als aliments més adequats per la mare i el fetus, com als aliments a evitar durant tot el procés de gestació.

## Metalls pesats i alimentació

---

Els aliments poden estar contaminats amb substàncies que al ésser ingerides poden donar lloc a intoxicacions agudes greus. Però a més, des de fa unes dècades i especialment en les tres últimes, s'ha comprovat que certs contaminants químics tenen un període latent de toxicitat d'anys, a vegades fins a 20, durant els quals el contaminant es va acumulant en l'organisme provocant malalties quan la seva concentració arriba a nivells crítics. Cal recordar que l'home es troba al final de moltes cadenes alimentàries, per a la qual cosa acaba estant exposat a concentracions elevades d'agents tòxics, degut al procés de bioacumulació<sup>9</sup>. És el cas dels metalls, ja que l'habilitat de la vida silvestre per a acumular i concentrar metalls pesats incrementen el risc de toxicitat de la cadena alimentària, essent la dieta una de les principals vies d'exposició a metalls.

Els metalls són elements químics caracteritzats per una forta conductivitat tèrmica i elèctrica, amb capacitat de deformar-se i amb una forta tendència a formar cations. Dins d'aquests, els metalls pesats són un grup d'elements químics de densitat relativament alta ( $>5\text{g/cm}^3$ ) i amb un pes molecular d'entre 63,5 (Cu) i 200,6 (Hg), que presenten una certa toxicitat per a l'ésser humà. Tot i això, cal tenir present que molts d'ells resulten essencials per als éssers vius a petites concentracions. En són alguns exemples el ferro (Fe), el cobalt (Co), el coure (Cu), el manganès (Mn), el molibdè (Mo), el vanadi (V), l'estronci (Sr), el seleni (Se) i el zinc (Zn); que participen en l'activació de metal·lo enzims, proteïnes d'estrès, transports d'oxigen, activitats redox,... destacant, en el cas del ferro, la seva vital importància en la formació de l'hemoglobina.

Pel que fa als no essencials, els que resulten més tòxics per a la població humana i ambiental, són el plom (Pb), l'arsènic (As) (semimetall), el mercuri (Hg), el tal·li (Tl) i el cadmi (Cd). Aquesta toxicitat es deu a la bioacumulació, que és l'augment de la concentració dels metalls pesats en la cadena biològica alimentària a través del temps en comparació amb la concentració del propi metall en el medi ambient<sup>10</sup>.

Els principals llocs d'absorció dels metalls pesats són el tracte gastrointestinal, els pulmons i la pell. L'ingrés de metalls pesats per la via oral, digestiva o gastrointestinal es pot deure a la ingesta directa dels mateixos o a la ingesta d'aigua o aliments contaminats. El nombre de tòxics que s'absorbeixen per la via oral és petit i la majoria ho fan per difusió simple, és a dir, a través de membranes permeables a favor de gradient de concentració entre el costat matern i el fetal, sense necessitat d'aportació externa d'energia. Depenent del metall, aquest pot ser absorbit més ràpidament o lentament; tenint en compte que els tòxics liposolubles s'absorbeixen amb més facilitat. De la mateixa manera, aquests tòxics liposolubles són capaços de travessar la membrana placentària, per les quals s'estableix un equilibri mare-fetus. La concentració tissular del metall pesat en els diferents teixits del fetus dependrà de la capacitat del teixit fetal per concentrar el tòxic<sup>11</sup>.

La ingesta de metalls pesats pot provocar danys a nivell de sistema nerviós, en la funció hepàtica i renal, en el sistema múscul-esquelètic, alteracions mutagèniques, efectes carcinògens, teratogènics i immunològics, específicament en la població infantil, que és més sensible a aquests efectes<sup>12</sup>. Les

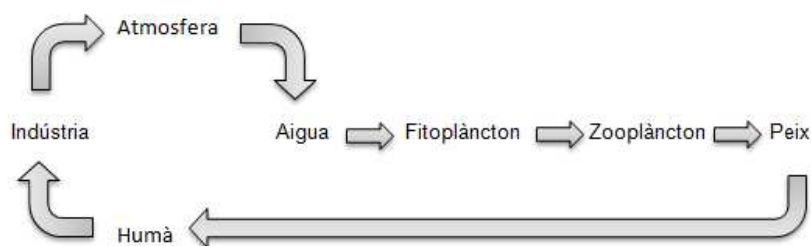
Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i els seus efectes adversos en el nounat

biomolècules que en resulten més afectades en les persones que els ingereixen són les proteïnes amb activitat enzimàtica, i és per això que les patologies provocades per aquests metalls afectaran principalment els sistemes gastrointestinal, neurològic central i perifèric, hemàtic i renal<sup>2</sup>. Si aquests són consumits per dones embarassades, aquests riscos es traslladen també al nadó, podent causar múltiples efectes adversos, especialment neuronals, al nounat<sup>3</sup>.

### Contaminació per metalls pesats i peix

Els metalls pesats es troben de forma natural a l'escorça terrestre; tot i això, quan s'alliberen al medi ambient per les activitats humanes poden arribar a convertir-se en contaminants de l'aire, de l'aigua superficial, subterrània, altres ambients aquàtics i el sòl<sup>13</sup>; i arribant a contaminar les espècies que hi habiten i els humans que les ingereixen, creant així, una cadena de contaminació per metalls pesats que segueix un ordre cíclic<sup>14</sup>.

Figura 1. Cicle de contaminació per metalls pesats



FONT: CONTENT OF Hg, Cd, Pb AND As IN FISH SPECIES: A REVIEW

El contingut en metalls dels aliments, tant d'origen vegetal com animal depèn de molts factors, entre els quals cal destacar les condicions mediambientals, els mètodes de producció i el processat<sup>15</sup>. La contaminació química per metalls pesats constitueix una de les més perilloses pels sistemes aquàtics i les espècies que hi habiten. La concentració de metalls en l'aigua contribueix a l'acumulació de metalls en brànquies i ronyons dels peixos. Les brànquies s'exposen als metalls perquè hi estan constantment en contacte directe, i els ronyons perquè la sang flueix des de les brànquies a l'artèria caròtida, que aporta sang als ronyons. Les formes orgàniques dels metalls pesats que estiguin dissoltes en l'aigua o vehiculades per ella i contactin amb la superfície de les brànquies dels peixos seran més biodisponibles i penetraran millor<sup>16</sup>.

Per tot, els peixos tenen la capacitat d'emmagatzemar en el seu organisme una concentració més gran d'aquests metalls que la present en el medi, per a la qual cosa esdevenen un indicador important de la contaminació; però al mateix temps, aquesta capacitat implica que el seu consum pot convertir-se en un problema de salut per a les poblacions que n'ingereixen<sup>17</sup>. Actualment, el consum de peix i marisc és el principal responsable de la ingesta de metalls pesats en les persones.



## Metalls pesats en nounats

---

Els fetus i els nens, en comparació amb els adults, presenten una vulnerabilitat especial als tòxics degut a la seva immadura fisiològica i els efectes en el desenvolupament fetal poden tenir conseqüències immediates i inclús a llarg termini, en la salut dels individus.

El Sistema Nerviós Central (SNC) en desenvolupament és especialment vulnerable a les agressions neurotòxiques per metalls pesats, des de les fases embrionàries fins als primers anys de vida. Aquesta vulnerabilitat és especialment notable ja que, per tractar-se d'un sistema orgànic encara immadur, els mecanismes de desintoxicació no estan plenament desenvolupats<sup>18</sup>.

## Objectiu general

---

L'objectiu del projecte és conèixer els efectes adversos provocats en els nounats per la presència de metalls pesats en els peixos ingerits per les dones embarassades, i conèixer les recomanacions dietètiques per tal d'evitar aquests efectes adversos.

## Objectius específics

---

1. Conèixer les afectacions del nadó per la ingesta de metalls pesats de la dona embarassada a través del peix.
  - 1.1 Saber com afecta la mare i d'aquesta, al nadó, la ingesta de metalls pesats i conèixer les dosis màximes tolerables d'aquests metalls.
2. Conèixer els metalls pesats més comuns en els aliments, especialment en els peixos; i conèixer els tipus de peix més afectats per la contaminació de metalls pesats.
  - 2.1 Conèixer les dosis màximes permises de metalls pesats en els peixos.
3. Fer un estudi de mercat dels tipus de peix més afectats per la contaminació de metalls pesats: exportació – importació, consum,...
4. Relacionar el consum de peix en dones embarassades amb les dosis tolerables dels metalls en estudi. Permetrà conèixer la situació de la prevenció de patologies en el nounat a través de l'alimentació de la mare: s'informa suficientment a les dones embarassades sobre els riscos de consumir els tipus de peix afectats per la presència de metalls pesats?
5. Exposar una dieta tipus o unes pautes alimentàries per a dones embarassades, fent èmfasi als aliments a evitar per la presència de metalls pesats.

