

2012



Contaminantes químicos. Estudio de dieta total en Cataluña, 2012



Contaminantes químicos. Estudio de dieta total en Cataluña, 2012

Esta publicación se ha elaborado a partir del estudio dirigido por los profesores Josep L. Domingo Roig, de la Universidad Rovira i Virgili, y Joan M. Llobet Mallafré, de la Universidad de Barcelona, fruto del convenio de colaboración entre el Departamento de Salud y la Universidad Rovira i Virgili para la investigación de la ingesta dietética de contaminantes químicos en la población de Cataluña. Los diferentes capítulos de este documento han sido publicados entre Enero de 2015 i Abril de 2017.

Dirección:

Carme Chacón Villanueva
Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria

Autores:

Victòria Castell Garralda, Emilio Vicente Tascón, Jaume Bosch i Collet
Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria

Jesús Gómez Catalán, Joan M. Llobet Mallafré
Grupo de Investigación en toxicología. GRET-CERETOX (INSA UB)
Universidad de Barcelona. Parque Científico de Barcelona

Gemma Perelló Berenguer, Martí Nadal Lomas
Laboratorio de Toxicología y Salud Medioambiental, TECNITOX
Universidad Rovira i Virgili de Tarragona

Francesc Centrich Carpenter, Josep Calderón Delgado
Servicio de Química
Laboratorio de la Agencia de Salud Pública de Barcelona

Han colaborado:

Isabel Timoner Alonso, Anna Palou Soler, Alfons Vázquez Obiols, José Vicente Fernández García, Paqui Morales Romero
Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria

Diseño: Vincent Agència

Algunos derechos reservados

©2015, Generalitat de Catalunya. Departamento de Salud.



Los contenidos de esta obra están sujetos a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas 4.0 de Creative Commons. La licencia se puede consultar en: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/es/>

Edita:

Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria

1a edición:

Barcelona, Abril de 2017

Asesoramiento lingüístico:

Sección de Planificación Lingüística del Departamento de Salud

Abreviaciones

Elementos y compuestos

| | | | |
|-------------|---------------|-----------|-------|
| As | Arsénico | Pb | Plomo |
| Cd | Cadmio | | |
| Hg | Mercurio | | |
| MeHg | Metilmercurio | | |

Organismos internacionales

| | |
|--------------|--|
| ATSDR | Agencia para el Registro de Substancias Tóxicas y Enfermedades (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) |
| EPA | Agencia de Protección Medioambiental de los EEUU (Environmental Protection Agency) |
| IARC | Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (International Agency for Research on Cancer) |
| JECFA | Comité Mixto FAO-OMS de expertos en aditivos y contaminantes alimentarios (Joint Expert Committee on Food Additives) |
| OMS | Organización Mundial de la Salud |

Otras abreviaciones

| | |
|--------------|--|
| BMDL | Benchmark dose |
| LOAEL | Nivel inferior sin observación de efectos adversos |
| LOD | Límite de detección de la técnica analítica |
| IDA | Ingesta diaria admisible |
| IDPT | Ingesta diaria provisional tolerable |
| IDT | Ingesta diaria tolerable |
| IMPT | Ingesta mensual provisional tolerable |
| ISPT | Ingesta semanal provisional tolerable |
| MOE | Margen de exposición |
| ND | No detectado |
| RfD | Dosis de referencia |

Índice

| | | |
|----|--------------------------|----|
| 1 | Introducción | 7 |
| 2 | Objetivos | 8 |
| 3 | Material y métodos | 9 |
| 4 | Arsénico | 23 |
| 5 | Cadmio | 38 |
| 6 | Plomo | 49 |
| 7 | Mercurio | 58 |
| 8 | Conclusiones | 74 |
| 9 | Bibliografía | 77 |
| 10 | Anexos | 84 |

1 Introducción

En el año 2000, el Departamento de Salud emprendió el primer estudio de dieta total en Cataluña para estimar la ingesta de varios contaminantes químicos por parte de la población catalana y evaluar el riesgo potencial para la salud. En la evaluación de los resultados, se detectó el pescado y el marisco como el grupo de alimentos que contribuyen de manera más significativa a la ingesta de contaminantes a través de la dieta. Por el contrario, a pesar de su importancia puntual en cuanto a la concentración de algún contaminante, la aportación de los demás grupos de alimentos no fue significativa.

Dada la gran variedad de pescado y marisco consumidos por la población, se consideró importante caracterizar con mayor precisión la ingesta de contaminantes derivada de este consumo. Con estas cuestiones en mente, la Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria, el Laboratorio de Toxicología y Salud Medioambiental (URV) y el Grupo de Investigación en Toxicología GRET-CERETOX (UB/PCB) se plantearon el objetivo de ampliar el conocimiento sobre la contribución del pescado y el marisco en la exposición dietética de la población de Cataluña. Así pues, en el 2005, se realizó un estudio específico de este grupo de alimentos en el que se evaluó la ingesta de contaminantes químicos analizando las catorce especies de pescado y marisco más consumidas por la población.

Los estudios de dieta total se llevan a cabo en una realidad cambiante. Por ello, se realizó un segundo estudio en el 2005, un tercero en el 2008 y un último en el 2012 sobre la dieta total, para conocer la evolución temporal de la ingesta diaria de contaminantes químicos a través de los alimentos en la población de Cataluña.