## Metodologia

S'ha fet una cerca bibliogràfica exhaustiva amb l'ús de la biblioteca virtual de la UOC, a través de bases de dades com ProQuest, Scielo i el buscador Google Acadèmic; i articles de llibres i revistes online com el Journal of Food Science. La revisió s'ha dut a terme mitjançant la combinació de paraules clau, bàsicament en castellà, incloent les paraules: metales pesados, contaminación metales, metales pesados pescado, metales pesados organismo, metales pesados salud, nutrición embarazo, metales pesados embarazo, consumo pescado, dosis máximas, tóxicos alimentarios, plomo, mercurio, cadmio, arsénico.

De la mateixa manera, s'han usat referències bibliogràfiques incloses en els articles consultats, així com Reglaments inclosos en el BOE sobre el contingut de contaminants en diversos productes alimentaris. També s'han analitzat diversos estudis sobre la distribució de metalls pesats en peixos de diferents regions aquíferes i estudis comparatius entre les concentracions de metalls pesats trobats en peixos i les zones on habiten per a correlacionar la contaminació de les aigües amb la dels peixos.

Tenint en compte que la problemàtica esmentada en la revisió és relativament actual, la bibliografia consultada se situa pràcticament en la seva totalitat, en l'última dècada.

## Resultats

### Afectacions i dosis màximes recomanades d'ingesta de metalls pesats

---

Tenint en compte que la toxicitat aguda per metalls és molt poc freqüent, cal mencionar que els metalls, inclosos els pesats, i metal·loides poden generar estrès oxidatiu a l'organisme, interactuant amb H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> i produint HO mitjançant la reacció Fenton. L'HO provoca danys en els lípids de membrana, danys en les proteïnes, danys en els àcids nucleics i, en general, danys metabòlics en l'organisme que poden conduir-lo a la mort. Aquests efectes poden ser premutagènics.

Els metalls i metal·loides contaminants competeixen amb els metalls essencials per els sistemes de transport, disminuint la concentració efectiva del metall essencial; activen receptors de membrana desencadenant reaccions en cadena; reemplacen a metalls essencials en biomolècules, afectant el seu funcionament; i reaccionen amb grups funcionals de biomolècules, alterant el seu funcionament<sup>10</sup>.

La ingesta d'aquests metalls per la dona embarassada pot traslladar-se al fetus o a l'embrió podent provocar anomalies permanents en l'estructura o funció, restricció del creixement, o mort de l'embrió o el fetus. Com més gran sigui l'exposició durant l'embaràs, més severos seran els efectes fenotípics en el

Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i  
els seus efectes adversos en el nounat

fetus. Pot provocar danys a la mare a nivell de sistema nerviós, en la funció hepàtica i renal, en el sistema múscul-esquelètic, alteracions mutagèniques, efectes carcinògens, teratogènics i immunològics, i específicament en la població infantil, que és més sensible a aquests efectes. L'acumulació dels metalls pesats en el teixit placentari també pot interferir amb la síntesi d'hormones indispensables per al manteniment de la gestació<sup>19</sup>.

Actualment, els metalls pesats de més interès per a la salut humana són el plom, el mercuri, l'arsènic i el cadmi, ja que són els principals agents contaminants de les aigües i s'acumulen amb altes concentracions en diversos peixos de consum humà<sup>14</sup>.

### *Plom*

El plom travessa la barrera hematoencefàlica i s'acumula a la substància gris. També pot travessar la placenta entre les setmanes 12 i 14 de gestació i s'acumula en el teixit fetal. Els efectes adversos del plom inclouen l'avortament espontani i la mort fetal, a més, s'ha associat amb un petit però significatiu augment en les malformacions menors, incloent els hemangiomes (neoplàsia en els vasos sanguinis) i linfangiomes (angioma d'un vas limfàtic)<sup>20</sup>.

Tot i que no sol produir intoxicacions agudes, la seva acumulació en l'organisme fa que l'exposició a dosis baixes a llarg termini, a través dels aliments doni lloc a l'expressió d'una toxicitat crònica. Es considera que la concentració sanguínia de plom normal en la població no especialment exposada és de 10 µg/dl com a màxim i que el nivell a partir del qual cal prendre mesures en nens és de 10-14 µg/dl. A aquestes darreres concentracions, el plom pot provocar parts prematures, baix pes al néixer i/o problemes de desenvolupament i aprenentatge<sup>21</sup>.

L'absorció gastrointestinal depèn de la solubilitat del tipus de sal i de la mida de partícules. Els adults no absorbeixen per aquesta via més del 20-30% de la dosi ingerida, però en els nens s'arriba fins a un 50%<sup>22</sup>.

Les intoxicacions ocasionades per plom, conegudes des de l'antiguitat, s'han degut al consum de begudes contaminades per aquest metall, principalment de fabricació clandestina, com el vi. Més comú, sobretot en països en desenvolupament, les intoxicacions per plom es deuen al consum d'aliments preparats o emmagatzemats en recipients de fang vidriat dels quals se'n desprèn plom<sup>23</sup>. S'han descrit alteracions endocrines i reproductives amb infertilitat en ambdós sexes, avortaments, prematuritat i alteracions anòmales congènites. Els nens presenten canvis neuropsicològics com alteracions en l'aprenentatge, reducció en coeficient intel·lectual, canvis de comportament amb hiperactivitat, vocabulari escàs, reducció del creixement, pèrdua de l'agudesesa auditiva i deficiències en el temps de reacció i en la coordinació mans/ulls<sup>22</sup>.

### *Mercuri*

En el cas del mercuri, el metilmercuri és la forma orgànica més tòxica del mercuri, ja que és la forma amb més penetrabilitat al SNC i causa danys cerebrals severs, atròfia de la capa granular del cerebel i estovament en l'escorça visual i altres àrees corticals del cervell, i pot presentar polineuritis. És un potent

Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i  
els seus efectes adversos en el nounat

neurotòxic central. Davant d'una intoxicació per metilmercuri, els nens afectats intrauterí presenten un quadre anàleg a una paràlisi cerebral greu, degut a l'afectació en el SNC en desenvolupament; amb un greu retràs del desenvolupament, ceguera, sordesa i espasticitat. S'absorbeix al cos de forma molt més ràpida i àmplia que el mercuri inorgànic donada la seva naturalesa lipofílica, que fa que pugui travessar fàcilment la placenta i la barrera hematoencefàlica. Estudis recents indiquen que presenta efectes immunotòxics en el desenvolupament a baixes dosis. Quantitats relativament menyspreables poden produir greus retards motors i de comunicació<sup>24</sup>.

Ramon et al. demostren en diversos estudis que els nivells de mercuri en sang de cordó umbilical estan fortament correlacionats amb el consum de peix de les mares<sup>25</sup>. Es considera que la concentració sanguínia normal de mercuri és inferior a 10 µg/l i en orina de 20 µg/l. La dosis letal oral humana de clorur mercúric és de 30-50 mg/kg. La OMS considera acceptable una concentració en l'aigua de 0,001 mg/L i una ingesta setmanal tolerable de 5 µg/kg de mercuri total i 3,3 µg/kg de metilmercuri.

El mercuri elemental s'absorbeix molt poc des del tub digestiu (menys del 0,01%). L'absorció digestiva del mercuri inorgànic (clorur mercúric) és una mica més eficaç (2-10% de ClHg<sub>2</sub> i menor en el ClHg) i és la principal implicada en les intoxicacions agudes. El mercuri inorgànic afecta principalment el ronyó, causant augment de pes; i altres òrgans com el fetge, el sistema nerviós, el sistema immunològic i sistemes reproductors i del desenvolupament, sempre a dosis més altes que en el cas del metilmercuri. Les intoxicacions cròniques per mercuri inorgànic afecten en tots els casos principalment el SNC. Les intoxicacions cròniques de mercuri metàl·lic i els seus derivats inorgànics acaben cursant amb alteracions renals que van des de proteïnúria a síndrome nefròtic<sup>22</sup>. La ingesta d'aliments contaminats, especialment el peix, representa el major risc d'intoxicació per mercuri, degut a la seva biotransformació i magnificació biològica a través de la cadena tròfica, mentre que la baixa solubilitat del mercuri en l'aigua redueix els riscos derivats de la ingesta d'aigua contaminada<sup>23</sup>.

Per tot, les dones embarassades i els nens són la població més sensible a aquest metall.

#### Cas d'intoxicació per mercuri a través de la ingesta de peix contaminat

Els anys 1956 i 1965 respectivament, a Minamata i Niigata, Japó, es van produir episodis d'intoxicació per mercuri, com a resultat de la ingesta de peix que contenia metilmercuri procedent de les aigües contaminades amb descàrregues de plantes fabricants d'acetaldehid que van involucrar a 2255 persones en el primer cas i a 700 en el segon. Aquets successos van posar de manifest les transformacions que pateix el mercuri en l'ambient, ja que es va abocar a l'aigua com a mercuri metàl·lic i es va biotransformar a metilmercuri, i va ser acumulat a través de la cadena alimentària<sup>23</sup>.

Es va tardar 12 anys a reconèixer que les plantes fabricants d'acetaldehid eren les responsables de les intoxicacions. S'estima que la quantitat de mercuri i compostos de metilmercuri abocats durant aquest període va ser d'entre 80 i 150 tones, i com a resultat, noves víctimes van ser identificades. Aquestes patien endormiscament o tremolors de les extremitats, incapacitat per a menjar i parlar o reducció del camp visual, dificultat per escoltar o atàxia. Algunes víctimes es van quedar enllitades o mostraven símptomes més greus, com la pèrdua de la consciència. Altres casos van resultar amb la mort del pacient<sup>26</sup>.

### *Arsènic*

Les formes solubles metilades de l'arsènic, com els àcids metil arsònic i dimetil arsínic, són fortament tòxiques. La ingesta de grans dosis condueix a problemes gastrointestinals, cardiovasculars, disfuncions en el sistema nerviós, efectes carcinògens a la bufeta i de l'aparell reproductor femení, i queratosis<sup>27</sup>. Estudis recents demostren que l'arsènic és capaç de travessar la barrera placentària i s'hi fixa, podent afectar al fetus, que junt amb els bebès i els nens, esdevenen els grups de població més vulnerables als seus efectes tòxics, ja que la seva capacitat d'absorció del metall és molt més alta que en els adults, afectant-los, principalment, en el desenvolupament del sistema nerviós central<sup>28</sup>.

La toxicitat de l'arsènic depèn del seu estat d'oxidació i la seva solubilitat. L'arsènic pentavalent és 5-10 vegades menys tòxic que el trivalent i els derivats orgànics són menys tòxics que els inorgànics. La dosi letal oral probable en humans de triòxid d'arsènic està entre 10 i 300 mg. La concentració considerada normal en sang és inferior a 5 µg/l. La OMS fixa el límit màxim de l'arsènic en aigua en 10 µg/l, encara que és freqüent que l'aigua subterrània excedeixi molt aquesta concentració. És per això que la majoria d'intoxicacions cròniques es deuen al consum habitual d'aigua de pou amb altes concentracions d'arsènic, tot i que els aliments marins, rics en arsènic, són també una font d'importància en la dieta<sup>22</sup>. L'arsènic s'absorbeix per totes les vies amb l'eficàcia suficient per produir toxicitat, tot i que la preferent és la digestiva amb una eficàcia superior al 90%. A la sang es troba a l'interior dels eritròcits i unit a les proteïnes plasmàtiques. Després d'una dosi aguda es produeix una distribució a tots els òrgans amb una major concentració al fetge i al ronyó. Després d'una exposició crònica s'arriben a altes concentracions a pell, cabells i ungles pel seu alt contingut en cisteïnes. És un tòxic dels capil·lars molt potent, i destrueix la integritat microvascular i provocant així exsudació de plasma, edemes i hipovolèmia. També és un agent carcinogènic humà, causant de tumors epidermoides a la pell i el pulmó<sup>22</sup>.

### *Cadmi*

El Cadmi és un metall pesat l'absorció del qual es dona a través d'un procés similar a l'absorció de metalls essencials com el ferro i el zinc. Aquesta absorció és potenciada quan existeixen deficiències de calci i de ferro en la dieta o dietes baixes en proteïnes. El cadmi és transportat per la sang, la concentració del qual ha de ser inferior a 5 µg/L, i distribuït inicialment al fetge i al ronyó, produint disfunció renal tubular, proteïnúria i insuficiència renal crònica. També afecta teixits del cor, produint arteriosclerosi aòrtica i coronària, incrementant els nivells de colesterol i d'àcids grassos en sang; teixits dels ossos, provocant desmineralització òssia; testicles, placenta, i sistema nerviós central i perifèric. Té una vida mitja de 17 a 30 anys en humans<sup>29</sup>.

És un contaminant ambiental degut a la indústria i a l'agricultura. Els aliments són la principal font d'exposició per a la població no fumadora. Els potencialment més susceptibles d'estar contaminats per aquest metall són els xampinyons, el marisc, els peixos d'aigua dolça, les algues seques,... L'exposició mitjana de cadmi en els adults a través dels aliments és de 1,15-2,85 µg Cd/kg, però l'absorció de cadmi a través de la dieta és baixa (3-5%). És acumulatiu al ronyó, especialment a nivell cel·lular tubular proximal. La IARC (Agència Internacional per a la Investigació sobre el càncer) ha classificat el cadmi

Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i els seus efectes adversos en el nounat

com a carcinogen per a l'home en base a estudis ocupacionals i noves dades d'exposició estan estadísticament associades a un increment del risc de càncer en pulmó, endometri, bufeta i mama<sup>30</sup>.

La placenta humana, a través dels grups sulfhidrils de la metal·lotioneïna atrapa el cadmi, disminuint les concentracions de cadmi que la travessen i actuant coma semi barrera. Tot i així, el cadmi és capaç de travessar la placenta i la barrera hematoencefàlica, per la qual cosa, l'exposició al cadmi durant la vida intrauterina pot ocasionar al fetus efectes adversos tals com malformacions congènites, parts preterme i baix pes al néixer<sup>19</sup>. Afecta el sistema nerviós central en nens degut a la immaduresa del desenvolupament de la barrera hematoencefàlica. El cadmi la travessa provocant canvis neuropatològics com edema cerebral, pïcnosis, hemorràgies i necrosis en escorça parietal, cerebel, putamen i nucli caudat. Thatcher et al, en un estudi epidemiològic fet en escolars, associen alts nivells de cadmi als cabells amb la dificultat en l'aprenentatge, la hiperactivitat i canvis conductuals. En canvi, Hart et al, van trobar que l'exposició ocupacional al cadmi està associada a la disminució en l'atenció, la velocitat psicomotora, l'aprenentatge associatiu i la memòria<sup>29</sup>. En un altre estudi comparatiu entre teixit placentari d'embarassades sanes i teixit placentari d'embarassades amb oligoamnïes (volum de líquid amniòtic inferior a 500mL), a les quals es van descartar les causes d'oligoamnïes secundaris; mostra diferències significatives entre les concentracions de plom i cadmi en les mostres de placentes del grup d'oligoamnïes amb les del grup control, essent molt superiors en el grup d'embarassades amb oligoamnïes ( $82,52 \pm 16$  vs  $202,6 \pm 27$  ng de Pb/ g de teixit sec placentari normal vs oligoamnïes i  $24,7 \pm 4,5$  vs  $53,6 \pm 7$  ng de Cd/ g de teixit sec placentari vs oligoamnïes). També es va observar una disminució significativa del pes al naixement dels nounats en el grup de mares embarassades amb oligoamnïes. Alguns autors afegeixen a aquest estudi la correlació entre les concentracions de plom i de cadmi a la placenta amb l'increment de parts preterme<sup>19</sup>.

Cas d'intoxicació per cadmi a través de la ingesta d'arròs contaminat

A la ciutat de Toyama, a Japó, l'any 1912 va ocórrer un brot epidèmic d'intoxicació (síndrome de Itai-Itai), provocat per la ingesta d'arròs contaminat per la mineria. Les persones afectades, principalment dones menopàusiques, van patir deformacions als ossos, acompanyades d'intens dolor i fractures en les articulacions i la columna vertebral, a més de proteïnúria, glaucoma i insuficiència renal. Es considera que aquestes alteracions es van veure afavorides per factors dietètics com la deficiència de vitamina D<sup>23</sup>.

El cadmi va ser alliberat als rius per les empreses mineres de les muntanyes. Es va produir un mecanisme d'amplificació tròfica. L'arròs arribava a nivells de concentració de cadmi de 4,2 ppm, quan 1 ppm és el nivell màxim permès.

*Altres metalls d'interès en l'alimentació de dones embarassades*

*Tal·li*

El tal·li és un dels metalls més tòxics. És absorbit a través de la pell i pel tracte gastrointestinal. La vida mitjana del tal·li en l'organisme va d'1 a 30 dies. Produeix unes de les intoxicacions més complexes i sèries conegudes en humans, involucrant diferents òrgans i teixits. Una exposició aguda de tal·li pot

Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i  
els seus efectes adversos en el nounat

afectar el sistema nerviós central i perifèric, mentre que una exposició crònica resulta en afectació al cervell, la medul·la espinal i els nervis perifèrics. Les principals manifestacions clíniques són dermatològiques, com l'alopecia. Això es deu a la unió del tal·li amb enzims que contenen el grup sulfhidril en molècules riques en cisteïna-queratina. Aquesta unió incrementa la seva solubilitat i disminueix la seva resistència manifestant-se clínicament en anomalies de pell, cabells i ungles.