La información obtenida del conjunto de estos estudios conforma un conocimiento de la realidad y su evolución, que debe resultar útil en la evaluación de la importancia de cualquier nueva situación futura, la evaluación de las medidas de gestión adoptadas a lo largo de la cadena alimentaria, además de ayudar en la implantación y priorización de nuevas medidas de gestión a fin de reducir las concentraciones de estos contaminantes en los alimentos.

El comportamiento de los distintos grupos de contaminantes estudiados no es homogéneo a lo largo del tiempo. Según varios estudios y de manera sistemática, la presencia de dioxinas y furanos en la dieta se está reduciendo en los países de nuestro entorno, mientras que otros contaminantes pueden estar adquiriendo un mayor protagonismo.

Por este motivo, considerando la incidencia variable que las distintas fuentes emisoras de contaminación pueden tener sobre los alimentos, resulta evidente la importancia del seguimiento de la presencia de estos contaminantes en nuestra dieta.

2 Objetivos

El objetivo general del presente estudio ha sido estimar la ingesta dietética de metales (arsénico total, arsénico inorgánico, cadmio, mercurio inorgánico, metilmercurio y plomo) por parte de la población de Cataluña, y evaluar los riesgos que conlleva para la salud.

Los objetivos específicos son:

- Analizar las concentraciones de 2012 de metales en alimentos consumidos en Cataluña.
- Comparar los niveles con datos de estudios de 2000, 2005 y 2008, estableciendo las variaciones temporales observadas para cada uno de los elementos.
- Conocer el nivel actual de exposición de la población catalana a los contaminantes estudiados a través de la dieta.
- Evaluar la variación en el tiempo de la exposición dietética a metales, para que sirva de alarma preventiva en caso necesario.
- Comparar los niveles de exposición de la población de Cataluña con los obtenidos en estudios realizados en otros países.
- Evaluar el riesgo que representa la exposición actual comparando los valores de seguridad toxicológica establecidos.

3 Material y métodos

3.1 Tipo de estudio

Este estudio parte del diseño de las ediciones precedentes y, por consiguiente, también sigue las directrices marcadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Para su ejecución se utiliza una técnica mixta que, basándose en las características de los alimentos individuales, incorpora aspectos de los estudios sobre el cesto de la compra y analiza muestras compuestas (composite samples) formadas por mezclas homogéneas y a partes iguales, de diferentes muestras individuales de un mismo alimento.

3.2 Selección de los contaminantes

Los contaminantes químicos seleccionados para ser evaluados en este cuarto estudio de dieta total fueron: arsénico total (As), arsénico inorgánico (InAs), cadmio (Cd), mercurio total (Hg), metilmercurio (MeHg) y plomo (Pb). En esta última edición se analizan por primera vez el InAs y el MeHg, a diferencia de los estudios anteriores, en los que se hacía una estimación para calcular su porcentaje respecto al total, teniendo en cuenta datos publicados. Anteriormente, se consideró que la proporción de As inorgánico respecto a As total en los alimentos era del 70% en todos los alimentos diferentes de los productos procedentes de la pesca, 0,03 mg/kg o el 2% del As total para el pescado, y 0,1 mg/kg o el 3,5% para el marisco, según la recomendación de la EFSA (2009). En el pescado y el marisco, el metilmercurio puede representar más del 90% del mercurio total (Bloom, 1992). Este valor se toma como referencia en las evaluaciones de los organismos internacionales, siendo también el valor considerado en los anteriores estudios de dieta total de Cataluña.

3.3 Selección de alimentos

La selección de los alimentos se ha basado en la de los estudios anteriores, teniendo en cuenta los datos de consumo de la población obtenidos en la encuesta sobre el estado nutricional de la población catalana y evaluación de los hábitos alimentarios 2002-2003 (ENCAT 2002-2003), a partir de la cual se ha podido determinar la representatividad de la selección. Para mejorar el estudio y de acuerdo con los resultados de las ediciones anteriores, en esta ocasión se ha ampliado el número de alimentos en grupos como el pan y los cereales, y el grupo de la bollería. Además, se ha incorporado un nuevo grupo formado por el yogur de soja, que no se considera un lácteo ya que no proviene de leche de origen animal.

Los 66 alimentos estudiados se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Selección d'alimentos estudiados

| Grup | Aliments | Grup | Aliments |
|----------------------|---|--|---|
| 1. Carne y derivados | ternera: bistec, hamburguesa cerdo: lomo, longaniza pollo: pechuga cordero: pierna/costilla jamón de York salchicha de Frankfurt chorizo jamón | 7. Leche | leche entera leche semidesnatada |
| 2. Pescado | sardina atún boquerón caballa emperador salmón merluza salmonete lenguado | sepia calamar almeja mejillón gamba conserva de sardina conserva de atún | 8. Derivados lácteos |
| | | | 9. Yogur de soja* |
| 3. Vegetales | lechuga tomate judía verde coliflor cebolla pimiento zanahoria berenjena | 10. Pan y cereales | pan blanco pan de molde arroz pasta alimentaria <i>pan integral</i> |
| 4. Tubérculos | patata | 11. Legumbres | lenteja judía garbanzos guisantes |
| 5. Frutas | manzana naranja pera plátano mandarina fresa melocotón | 12. Grasas | aceite de oliva aceite de girasol margarina mantequilla |
| 6. Huevos | huevos de gallina | 13. Bollería | cruasán galleta <i>cereales de desayuno</i> |

Los alimentos en cursiva son las nuevas incorporaciones en este estudio. *Yogur de soja: se considera un nuevo grupo porque no es un lácteo; su consumo se valorará como batido fermentado de soja según la encuesta ENCAT 2002-2003.