Els símptomes neurològics inclouen disestèsia, dolor neuropàtic, debilitament de múscul, paràlisi de nervis cranials, tremolors, convulsions, coma i mort, ja que el tal·li també és capaç d'alterar els nivells de calci intracel·lular per mecanismes com el desacoblament de fosforilació oxidativa afectant l'alliberació de neurotransmissors en el sistema nerviós central<sup>29</sup>.

El tal·li també travessa la placenta i la barrera hematoencefàlica i és absorbit pel fetus, tot i que no afecta el desenvolupament fetal, més enllà del pes relativament baix del nadó i l'alopecia dels recent nascuts<sup>31</sup>.

#### *Alumini*

L'alumini és un metall present a la naturalesa, per a la qual cosa es troba de forma natural en gran diversitat d'aliments, però també s'hi pot incorporar per addició d'additius amb alumini o per la migració de materials en contacte amb els aliments<sup>32</sup>. En circumstàncies normals, la quantitat d'alumini ingerit depèn de la quantitat present en l'aigua dels aliments i de la presència dels additius, així com de les quantitats d'alumini transferides als aliments per migració dels utensilis utilitzats o resultant de la contaminació ambiental. L'absorció en un adult, que es dona predominantment a la porció proximal del tracte gastrointestinal, és d'aproximadament 0,3-0,5% del total ingerit (2-15 mg/dia)<sup>33</sup>.

Segons les últimes dades de EFSA i FAO/OMS, es considera improbable que l'alumini sigui carcinogen per a l'ésser humà. És un metall bioacumulable, i s'acumula especialment als ossos, el cervell, el fetge i els ronyons. Travessa la barrera placentària, podent arribar al fetus<sup>32</sup>. Està relacionat amb diversos trastorns del sistema nerviós central com l'encefalitis, pèrdues de memòria, Alzheimer i altres trastorns degeneratius, degut a la seva acumulació en les àrees cerebrals. La intoxicació per alumini té conseqüències significatives afectant a la programació genètica de les cèl·lules nervioses. Cal tenir en compte la importància que requereix el procés de mielinització del sistema nerviós central durant la gestació del fetus i el desenvolupament del nounat, ja que quantitats elevades d'alumini poden afectar seriosament aquest procés. Malgrat tot, cal una dosi molt elevada per arribar a causar afectació del sistema nerviós central, tot i que s'ha de posar especial atenció als nens exposats a aquest metall durant el seu primer any de vida, ja que és el període on l'absorció d'alumini és major. Els nens amb més probabilitat d'intoxicació per alumini són els recent nascuts de forma prematura, ja que no tenen un sistema de defensa ni neurològic completament desenvolupats, i els nens amb danys renals, ja que excreten en menor mesura l'alumini que, conseqüentment, tendeix a acumular-se a l'organisme<sup>34</sup>.

Els aliments d'origen vegetal com les hortalisses de fulla verda i les espècies, i l'aigua són els aliments que presenten majors concentracions d'alumini de forma natural. Els cereals són els aliments que tenen major quantitat d'additius amb alumini i els aliments més contaminats són l'aigua de l'aixeta, el te, el



Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i els seus efectes adversos en el nounat

marisc, els productes carnis com les vísceres i les salsitxes, i els productes lactis com el formatge fresc<sup>32</sup>.

*Dosis màximes tolerables d'ingesta de metalls pesats per a les persones en general*

Per a referir-nos a les dosis tolerables d'ingesta de metalls pesats s'usa el terme ISTP (Ingesta Setmanal Tolerable Provisional), i representa l'exposició setmanal tolerable per a aquells contaminants que estan inevitablement associats al consum d'aliments. El terme provisional es refereix a que l'avaluació no és definitiva, degut a l'escassetat de dades fiables sobre les conseqüències de l'exposició en l'home.

Taula 1. Ingesta Setmanal Tolerable Provisional (ISTP) dels metalls pesats de més interès per a la salut humana

Element	ISTP (µg/kg pes/setmana)	Aliments on es troba	Límits màxims (mg/kg pes fresc)
Plom	25	Peix, mol·luscs	0,3 – 1,5
Arsènic	15	Algues, peix, marisc, cereals i derivats	0,5 – 2
Hg total	4,0	Cereals, peix, marisc i derivats	0,05 – 1,5
Metilmercuri	1,3		0,5 – 1
Cadmi	2,5	Peix, marisc, xocolata, cereals, llavors oleaginoses i bolets	0,05 – 1

Font: EFSA / AECOSAN 2015 – 2016

Metalls pesats més comuns en peixos i peixos més afectats

Uns dels principals contaminants de les aigües són el mercuri, el cadmi, el plom i l'arsènic, per a la qual cosa aquests són els metalls pesats que es troben en concentracions més elevades en el peix. El contingut en peixos de cadascun d'ells varia depenent de la zona, les condicions ambientals, el nivell de contaminació de la zona de pesca i de les característiques dels peixos, essent determinats tipus de peix més propensos a acumular concentracions més elevades d'aquests metalls en l'organisme.

Entre les espècies, el metall de major risc és el metilmercuri<sup>14</sup>. Es troba majoritàriament en peix i marisc, on pot arribar a representar més del 90% del mercuri total. Els peixos acumulen el mercuri en el seu cos al llarg de la seva vida i això succeeix especialment en les espècies de mida gran com els grans depredadors, que es troben a la part apical de la cadena tròfica del mar. El fet que aquests grans depredadors siguin sovint migratoris, fa que no es puguin considerar com a lliures de mercuri els peixos que habiten a les aigües menys contaminades<sup>35</sup>.

De forma general, els peixos amb concentracions més elevades de metilmercuri són el peix espasa, el tauró, la tonyina vermella i el lluç de riu<sup>35</sup>. Pel que fa a Catalunya, la contribució més important a la ingesta de metilmercuri es deu a la tonyina en llauna i a la gamba, amb 1,25 µg/dia i 0,90 µg/dia,



Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i els seus efectes adversos en el nounat

respectivament. Tot i que el peix espasa és l'aliment estudiat que presenta més concentració de mercuri, el seu consum és baix (0,05 g/dia), per a la qual cosa no representa una contribució global significativa a nivell poblacional, però s'ha de tenir en compte que a nivell individual sí que pot ser significatiu<sup>36</sup>.

Taula 2. Contribució a la ingesta de metilmercuri per espècie de peix i marisc a Catalunya

	Concentració (µg/g pes fresc)	Consum (g/dia)	Ingesta (µg/dia)
Sardina	0,019	2,91	0,050
Sardina en llauna	0,017	0,86	0,006
Tonyina	0,449	1,62	0,808
Tonyina en llauna	0,132	8,51	1,121
Anxova	0,063	2,04	0,129
Verat	0,048	1,13	0,054
Peix espasa	0,782	0,06	0,047
Salmó	0,007	1,79	0,013
Lluç	0,031	15,77	0,485
Moll	0,201	0,33	0,066
Llenguado	0,027	5,48	0,145
Sípia	0,008	4,46	0,037
Calamar	0,004	3,17	0,013
Cloïssa	0,016	0,27	0,004
Musclo	0,015	0,97	0,014
Gamba	0,229	3,53	0,810

FONT: Contaminantes químicos. Estudio de dieta total en Cataluña 2008

*Dosis màximes permeses de metalls pesats en el peix*

En el Reglament (CE) No 1881/2006 de la Comissió de 19 de desembre de 2006 es fixa el contingut màxim de determinats contaminants com nitrats, micotoxines (aflatoxines, ocratoxina A i patulina), metalls pesats (plom, cadmi i mercuri), 3-monocloropropà-1,2-diol (3-MCPD), dioxines i PCB similars a les dioxines, així com l'estany inorgànic.