3.4 Toma de muestra y preparación

De manera análoga al estudio anterior, la toma de muestras se realizó en 12 localidades de Cataluña. El conjunto es representativo del 72% de la población catalana que vive en localidades de más de 20.000 habitantes y de carácter claramente urbano.

Las poblaciones agrupadas por ámbitos territoriales son las siguientes:

Ámbito metropolitano: Barcelona, L'Hospitalet de Llobregat, Vilanova i la Geltrú, Mataró, Sabadell y Terrassa; ámbito de las comarcas gerundenses: Girona; ámbito del Camp de Tarragona: Tarragona y Reus; ámbito de les Terres de l'Ebre: Tortosa; ámbito de Ponent: Lleida; ámbito de las comarcas centrales: Manresa.

En julio del 2012, se adquirieron las muestras individuales de cada alimento. En cada localidad de compra, se distribuyó esta muestra en un mínimo de cuatro establecimientos de diferente tamaño (mercado, tienda, supermercado pequeño, supermercado grande, gran superficie), para diversificar al máximo el origen del alimento adquirido y llevar a cabo un muestreo lo más representativo posible de todos los tipos de compradores. Las muestras que así lo requerían se transportaron siempre refrigeradas.

La preparación de las muestras compuestas se hizo siguiendo la misma metodología que en el estudio anterior (directrices de la OMS):

- 24 muestras individuales adquiridas independientemente formaron una muestra compuesta.
- Limpieza y separación de las partes comestibles, crudas, de las muestras individuales, con las que se prepara una muestra compuesta.
- Pesada de partes iguales de cada muestra individual. Cuando la muestra presentaba partes muy diferenciadas en cuanto a textura, cantidad de grasa, etc., como por ejemplo las distintas partes de las costillas de cordero, en la muestra compuesta se incluyeron todas las partes de cada pieza individual, de manera equilibrada.
- Trituración y homogeneización de las muestras con el uso de robots de cocina, prestando atención de tipo analítico a la limpieza entre muestras para evitar la contaminación cruzada. Se mezclaron y trituraron porciones de peso equivalente de las partes comestibles de carne y derivados, verduras, tubérculos, frutas, huevos (batidos), quesos, cereales, legumbres, grasas (margarina y mantequilla) y bollería, hasta obtener una pasta o harina homogénea.
- Formación de alícuotas en tubos de vidrio de laboratorio y conservación mediante congelación hasta el momento del análisis.

Las muestras de yogur, quesos, leche, yogur de soja, mantequilla y margarina se conservaron en su forma original en cámara fría. Se formó la correspondiente muestra compuesta justo antes de ser remitida al laboratorio de análisis.

Los aceites se conservaron a temperatura ambiente, protegidos de la luz, hasta el momento del análisis, en que se mezclaron volúmenes iguales de cada muestra unitaria, se repartieron en las alícuotas correspondientes y se procedió tal como se ha descrito anteriormente.

En total se procesaron 1.584 muestras individuales de alimentos.

3.5 Procedimientos analíticos

Las muestras se analizaron en el laboratorio de la Agencia de Salud Pública de Barcelona. Para la determinación de la concentración total de la mayoría de metales, a excepción del mercurio, las muestras se digirieron mediante tratamiento en microondas con ácido nítrico concentrado. En concreto, 0,5 g de muestra se procesaron con 9 ml de ácido nítrico al 22% y 0,5 ml de H₂O₂ al 30%. Posteriormente, se procedió a una digestión en microondas hasta 200 °C. Finalmente, al extracto se añadió agua purificada hasta un volumen final de 30 ml, y se analizó mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS). Las muestras de aceites y grasas se sometieron a una predigestión en microondas con ácido nítrico concentrado.

En el cas del Hg, la determinació va ser directa, mitjançant un analitzador elemental de mercuri (AMA) per amalgamació amb or, partint d'una quantitat de mostra de 0,1 g. La determinació del metilmercuri comporta una extracció selectiva amb toluè seguida d'una retroextracció amb cisteïna, i un mesurament final per l'analitzador elemental de mercuri. Per al metilmercuri, es va aplicar el mètode de l'informe Determination of methylmercury in seafood by direct mercury analysis de la Comissió Europea (JRC, 2013). Només es va procedir a determinar el metilmercuri en les mostres amb valors detectables de Hg total.

En el caso del Hg, la determinación fue directa, mediante un analizador elemental de mercurio (AMA) por amalgamación con oro, partiendo de una cantidad de muestra de 0,1 g. La determinación del metilmercurio conlleva una extracción selectiva con tolueno seguida de una retroextracción con cisteína, y una medición final mediante el analizador elemental de mercurio. Para el metilmercurio, se aplicó el método del informe Determination of methylmercury in seafood by direct mercury analysis de la Comisión Europea (JRC, 2013). Solo se procedió a la determinación de metilmercurio en las muestras con valores detectables de Hg total.

El análisis de arsénico inorgánico en todos los alimentos, excepto en muestras de cereales y productos derivados, se fundamentó en el método de Muñoz et al. (1999), que se basa en una extracción selectiva, empleando un tratamiento con ácidos al inicio, seguida de una extracción con cloroformo y una retroextracción con ácido clorhídrico diluido. La cuantificación final también se realizó mediante ICP-MS.

En el caso de las especies de arsénico (arsénico inorgánico) en muestras de cereales y productos derivados, el método se basó en una extracción en microondas con ácido nítrico diluido y peróxido de hidrógeno, y determinación instrumental mediante cromatografía de líquidos acoplada a ICP-MS (Llorente-Mirandes et al., 2012).

La cuantificación se realizó mediante calibración externa. En el caso de los métodos por ICP-MS, se utilizó un patrón interno para minimizar los efectos matriz, y en todos los casos se trabajó con celdas de colisión para eliminar interferencias poliatómicas, empleándose siempre isótopos libres de interferencias isobáricas. En todas las secuencias de análisis se analizaron de forma paralela un blanco de proceso para garantizar la ausencia de contaminaciones, soluciones externas de concentración conocida para confirmar la bondad de la recta de calibración, soluciones patrón al final de cada secuencia para garantizar la ausencia de deriva instrumental, además de muestras adicionadas para controlar continuamente el correcto porcentaje de recuperación del método.

Para todos los metales analizados, a excepción del As inorgánico en el pescado y el marisco, el porcentaje de recuperación se alejó significativamente del 100% (evaluado con el índice de compatibilidad). En el caso del As inorgánico en productos de la pesca, el porcentaje de recuperación fue del 74%.

3.6 Grupos de población estudiados

Siguiendo las condiciones marcadas en los estudios anteriores, y de acuerdo con las directrices de la OMS (1985), en esta edición se estudiaron los mismos grupos de edad. Dentro del conjunto de la población, estos grupos reflejan aquellos que se consideran como individuos estándar.

En el estudio actual, como en los tres últimos, se distingue entre ambos sexos en todos los grupos de edad para adecuarlos a la estructura de los datos de la Encuesta sobre el estado nutricional de la población catalana y evaluación de los hábitos alimentarios 2002-2003 (Sierra-Majem et al., 2003), en la que se observan algunas diferencias en el consumo de alimentos en función del sexo. En la tabla 2 se presentan los grupos de población estudiados y el peso corporal asumido para cada uno de ellos.

Tabla 2. Grupos de población, intervalos de edad y peso

| Grupo | Edad(años) (anys) | Peso corporal (kg) |
|---------------------------------|-------------------|--------------------|
| Niños/Niñas | De 4 a 9 | 24 |
| Chicos adolescentes | De 10 a 19 | 56 |
| Chicas adolescentes | De 10 a 19 | 53 |
| Hombres | De 20 a 65 | 70 |
| Mujeres | De 20 a 65 | 55 |
| Hombres mayores de 65 años anys | De 65 a 80 | 65 |
| Mujeres mayores de 65 años | De 65 a 80 | 60 |

3.7 Datos de consumo diario de alimentos

En este estudio se han utilizado los datos de la Encuesta sobre el estado nutricional de la población catalana y evaluación de los hábitos alimentarios 2002-2003 (ENCAT 2002-2003). Además, en este estudio, se han querido comparar los resultados de la ingesta de un hombre adulto con los datos de consumo del estudio ENIDE; estudio de hábitos alimentarios realizado a nivel de España por la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en el 2011. En cuanto a los datos de niños y niñas de 6 a 9 años, grupo que no se prevé en el estudio ENCAT, se han utilizado los del estudio Enkid (1998-2000).

Los datos relativos al consumo (g/día) de los distintos alimentos y para los diferentes grupos de edad considerados se presentan en las tablas 3, 4 y 5. En la figura 1 se presenta la distribución porcentual correspondiente a los alimentos consumidos por el hombre adulto.

Tabla 3. Consumo de alimentos en la población infantil de entre 6 y 9 años de edad (Enkid)

| Grupo de alimentos | g/día | Grupo de alimentos | g/día |
|--------------------|-------|--------------------|-------|
| Carnes | 134,7 | Derivados lácteos | 364,8 |
| Verduras | 34,33 | Yogur de soja | 108,6 |
| Tubérculos | 60,20 | Cereales | 155,9 |
| Fruta | 70,84 | Legumbres | 22,29 |
| Huevos | 196,6 | Grasas | 31,14 |
| Leche | 22,98 | Bollería | 48,25 |

Tabla 4. Consumo de alimentos considerados en diferentes grupos de población (ENCAT)