Pel que fa als metalls pesats i els peixos, les dosis màximes permeses són:

Taula 3. Contingut màxim de determinats contaminants en els productes alimentaris. Secció: metalls

Metall pesat	Producte alimentari	Contingut màxim (mg/kg pes fresc)
Plom	Carn de peix	0,30
	Crustacis, exclosa la carn fosca del cranc, així com el cap i el tòrax de la llagosta i de crustacis similars de gran mida	0,50
	Mol·luscs bivalves	1,5
	Cefalòpodes (sense vísceres)	1,0

Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i els seus efectes adversos en el nounat

<b>Cadmi</b>	Carn de peix, excloses les espècies enumerades en els següents punts	0,050
	Anxova ( <i>Engraulis species</i> ), bonítol ( <i>Sarda sarda</i> ), variada ( <i>Diplodus vulgaris</i> ), anguila ( <i>Anguilla anguilla</i> ), llisa ( <i>Mugil labrosus labrosus</i> ), sorell ( <i>Trachurus species</i> ), luvaro ( <i>Luvarus imperialis</i> ), sardina ( <i>Sardina pilchardus</i> ), sardina ( <i>Sardinops species</i> ), tonyina ( <i>Thunnus species</i> , <i>Euthynnus species</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i> ), palaia ( <i>Dicologlossa cuneata</i> )	0,10
	Carn de peix espasa	0,30
	Crustacis, exclosa la carn fosca del cranc, així com el cap i el tòrax de la llagosta i de crustacis similars de gran mida	0,50
	Mol·luscs bivalves	1,0
	Cefalòpodes (sense vísceres)	1,0
<b>Mercuri</b>	Producte de la pesca i carn de peix, excloses les espècies enumerades en el següent punt. El contingut màxim s'aplica als crustacis, exclosa la carn fosca del cranc, així com el cap i el tòrax de la llagosta i de crustacis similars de gran mida	0,50
	Carn dels següents peixos: rap ( <i>Lophius species</i> ), gos del nord ( <i>Anarhichas lupus</i> ), bonítol ( <i>Sarda sarda</i> ), anguila ( <i>Anguilla species</i> ), rellotge ( <i>Hoplostethus species</i> ), granader ( <i>Coryphaenoides rupestris</i> ), halibut ( <i>Hippoglossus hippoglossus</i> ), marlin ( <i>Makaira species</i> ), gall ( <i>Lepidorhombus species</i> ), moll ( <i>Mullus species</i> ), lluç de riu ( <i>Esox lucius</i> ), Tasarte ( <i>Orcynopsis unicolor</i> ), mollera ( <i>Tricopterus minutes</i> ), pailona (pailó), ratlla ( <i>Raja species</i> ), gallineta nòrdica ( <i>Sebastes marinus</i> , <i>S. mentella</i> , <i>S. Viviparu</i> ), peix vela ( <i>Istiophorus platypterus</i> ), espadilla ( <i>Lepidopus caudatus</i> , <i>aphanopus carbo</i> ), besuc ( <i>Pagellus species</i> ), tauró (totes les espècies), serra ( <i>Lepidocybium flavobrunneum</i> , <i>ruvettus pretiosus</i> , <i>Gempylus serpens</i> ), esturió ( <i>Acipenser species</i> ), peix espasa ( <i>Xiphias gladius</i> ), tonyina ( <i>Thunnus species</i> , <i>Euthynnus species</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i> )	1,0

FONT: Diario Oficial de la Unión Europea, 20.12.2006

El Reglament (UE) No 488/2014 de la Comissió de 12 de maig de 2014 modifica el Reglament (CE) no 1881/2006 pel que fa referència al contingut màxim de cadmi en els productes alimentaris:

Taula 4. Contingut màxim de determinats contaminants en els productes alimentaris. Modificació referent al Cadmi

Metall pesat	Producte alimentari	Contingut màxim (mg/kg pes fresc)
<b>Cadmi</b>	Carn de peix, excloses les espècies enumerades en el següent punt.	0,050
	Carn dels següents peixos: verat ( <i>Scomber species</i> ), tonyina ( <i>Thunnus species</i> , <i>Euthynnus species</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i> ), bichique ( <i>sicyopterus lagocephalus</i> )	0,10
	Carn dels següents peixos: melva ( <i>Auxis species</i> )	0,15
	Carn dels següents peixos: anxova ( <i>Engraulis species</i> ), peix espasa ( <i>Xiphias gladius</i> ) i sardina ( <i>Sardina pilchardus</i> )	0,25
	Crustacis: carn dels apèndixs i de l'abdomen. En el cas dels crancs i crustacis similars, la carn dels apèndixs	0,50

FONT: Diario Oficial de la Unión Europea, 13.05.2014

Estudi de mercat i consum de peix més afectat per la presència de metilmercuri

---

### *Consum de peix a Espanya*

Segons l'informe de l'any 2015 del Ministeri d'Agricultura i Medi Ambient del Govern d'Espanya, sobre el consum de peix, aquest va caure un 2,4% respecte a l'any anterior. D'aquest consum, el 45% dels quilograms de peix consumits corresponien a peix fresc, convertint-se així en el tipus de peix més present a les llars espanyoles l'any 2015. El segon tipus de peix més consumit corresponia a les conserves de peix i mol·luscs amb el 17,3% i el seguien amb un 15,5% el consum de marisc i mol·luscs frescos<sup>37</sup>.

### *Ingesta estimada de metilmercuri a Europa, Espanya i Catalunya*

L'any 2003, la Comissió Europea va avaluar l'exposició al metilmercuri de la població europea a través dels productes de la pesca, assumint que tot el mercuri dels productes de la pesca era metilmercuri i que era totalment bioaccessible. El consum mitjà diari variava entre els països, des de 10g per persona als Països Baixos a 80g per persona a Noruega. L'exposició mitja calculada a partir de les concentracions de mercuri dels països analitzats a cada país variava dels 1,3 mg/setmana als Països Baixos als 97,3 µg/setmana a Portugal, que corresponen a una ingesta setmanal entre <0,1 – 1,6 mg/kg de pes corporal. En cas d'una exposició alta (percentils 95 i 97,5 segons els països) la ingesta estimada variava entre 0,4 mg/kg a Irlanda i 2,2 mg/kg a Grècia, de pes corporal.

Les diferències entre els països europeus es deuen al consum d'espècies pesqueres diferents, ja que als països del sud d'Europa es consumeixen més les espècies depredadores, com el peix espasa i la tonyina<sup>38</sup>.

A Espanya, el consum mig de peix segons l'estudi "Model de dieta espanyola per a la determinació de l'exposició del consumidor a substàncies químiques" (AESAN, 2006), s'obtenen unes estimacions d'ingesta mitja de mercuri per a la població espanyola de 1,575 i 1,288 µg de mercuri/kg de pes corporal/setmana per a nens i adults, respectivament<sup>39</sup>.

A Catalunya, l'exposició mitja d'una persona adulta estimada durant l'any 2008 per consum de peix i marisc va ser de 0,46 µg de metilmercuri/kg de pes corporal/setmana. Per als nens de 4 a 9 anys d'edat, la ingesta mitja estimada va ser de 1,31 µg de metilmercuri/kg de pes corporal/setmana. Per al percentil 95, corresponent als grans consumidors de peix i marisc, la ingesta s'acostava molt o superava la ISTP en tots els grups de població<sup>36</sup>.

Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i els seus efectes adversos en el nounat

*Ingesta estimada de metilmercuri en grups de població més vulnerables a Espanya i Catalunya*

A partir de la ISTP establerta per al metilmercuri (FAO/OMS, 2003) i dels continguts mitjans de mercuri en peix procedents de la recopilació realitzada per la AESAN, pot calcular-se la ingesta setmanal màxima considerada segura de peix afectat, expressada en racions, tenint en compte que una ració equival a 100g. Segons aquesta estimació, un nen d'entre 7 i 12 anys que pesi 35kg només podria ingerir de manera continuada mitja ració de peix espasa a la setmana i cap altre dels peixos grans durant la mateixa setmana, mentre que una dona embarassada d'uns 60kg que ingereixi una ració de peix espasa a la setmana ja superaria la ISTP de metilmercuri, amb les conseqüències de dany en el desenvolupament cerebral del fetus que aquesta ingesta pot suposar. En un estudi recent d'estimació de la ingesta de metilmercuri realitzat a Múrcia, un 54% de nens d'1 a 10 anys, un 10% de les dones embarassades i un 15% de les dones en edat fèrtil superen la ISTP establerta per el Comitè mixt FAO/OMS<sup>39</sup>.

A Catalunya, la ingesta diària estimada de mercuri i de metilmercuri l'any 2008 va ser de 13,67 µg/dia i de 4,58 µg/dia respectivament, en dones en edat fèrtil; i de 13,35 µg/dia i de 4,47 µg/dia respectivament, en nens i nenes<sup>36</sup>.