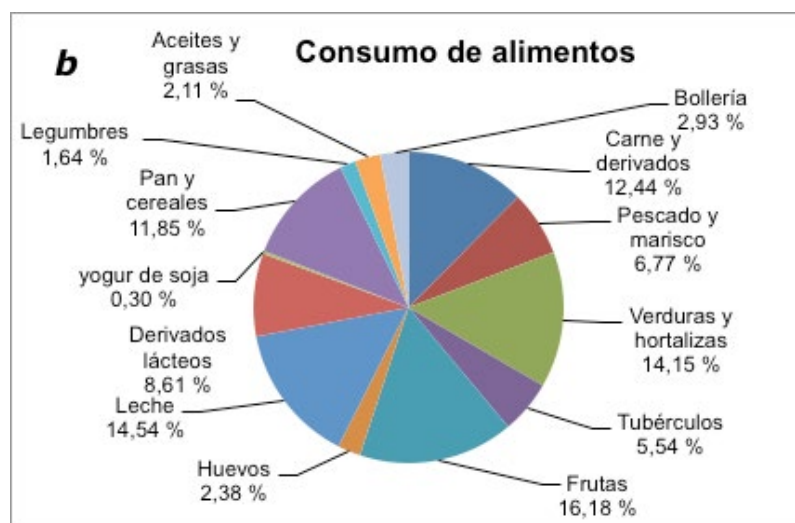
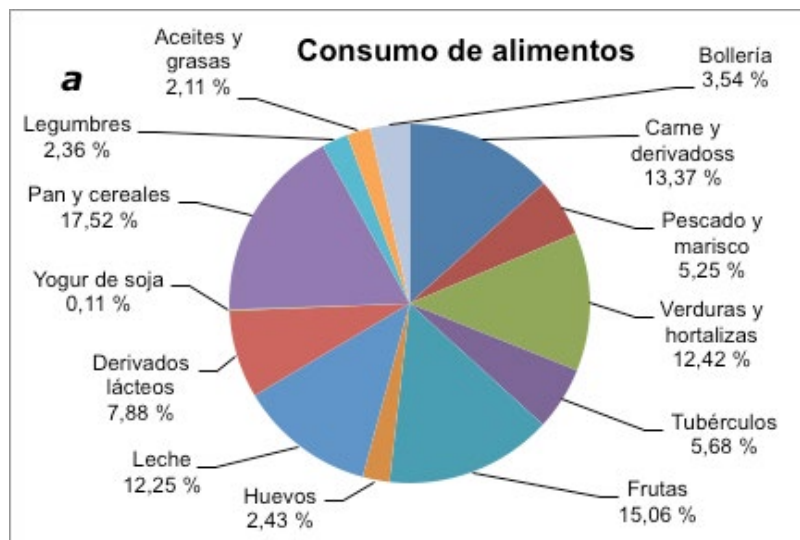
| ALIMENTOS | Hombres | | | Mujeres | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 10-19 | 20-65 | 65-80 | 10-19 | 20-65 | 65-80 |
| Total carne y derivados | 188,9 | 171,9 | 109,1 | 143,2 | 122,4 | 102,8 |
| Total pescado y marisco | 45,0 | 67,5 | 73,3 | 45,4 | 65,0 | 55,6 |
| Total verduras y hortalizas | 91,0 | 159,7 | 176,2 | 99,6 | 182,4 | 162,5 |
| Total tubérculos | 81,1 | 73,1 | 63,8 | 71,8 | 52,8 | 57,7 |
| Total frutas | 110,8 | 193,6 | 327,5 | 119,5 | 204,3 | 269,8 |
| Total huevos | 25,8 | 31,3 | 23,5 | 22,7 | 23,2 | 20,2 |
| Total leche | 246,6 | 157,5 | 192,7 | 209,9 | 198,1 | 210,1 |
| Total derivados lácteos | 110,0 | 101,3 | 71,8 | 99,8 | 97,8 | 77,2 |
| Total yogur de soja | 0,0 | 1,4 | 0,0 | 0,0 | 0,5 | 0,0 |
| Total pan y cereales | 269,5 | 225,3 | 192,7 | 207,7 | 156,8 | 132,6 |
| Total legumbres | 31,4 | 30,4 | 34,0 | 20,1 | 25,7 | 28,9 |
| Total aceites y grasas | 24,0 | 27,2 | 26,6 | 21,3 | 24,6 | 23,7 |
| Total bollería | 81,7 | 45,5 | 22,6 | 61,0 | 41,2 | 26,0 |
| Total considerado | 1.306 | 1.285 | 1.314 | 1.122 | 1.195 | 1.167 |
| Total analizado | 1.167 | 1.076 | 1.093 | 971 | 966 | 904 |

En g/día

Tabla 5. Consumo de alimentos considerados para un hombre adulto (ENIDE)

| Grupo de alimentos | Hombre 20-65 años |
|--------------------|-------------------|
| Carnes | 163,8 |
| Verduras | 34,33 |
| Tubérculos | 60,20 |
| Fruta | 70,84 |
| Huevos | 196,6 |
| Leche | 22,98 |
| Derivados lácteos | 364,8 |
| Yogur de soja | 108,6 |
| Cereales | 155,9 |
| Legumbres | 22,29 |
| Grasas | 31,14 |
| Bollería | 48,25 |
| Total considerado | 1.317 |
| Total analizado | 905 |

En g/día

Figura 1. Distribución porcentual de la ingesta diaria de alimentos en un hombre adulto (^aENCAT y ^bENIDE)

De manera análoga a la campaña anterior, en todos los grupos de edad y de manera no homogénea, existe un grupo de alimentos presentes tanto en la encuesta ENCAT como en ENIDE, que quedan fuera de nuestro estudio y al cual denominamos "Otros". Por ejemplo, dentro del grupo de carne serían: panceta y costilla de cerdo crudas, ventresca de cerdo a la parrilla, pies de cerdo a la plancha, pato entero asado, pichón sin piel asado, pechuga de pavo, gallina hervida, codorniz entera, conejo crudo o estofado. Para valorar este tipo de datos se ha calculado el porcentaje de representatividad de nuestra selección tomando como 100% los datos totales para cada grupo de alimentos. Estos datos se muestran en las tablas 6 y 7.

Tabla 6. Representatividad de la selección de alimentos analizados, expresada en porcentaje sobre el total del grupo (ENCAT)

| Alimentos | Hombres | | | Mujeres | | |
|-------------------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|
| | 10-19 | 20-65 | 65-80 | 10-19 | 20-65 | 65-80 |
| Carne y derivados | 93 | 87 | 87 | 91 | 88 | 83 |
| Pescado y marisco | 85 | 78 | 76 | 88 | 78 | 70 |
| Vegetales | 90 | 81 | 79 | 86 | 80 | 70 |
| Tubérculos | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Frutos | 87 | 83 | 89 | 80 | 77 | 81 |
| Huevos | 98 | 99 | 97 | 99 | 99 | 100 |
| Leche | 98 | 81 | 63 | 88 | 74 | 59 |
| Derivados lácteos | 62 | 60 | 73 | 74 | 67 | 78 |
| Yogur de soja | 98 | 98 | 98 | 97 | 96 | 97 |
| Cereales | 100 | 94 | 89 | 100 | 95 | 91 |
| Legumbres | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Aceites y grasas | 49 | 31 | 23 | 41 | 33 | 28 |

Tabla 7. Representatividad de la selección de alimentos analizados, expresada en porcentaje sobre el total del grupo de hombres adultos (ENIDE)

| Alimentos | Hombres 20-65 años |
|-------------------|--------------------|
| Carne y derivados | 61 |
| Pescado y marisco | 67 |
| Vegetales | 74 |
| Tubérculos | 91 |
| Frutas | 69 |
| Huevos | 97 |
| Leche | 76 |
| Derivados lácteos | 45 |
| Yogur de soja | 100 |
| Cereales | 75 |
| Legumbres | 96 |
| Aceites y grasas | 78 |
| Bollería | 59 |

Algunos datos del yogur de soja aparecen en blanco. Esto se debe, básicamente, a que en el estudio ENCAT 2002-2003 había grupos de población que todavía no consumían este tipo de productos.

3.8 Estimación de la ingesta diaria de un contaminante

La ingesta de un contaminante a través del consumo de alimentos se puede calcular multiplicando la concentración del contaminante en cada alimento individual por la cantidad diaria ingerida de dicho alimento, y sumando todos los productos obtenidos.

Ingesta diaria = Σ (concentración del contaminante \times cantidad de alimento ingerido)

O bien, expresado por unidad de peso corporal:

Ingesta diaria = Σ (concentración del contaminante \times cantidad de alimento) / peso corporal

Hay que tener en cuenta estas aproximaciones para evaluar la ingesta diaria y comparar los cuatro estudios, así como respecto a valores correspondientes a otros países o regiones.

3.9 Estimación de resultados inferiores al límite de detección

En el tratamiento de resultados, en aquellos casos en los que un determinado elemento presentaba una concentración por debajo del límite de detección (LOD), se ha asumido que la concentración era la mitad del LOD (ND = $\frac{1}{2}$ LOD), siguiendo las recomendaciones de la OMS (*medium-bound*). Aun así, en el caso concreto de las especiaciones, tanto de arsénico inorgánico como de metilmercurio, se ha calculado la ingesta diaria en tres posibles escenarios: *lower-bound*, *medium-bound* y *upper-bound*, donde los valores no detectados se consideraron como cero, $\frac{1}{2}$ LOD o LOD, respectivamente.

3.10 Evaluación del riesgo

3.10.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos

A fin de evaluar la seguridad de la ingesta de cada contaminante, se estudiarán los valores obtenidos por el cálculo determinista, es decir, sin tener en cuenta la variabilidad de las magnitudes consideradas, respecto a los niveles de seguridad establecidos o recomendados, en caso de que existan.

3.10.2 Evaluación probabilística de la exposición

Además de la evaluación determinística de la ingesta dietética para cada uno de los elementos analizados, se ha llevado a cabo una evaluación probabilística de la exposición alimentaria de la población a los diferentes contaminantes, utilizando los datos de consumo del estudio ENIDE. Se ha aplicado una aproximación metodológica de tipo Montecarlo para obtener una estimación fiable de la variabilidad de la exposición utilizando el software MCRA 7.0 (de Boer y van der Voet, 2011).

La evaluación de la exposición de la población a los contaminantes de la dieta requiere fundamentalmente dos tipos de datos, además del peso corporal: a) concentraciones de los contaminantes en la mayor variedad posible de alimentos, y b) consumo diario de estos alimentos por parte de la población. Ambos grupos de datos están afectados por la variabilidad inherente de estas magnitudes y por la incertidumbre derivada de nuestro conocimiento limitado. Estas variabilidades e incertidumbres de los datos de origen implican variabilidad e incertidumbre en la estimación de la exposición diaria media de la población (figura 2).

Los datos de consumo de alimentos se obtienen mediante encuestas de hábitos alimentarios, utilizando diferentes tipos de cuestionarios. Los dos tipos de aproximaciones más frecuentes y que han sido aplicadas en este trabajo son: a) el cuestionario de recordatorio a corto plazo (24 horas) y b) el cuestionario de frecuencia y cantidad de consumo. El primero suele ser más exacto y más detallado pero no aporta una idea de la variabilidad poblacional. El segundo presenta un mayor error -solo permite obtener datos por "grupos de alimentos"-, aunque permite obtener directamente una aproximación a la variabilidad poblacional. Por este motivo, los datos obtenidos con cuestionarios de frecuencia se pueden aplicar casi directamente en los estudios probabilísticos. La curva de distribución de la probabilidad de consumo se obtiene simplemente ajustando los datos de consumo a una distribución de probabilidad paramétrica o bien simulando la distribución con métodos no paramétricos.