**Taula 5.** Ingesta diària estimada de mercuri i metilmercuri dels grups de població més vulnerables a Catalunya

Grup de població	Ingesta diària de mercuri total (µg/dia)	Ingesta diària de metilmercuri (µg/dia)
Dones en edat fèrtil	13,67	4,58
Nens i nenes	13,35	4,47

FONT: Contaminantes químicos. Estudio de dieta total en Cataluña 2008

**Taula 6.** Ingesta de mercuri total i metilmercuri relativa al pes corporal dels grups més vulnerables a Catalunya

Grup de població	Ingesta diària de mercuri total (µg/kg/dia)	Ingesta setmanal de mercuri total (µg/kg/setmana)	Ingesta diària de metilmercuri total (µg/kg/dia)	Ingesta setmanal de metilmercuri total (µg/kg/setmana)
Dones en edat fèrtil	0,25	1,74	0,08	0,58
Nens i nenes	0,56	3,89	0,19	1,31

FONT: Contaminantes químicos. Estudio de dieta total en Cataluña 2008

*Mercat del peix*

El peix és un dels productors alimentaris més comercialitzats del món. El comerç pesquer s'ha ampliat considerablement en les últimes dècades a mesura que el sector pesquer operava en un entorn cada vegada més globalitzat. La manera en que els productors pesquers es preparen, comercialitzen i distribueixen als consumidors s'ha modificat considerablement i molts d'ells arriben a creuar les fronteres

Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i els seus efectes adversos en el nounat

nacionals diverses vegades abans d'arribar al consumidor final. El peix pot produir-se en un país, elaborar-se en un altre i consumir-se en un tercer.

Espanya es troba en la novena posició del rànquing de països de més exportació de peix, i a la quarta posició pel que fa a la importació<sup>40</sup>.

*Mercat del peix espasa, la tonyina i el tauró*

L'any 2012, la tonyina va representar aproximadament un 8% del valor de les exportacions totals de peix. En els últims tres anys, els mercats de la tonyina han sigut inestables degut a les fluctuacions en el nivell de les captures, l'augment de les restriccions i l'ús de xarxes més sostenibles dels recursos. El Japó té el major mercat de tonyina per a sashimi i Estats Units el segon, pel que fa a productes de tonyina sense enllaunar. Si ens referim a la tonyina en llauna, l'any 2013 es va registrar un creixement positiu a Europa i Àsia, reflectit per l'augment de les importacions<sup>40</sup>.

Les captures mundials l'any 2012, segons dades de la FAO, van arribar a les 4.927.208 Tm. Indonèsia, Japó, Taiwan, Filipines i Corea n'eren els principals productors, representant respectivament el 13,5%, 9,1%, 7,2%, 7%, i 6% de les captures mundials. Les captures espanyoles representaven un 5,7% de les mundials.

Espanya era el principal importador de tonyina a nivell europeu i el quart a nivell mundial, l'any 2012<sup>41</sup>.

Pel que fa al peix espasa, la producció mundial del peix espasa s'ha incrementat significativament des d'inicis dels anys 90, en els quals les captures mundials eren de 69.000 Tm. L'any 2011 van ser de 109.716 Tm, any en que Espanya va passar a ocupar el primer lloc en el rànquing mundial de producció, representant un 28,4% de les captures mundials.

Aquest mateix any, les zones més productives es trobaven a l'oceà Pacífic i Atlàntic amb un 48% de la producció mundial, i el mar Mediterrani representava un 11% de les captures mundials<sup>42</sup>.

En referència al consum, aquest es manté estable en ambdós casos:

Taula 7. Consum de peix espasa i tonyina a Espanya

Peix	Any	Volum consum (kg)	Consum per càpita
Peix espasa	2009	14.353.334	0,55
	2010	15.448.833	0,36
	2011	18.507.277	0,52
Tonyina	2009	25.965	0,58
	2010	28.093	0,60
	2011	47.611	1,03
	2012	30.580	0,66
	2013	27.745	0,62

FONT: SECRETARIA GENERAL DE PESCA

Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i  
els seus efectes adversos en el nounat

En el cas del tauró, Espanya és el major exportador d'aleta de tauró a la ciutat xinesa de Hong Kong, on hi ha el principal mercat mundial d'aquest grup animal, segons dades de la Convenció sobre el Comerç Internacional de Flora i Fauna de Bangkok (CITES).

A més, la flota pesquera espanyola figura entre les 15 de tot el món amb més captures de taurons l'any 2010, d'acord amb dades facilitades per a la FAO.

#### Recomanacions per a una dieta de qualitat de la dona embarassada

---

A mesura que el creixement del bebè avança durant l'embaràs, les necessitats nutritives de la mare augmenten, sobretot pel que fa a certs nutrients com les proteïnes, alguns minerals (calci, fòsfor, ferro, zinc, iode, magnesi, seleni) i algunes vitamines (vitamines D, E, àcid fòlic, tiamina, riboflavina, niacina i vitamina B<sub>12</sub>)<sup>8</sup>.

L'aspecte fonamental en la dieta d'una embarassada no és una variació quantitativa de l'alimentació, sinó qualitativa. Fer una dieta el més variable possible per a aconseguir l'aportament adequat de vitamines i minerals.

Les necessitats de glúcids i de lípids són les mateixes que les d'una dona no embarassada, però les necessitats de proteïnes s'han d'incrementar a partir del segon trimestre d'embaràs a raó d'1g/kg de pes/dia durant el segon trimestre i d'1,5 d'1g/kg de pes/dia durant el tercer trimestre.

Pel que fa a les vitamines, cal augmentar-ne al màxim el consum, especialment de tiamina, riboflavina, niacina, àcid fòlic i vitamines B<sub>12</sub>, C, D i E, per a la qual cosa resulta indispensable seguir una alimentació variada per a aconseguir-ho<sup>8</sup>.

La ingesta d'aliments s'ha de repartir en 5-6 preses al dia i ha de contenir aliments de tots els grups recomanats. Cal consumir 2 litres d'aigua al dia per tal de fer front a les necessitats hídriques i disminuir els problemes relacionats amb el restrenyiment. Cal evitar el consum d'alcohol i reduir les begudes estimulants, ja que tots dos són capaços de travessar la placenta.

També cal evitar el consum de carn crua i la carn, peix, ous o marisc poc cuinats. Els formatges curats elaborats a partir de llet crua (no pasteuritzada) i els embotits crus curats, llevat que es congelin durant 48h a -20°C<sup>8</sup>.

#### *Recomanacions de consum de peix*

El 28 de setembre de 2010, el Comitè Científic de la AESAN en la seva regió plenària, va aprovar un informe en relació als nivells de mercuri establerts per als productes de la pesca. A partir d'aquest moment, es va procedir a actualitzar les recomanacions realitzades als grups de població més vulnerables<sup>35</sup>.

Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i els seus efectes adversos en el nounat

El peix és una part important de la dieta dins d'una alimentació saludable, gràcies a la qualitat de la proteïna i el greix del peix, amb aminoàcids essencials en quantitats adequades, escassa quantitat de greixos saturats i una important proporció d'àcids grassos omega 3 i de vitamines A, D, E, B<sub>6</sub> i B<sub>12</sub>. De totes maneres, es recomana precaució a les dones embarassades o que puguin arribar a estar-ho, a dones en fase de lactància i a nens d'entre 1 i 30 mesos. A aquest grup de la població, se li recomana consumir una àmplia varietat de peixos, un parell de vegades a la setmana, evitant consumir les espècies més contaminades, el consum de les quals ha de ser limitat. El peix blanc i les petites espècies de peix blau com les sardines i el verat és recomanable, però cal evitar el consum grans peixos depredadors<sup>35</sup>.

Seguint les indicacions de l'Autoritat Europea de Seguretat Alimentària (EFSA) i de l'Agència Espanyola de Seguretat Alimentària i Nutrició (AESAN), es recomana a les dones embarassades o que puguin arribar a estar-ho i a les dones en situació d'alletament:

Taula 8. Recomanació de consum de peix a les dones embarassades

<p><b>Grup 1</b></p> <p>Truita, salmó, sardina, verat, lluç, llucet, bacallà, maire, llenguado, gall, congre, sípia, calamar, pop, peix de piscifactoria.</p> <p>En general, tots els peixos i mariscos que no estan inclosos en els grups 2 i 3.</p>	<p><b>Recomanable</b> consumir diverses racions a la setmana (150g per ració)</p>
<p><b>Grup 2</b></p> <p>Tonyina blanca o bonítol del Nord (fresc o en conserva), rap, cap-roig, llobarro (salvatge), mero, ratlla, moll gran (més de 300g)</p>	<p><b>Limitar el consum</b> a 300g per setmana (No consumir cap més dels altres peixos d'aquest grup en la mateixa setmana)</p>
<p><b>Grup 3</b></p> <p>Peix espasa o emperador, tauró, tonyina vermella, agulla, lluç de riu, anguila</p>	<p><b>Evitar el consum</b></p>

Càlcul basat en dones amb un pes de 60kg i una recomanació d'ingesta màxima de 1,5 µg Hg/kg de pes i setmana

FONT: Guia de promoció del embarazo saludable. Recomendaciones sobre el consumo de pescado en embarazadas, mujeres que amamantan, y población infantil menor de 12 años, en relación con la presencia de mercurio.

Des de l'any 2008, els professionals sanitaris dels centres d'atenció primària realitzen aquestes recomanacions dirigides als col·lectius de risc mitjançant la Guia per a embarassades, que es facilita durant la primera visita als ginecòlegs d'atenció primària de Catalunya, i el manual de Recomanacions per a l'alimentació en la primera infància<sup>38</sup>.

Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i els seus efectes adversos en el nounat

Exemple de dieta ideal per a una dona embarassada

La dieta recomanada per a una dona embarassada segueix els principis de l'equilibri alimentari, amb una aportació energètica i proteica suficient, que s'aconsegueix elevant lleugerament la ració diària de proteïnes.

- 4-5 racions de farinacis
- 3 racions de verdures i hortalisses
- 2 racions de fruites
- 3 racions de lactis
- 2-3 racions de proteïnes
- 3-5 racions de greixos

Taula 9. Exemple de dieta per a una dona embarassada

	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres	Dissabte	Diumenge
Esmorzar	Suc de fruita natural Cafè descafeïnat amb llet semidesnatada 4 galetes integrals	Suc de fruita natural Cafè descafeïnat amb llet semidesnatada amb cereals integrals	Suc de fruita natural Cafè descafeïnat amb llet semidesnatada 4 galetes integrals	Suc de fruita natural Cafè descafeïnat amb llet semidesnatada amb cereals integrals	Suc de fruita natural Cafè descafeïnat amb llet semidesnatada 4 galetes integrals	Suc de fruita natural Cafè descafeïnat amb llet semidesnatada amb cereals integrals	Suc de fruita natural Cafè descafeïnat amb llet semidesnatada 4 galetes integrals
Esmorzar (Mig matí)	Entrepà de pernil cuit 1 taronja 1 infusió de camamilla	2 llesques de pa integral amb gall d'indi 2 talls de meló 1 infusió de menta	Entrepà de pit de pollastre 1 préssec 1 infusió de rooibos	2 llesques de pa integral amb pernil cuit 1 tall de síndria 1 infusió de camamilla	Entrepà de gall d'indi 1 pera 1 infusió de menta	2 llesques de pa integral amb pernil cuit congelat 1 kiwi 1 infusió de rooibos	Entrepà de pernil cuit 2 talls de pinya 1 infusió de camamilla
Dinar	Amanida de canonges, tomàquet i poma Bistec de vedella a la planxa i pa 1 pera	Amanida de lleties amb pebrot vermell i tomàquet Bacallà al forn amb espinacs 1 poma	Crema de carabassa, pastanaga i ceba Conill a la graella amb all i julivert 2 talls de meló	Espàrrecs verds a la planxa Pasta amb pit de gall d'indi saltejat amb pebrots i ceba 1 kiwi	Mongetes seques amb oli Truita a la francesa 1 tall de pinya	Sopa de peix amb pa torrat Dorada a la planxa 1 poma	Bacallà esqueixat amb pebrot vermell Paella d'arròs integral 1 kiwi
Berenar	logurt desnatat amb nous	Cafè descafeïnat amb llet desnatada i edulcorant 2 galetes integrals tipus maria	logurt desnatat Ametlles	Cafè descafeïnat amb llet desnatada i edulcorant 2 galetes integrals tipus maria	logurt desnatat Avellanes	Cafè descafeïnat amb llet desnatada i edulcorant 2 galetes integrals tipus maria	logurt desnatat amb nous



Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i els seus efectes adversos en el nounat

	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres	Dissabte	Diumenge
Sopar	Sopa de pasta Llenguado a la planxa amb llimona 1 nectarina	Crema de carabassó, patata, ceba i porro ¼ de pollastre al forn amb pebrot verd 1 kiwi	Amanida d'espínacs i formatge fresc Truita d'all tendres i pa 1 pera	Verdura bullida (mongeta tendra, pastanaga, patata i ceba) Lluç a la papillota amb carabassó 1 poma	Gaspatxo natural amb crostons de pa Salmó a la planxa 2 albercocs	Bròquil i patata al vapor Llom de porc a la planxa amb xampinyons 1 préssec	Crema de porro i ceba Hamburguesa de vedella i pebrot verd a la planxa amb pa 1 pera
Ressopó	1 got de llet semidesnatada	1 got de llet semidesnatada	1 got de llet semidesnatada	1 got de llet semidesnatada	1 got de llet semidesnatada	1 got de llet semidesnatada	1 got de llet semidesnatada

## Discussió

La nutrició i l'alimentació de la dona embarassada són crucials tant per a la seva pròpia salut com per a la del seu futur fill. La contaminació per diferents tòxics és present en la majoria dels aliments.

Pel que fa a la presència de metalls pesats, els que la dona embarassada ingereix a través dels aliments i, en especial, a través del peix, no juguen cap paper en la fisiologia humana del fetus ni de la mare, per a la qual cosa, el nivell plasmàtic ideal d'aquests metalls hauria de ser zero. En l'actualitat però, aquest objectiu és inassolible, per a la qual cosa cal que les dones embarassades tinguin en compte els efectes perjudicials que poden provocar als seus futurs fills en ple desenvolupament físic i neuronal, a través de la dieta.

Aquests efectes adversos es concentren bàsicament a nivell de sistema nerviós central del fetus en desenvolupament durant la gestació, tot i que també poden fer-ho a nivell renal, hepàtic i/o ossi, entre d'altres.

Tots els metalls analitzats en aquest treball (plom, mercuri, arsènic, cadmi, tal·li i alumini) són capaços de travessar la placenta i, destacant la importància del mercuri en la seva forma de metilmercuri, tots apareixen en el peix consumit. És per això, que per a garantir la salut pública s'han efectuat propostes basades en una prudent selecció de les espècies de peix en la dieta, acompanyades d'uns nivells establerts d'ingesta tolerable de metalls pesats en constant revisió.

La relació entre els nivells de mercuri, el consum de peix durant l'embaràs i el desenvolupament cognitiu durant la infància pot resultar paradoxal. Es coneix que hi ha una relació positiva entre el consum de peix moderat durant l'embaràs i el desenvolupament neuropsicològic dels nadons, gràcies als múltiples beneficis de la proteïna i el greix del peix, amb aminoàcids essencials en quantitats adequades, escassa quantitat de greixos saturats i una important proporció d'àcids grassos omega 3 i de vitamines A, D, E, B<sub>6</sub> i B<sub>12</sub>. D'aquesta manera, podem interpretar que la ingesta de peix és una font d'àcids grassos

Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i  
els seus efectes adversos en el nounat

poliinsaturats altament beneficiosos per al desenvolupament cerebral; però subratllar que el consum elevat de certes espècies en particular, com el peix espasa, la tonyina vermella, el tauró i el lluç de riu; podrien presentar elevats riscos per al nounat per la seva elevada exposició a mercuri.

En els últims anys, el mercat mundial de peix, lligat a l'augment de consum del mateix, s'ha incrementat; i amb ell ho han fet també els nivells de tòxics presents en la població. És per això, que per tal d'assegurar la seguretat pública, especialment de les poblacions més vulnerables com les dones embarassades, els organismes estatals i europeus de seguretat alimentària (EFSA, AECOSAN) i el Comitè mixt FAO/OMS, revisen contínuament els nivells màxims permesos de determinats contaminants presents en els productes alimentaris; entre ells, els metalls pesats, reduint-ne cada vegada més les concentracions permeses, basades en diversos estudis de les afectacions dels diferents tòxics sobre els fetus.

## Conclusions

La contaminació a l'alça dels nostres mars i oceans de diferents tòxics com els metalls pesats, afecta de forma directa i indirecta (per efecte de la migració) la contaminació dels peixos que consumim. És per això que cal seguir amb els estudis que relacionen els beneficis i els perjudicis del consum de peix, especialment en els grups de població més vulnerables, com les dones embarassades i els nens.

Des de l'any 2008, estan establertes certes recomanacions del consum de peix en les dones embarassades, però és necessari que es faci èmfasi d'aquestes recomanacions des dels centres ginecològics i obstètrics, ja que, tot i que són múltiples els beneficis per al fetus del consum de peix de les dones embarassades, cal que aquestes siguin coneixedores dels perills als que s'exposen els seus fills amb el consum de determinats tipus de peix.

És per això, que voldria concloure aquest treball amb la idea que cal fomentar el consum de peix en la població en general i en les dones embarassades en concret, però deixant molt clar que el consum en excés dels grans peixos depredadors pot arribar a causar problemes de salut molt greus al fetus en gestació degut a la presència de metalls pesats i en especial de mercuri, i que, per tant, és vital fer èmfasi en la prevenció d'aquests problemes a través de la dieta de la dona embarassada des dels centres de salut.

Per últim, voldria senyalar que coneixent les recomanacions de consum de peix dirigides a les dones embarassades i comparant la ingesta setmanal de metilmercuri en dones en edat fèrtil a Catalunya (0,58 µg/kg/setmana) amb la ISTP de metilmercuri (1,3 µg/kg/setmana), podem intuir que les futures mares catalanes són informades sobre els riscos als quals s'exposen els seus fills amb el consum dels aliments afectats per aquest i altres metalls pesats.