Cuando se parte de los datos de un cuestionario de recordatorio de 24 horas es imprescindible hacer algunos tratamientos estadísticos previos (de Boer et al., 2009; van der Voet y Slob, 2007). La fiabilidad de estos tratamientos aumenta con el número de repeticiones de la encuesta a un mismo individuo, lo que permite separar la variabilidad individual y la interindividual. En este estudio se han utilizado los resultados de la encuesta de recordatorio de 24 horas del estudio ENIDE, ya que los datos de la encuesta de frecuencia no se han hecho públicos y los autores los consideran de validez limitada. Las encuestas de 24 horas se hicieron por triplicado, y permiten una aproximación aceptable de la realidad. Los detalles de la metodología aplicada en el programa MCRA se pueden consultar en de Boer y van der Voet (2011).

La ingesta diaria asociada a cada uno de los $N \times 3$ individuos-día se calcula como:
Ingesta diaria = Σ (concentración en el alimento \times consumo diario del alimento) / peso corporal.

Y el sumatorio se extiende a todos los alimentos considerados en la encuesta de los que se dispone de datos analíticos específicos o extrapolados a partir de los obtenidos en alimentos "similares".

A partir de aquí, el programa MCRA permite varias opciones para "separar" y "ajustar" la distribución de probabilidad en dos términos asociados a la variabilidad interindividual y la variabilidad individual. Por defecto, se ha aplicado la opción BBN, específicamente desarrollada por los autores del programa (de Boer et al., 2009). En todos los casos, los resultados se han comparado con los obtenidos con el modelo ISUF (semiparamétrico), también implementado en el programa MCRA. Los resultados obtenidos con ambos métodos han sido muy similares.

Como resultado, el programa calcula la distribución de la exposición diaria ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso corporal [PC]/día) al contaminante, en forma de una selección de percentiles (tabla 8):

Tabla 8. Resultado del programa de exposición

| Percentil | Exposición $\mu\text{g X}/\text{kg de PC}/\text{día}$ |
|-----------|--|
| p50 | 0,214 |
| p90 | 0,276 |
| p95 | 0,296 |
| p99 | 0,335 |

Estos resultados se interpretan, por ejemplo, como que el 50% de la población está expuesta a una dosis diaria inferior a $0,214 \mu\text{g}/\text{kg}$ de PC/día, o que un 1% de la población (100-p99) está expuesta a dosis diarias superiores a los $0,335 \mu\text{g}/\text{kg}$ de PC/día.