## Referències bibliogràfiques

1. F. J. Sánchez-Muniz, E. Gesteiro, M. Espárrago Rodilla, B. Rodríguez Bernal i S. Bastida. “La alimentación de la madre durante el embarazo condiciona el desarrollo pancreático, el estatus hormonal del feto y la concentración de biomarcadores al nacimiento de diabetes mellitus y síndrome metabólico”. *Nutr. Hosp.* vol.28 no.2 Madrid mar.-abr. 2013
2. Ferrer. “Intoxicación por metales”. *Anales Sistema Sanitario Navarra* v.26 supl.1 Pamplona 2003
3. J.A. Ortega García, J. Ferrís Tortajada, A. Cánovas Conesa, J. Garcia Castell. “Neurotóxicos medioambientales (y II). Metales: efectos adversos en el sistema nervioso fetal y posnatal”. *Acta Pediatr Esp.* 2005; 63: 182-192
4. Palanques i J. I. Díaz. “Contaminación de metales pesados en los sedimentos superficiales de la plataforma continental de Barcelona (Mediterráneo noroccidental)”. *Rev. Soc. Geol. España*, 3: 357-371
5. M. Ibáñez. “La contaminación marina por metales pesados en la costa de Guipuzcoa”. *Lurralde Investigación y espacio*, ISSN: 0211-5891 N.º 9 (1986) p. 105-111
6. El País [pàgina a Internet]. Madrid: 15 Nov 2011 [consultada el 15 d'abril del 2016]. Disponible a: [http://sociedad.elpais.com/sociedad/2011/11/15/actualidad/1321311621\\_850215.html](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2011/11/15/actualidad/1321311621_850215.html)
7. Ruano B. “Nutrición en el embarazo y la lactancia”. Capítulo 11, 137-153
8. Aguilar Martínez A., Serra Alías M. “Dieta equilibrada i adaptació a diferents estats fisiològics. Nutrició en l'embaràs i la lactància.” Material docent de la UOC
9. Moreno Beneventi L. M. “Comparación del consumo de alimentos e ingesta de metales pesados de poblaciones de Chile (Chillán y Valdivia)”. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Ingeniería en Alimentos. Valdivia – Chile, 2013
10. Field J. “Bioremediación de metales pesados”. Universidad de Arizona, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental
11. Gutiérrez Ruíz M. C., Fortoul van der Goes T. “Conceptos básicos de toxicología ambiental”. Capítulo 5
12. González-Montaña J. R. “Metales pesados en carne y leche y certificación para la Unión Europea (UE)”. Departamento Medicina, Cirugía y Anatomía Veterinaria. Facultad de Veterinaria. Universidad de León, España. Campus de Vegazana s/n. 24007. León, España
13. Guadalupe Reyes-Navarrete M., Irene Alvarado-de la Peña A., Magdalena Antuna D., García- Vargas A., González-Valdez L. S., Vázquez – Alarcón E. C. “Metales pesados: importancia y análisis”. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional, Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Dgo., 34200

Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i  
els seus efectes adversos en el nounat

14. Zuluga Rodríguez J., Gallego Ríos S. E., Ramírez Botero C. M. "Content of Hg, Cd, Pb and As in fish species: a review". VITAE, REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS Y ALIMENTARIAS Volumen 22 número 2, año 2015. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. págs. 148-159
15. Osakidetza. "Metales pesados y arsénico". Departamento de salud pública de Euskadi. Capítulo 4, págs. 29-43
16. García Cambero J. P. "Estado actual de la contaminación por metales pesados y pesticidas organoclorados en el parque natural de Monfragüe". Universidad de Extremadura, Facultad de Veterinaria, Departamento de medicina y sanidad animal. Cáceres, junio 2002
17. Mancera Rodríguez N. J., Álvarez León R. "Current State of Knowledge of the Concentration of Mercury and Other Heavy Metals in Fresh Water Fish in Colombia". Acta Biológica Colombiana, vol.11 no.1 Bogotá Junio 2006
18. Aranbarri-Paredes A, Fano-Ardanaz E, Llop-Pérez S, Ramón-Bonache R, Murcia-Hinarejos M, Guxens-Junyent M et al. "Compuestos orgánicos persistentes y metales pesados en sangre y efectos en el desarrollo neuropsicológico de la primera infancia en las cohortes de madres-niños INMA (Infancia y Medio Ambiente)". Rev. salud ambient. 2012;12(1):3-13
19. Carmen Terrones Saldívar M. C., Serrano Díaz L. C., Avelar González F. J., Rosas Cabral A., Yamamoto Flores L, E. Reyes Robles M. "Estudio comparativo entre las concentraciones de cadmio y de plomo en placentas de embarazos normales y placentas de embarazos con oligoamnios idiopático". Investigación y ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. Número 42, (11-17), Septiembre-Diciembre 2008
20. Islas-Flores H., Gómez-Oliván L. M., Ortiz-Reynoso M. "Influencia de factores ambientales durante el desarrollo embrionario y fetal" Enlace Químico. Universidad Autónoma del Estado de México Año 4, Núm.8 | febrero - julio 2014 | Págs. 27-32
21. Valdés Perezgasga F. "La contaminación por metales pesados en Torreón, Coahuila, México". En Defensa del Ambiente, A. C. Torreón, Coahuila. Ciudadanía Lagunera por los Derechos Humanos, septiembre de 1999
22. Ferrer A. "Intoxicación por metales". ANALES Sis San Navarra 2003; 26 (Supl. 1): 141-153.
23. INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático) [página a Internet]. México [consultada el juny del 2016]. Disponible a: <http://www.inecc.gob.mx/>
24. AECOSAN (Agencia española de consumo, seguridad alimentaria y nutrición) [página a Internet]. Madrid, 2016 [consultada el juny del 2016]. Disponible a: <http://www.aecosan.msssi.gob.es/>
25. Marín Villuendas S. "Estudios de dieta total. Exposición de la población de la Comunitat Valenciana a metales y evaluación del riesgo". Universitat de València, Facultat de Farmàcia, Departament de Medicina Preventiva i Salut Pública, Ciències de l' Alimentació, Toxicologia i Medicina Legal. Diciembre 2014
26. División de la Salud y Seguridad Medioambiental Departamento de Salud Ambiental Ministerio del Medio Ambiente de Japón. "Enseñanzas de la Enfermedad de Minamata y el Manejo del Mercurio en Japón". Septiembre de 2013

Estudi sobre la presència de metalls pesats en peixos i  
els seus efectes adversos en el nounat

27. "Seguridad en Ingredientes. Metales Pesados y La Salud". INDUSTRIA ALIMENTICIA, Junio 2007
28. ELIKA. Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria. "Arsénico". 29 de noviembre de 2013, Elika
29. Nava Ruíz, et al. "Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio". Arch Neurocién (Mex) INNN, 2011
30. COMITÉ CIENTÍFICO. "Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en relación a la evaluación del riesgo de la exposición de la población española a cadmio por consumo de alimentos". Núm. de referencia: AESAN-2011-009, 30 de noviembre de 2011
31. SERTOX (Servicio de toxicología del sanatorio de niños) [página a Internet]. Argentina, 2016 [consultada el juny del 2016]. Disponible a: <http://www.sertox.com.ar/>
32. ELIKA. Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria. "Aluminio". 28 de febrero de 2014, Elika
33. Ballabriga A. "Aluminio en el periodo neonatal". Departamento de Pediatría, Universidad Autónoma, Barcelona
34. Tostado Martín E. "Neurotoxicidad de los metales pesados: plomo, mercurio y aluminio". Universidad de Valladolid, Facultad de Medicina, Departamento de farmacología, neurobiología y nutrición. Valladolid, septiembre de 2014
35. AECOSAN. "Recomendaciones de consumo de pescado para poblaciones sensibles debido a la presencia de mercurio". 14/04/2011
36. Agència Catalana de Seguretat Alimentària. "Contaminantes químicos. Estudio de dieta total en Cataluña 2008". Diciembre de 2012
37. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. "Informe del consumo de alimentación en España 2015". Mayo 2016
38. Agència Catalana de Seguretat Alimentària. "Metilmercuri". Gener de 2013
39. COMITE CIENTÍFICO. "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". Núm. de referencia: AESAN-2010-008, 28 de septiembre de 2010
40. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. "Examen mundial de la pesca y la acuicultura". Roma, 2014
41. Agricultura, alimentación y medio ambiente. Secretaría general de pesca. "El mercado de los túnidos en España". Marzo 2015
42. Agricultura, alimentación y medio ambiente. Secretaría general de pesca. "Mercado del pez espada". Julio 2013