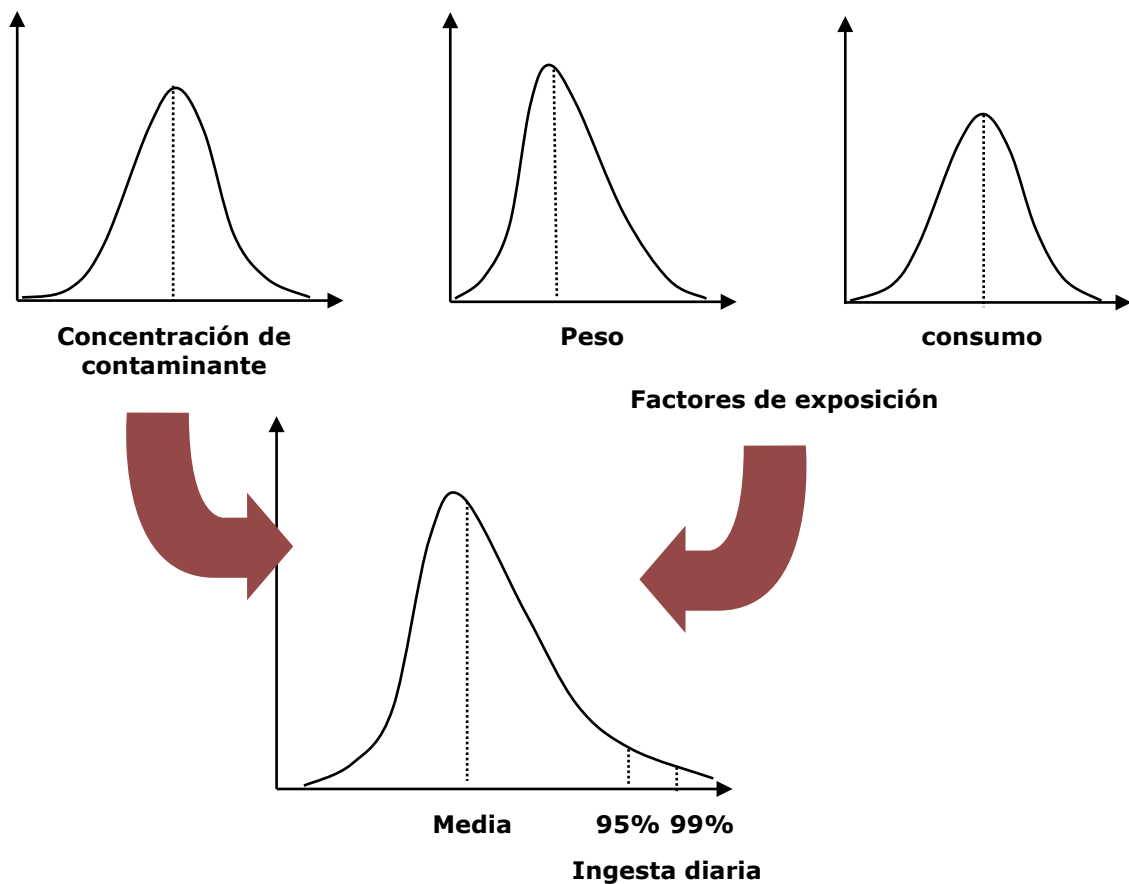


Figura 2. La estimación probabilística de la ingesta permite obtener datos de la variabilidad poblacional de dicha ingesta; además de la exposición media, podemos conocer el porcentaje de población que está por encima de un determinado nivel de ingesta diaria.

3.10.3 Estimación de la incertidumbre

Cualquier evaluación de la exposición alimentaria presenta incertidumbres de múltiples fuentes y tipos. La EFSA recomienda una estimación gradual (tiered) de las incertidumbres (EFSA, 2006). En primer lugar, deben identificarse las principales carencias de conocimiento que pueden ser causa de incertidumbre y hacer una estimación cualitativa de cómo pueden afectar a los resultados (magnitud y dirección) de la estimación de la exposición (tier 1). Posteriormente, se lleva a cabo una evaluación determinística del impacto individual de las principales fuentes/tipos de incertidumbre en la evaluación de la exposición (análisis de sensibilidad; tier 2). Finalmente, realiza una evaluación probabilística de la incertidumbre global, considerando todos los factores para los que se ha demostrado una mayor sensibilidad (tier 3). En la tabla 9 se muestra un cuadro resumen de las principales incertidumbres al nivel de tier 1, algunas de las cuales no han sido consideradas en este análisis (ambigüedades o imprecisiones) en la definición de objetivos, escenarios y modelos o los múltiples errores posibles durante la realización del estudio.

Tabla 9. Fuentes y tipos de incertidumbre. Se muestra el efecto esperado sobre la estimación de la media y de la variabilidad poblacional

| Fuente de incertidumbre | Tipos de incertidumbre | Comentarios | Efecto | Efecto |
|---|---|---------------------------------|--------|--------|
| Objetivos de la evaluación de exposición | Ambigüedad, imprecisión | NC | | |
| | Ambigüedad, imprecisión | NC | | |
| Escenario de exposición | Extrapolación | Cambios de hábitos alimentarios | +/- | -- |
| | Factores excluidos | Alimentos no considerados | +/- | +/- |
| | | Efectos del tipo de cocción | ++/-- | - |
| | | Variabilidad geográfica | +/- | -- |
| Modelo de exposición | Ambigüedad, imprecisión | NC | | |
| | Estructura del modelo | Aproximaciones 1 a 5 | +/- | +/- |
| | Extrapolación | NC | | |
| | Factores excluidos | Biodisponibilidad | | |
| Inputs del modelo | | | ++ | - |
| Peso corporal | | | +/- | - |
| Consumo de alimentos | Precisión, errores encuestas | Ver texto | +++/- | ++/-- |
| Concentraciones | Precisión, límites de detección, muestreo, etc. | Ver texto | ++/-- | |
| Composición grupos alimentos | Precisión, errores encuestas, extrapolación | Ver texto | +++/- | --- |

Con el uso del programa MCRA, es posible obtener una aproximación probabilística considerando las incertidumbres en los datos de consumo y en los datos de concentración. El método empleado consiste en "remuestreos" de estos dos tipos de datos mediante una técnica de bootstrapping. El resultado se muestra en la tabla 10.

Tabla 10. Aproximación probabilística con MCRA

| Percentil | Exposición | | Grado de incertidumbre | | |
|-----------|------------------------------|-------|------------------------|-------|-------|
| | $\mu\text{g X/kg de PC/día}$ | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 |
| p50 | 0,214 | 0,180 | 0,196 | 0,224 | 0,268 |
| p75 | 0,250 | 0,200 | 0,220 | 0,255 | 0,305 |
| p90 | 0,276 | 0,222 | 0,250 | 0,289 | 0,346 |
| p95 | 0,296 | 0,234 | 0,266 | 0,314 | 0,387 |
| p99 | 0,335 | 0,256 | 0,294 | 0,369 | 0,469 |

En este caso, se puede interpretar que, por ejemplo, un 10% de la población está expuesta a dosis diarias superiores a $0,276 \mu\text{g X/kg}$ de PC/día, si bien debido a las incertidumbres asociadas a los datos de consumo y los datos de concentración, este valor podría oscilar entre $0,222$ y $0,346$ (IC del 95%).

Si suponemos que la dosis de referencia (por ejemplo, la ingesta diaria aceptable, IDA) de la sustancia X es de $0,3 \mu\text{g X/kg}$ de PC/día, los resultados de la tabla indican que aproximadamente un 5% de la población está expuesta a dosis diarias superiores al valor de referencia, aunque debido a las incertidumbres esta fracción de población que supera la exposición aceptable puede ser de hasta un 25%, aproximadamente, en el peor de los casos.

Una incertidumbre adicional que se considerará de manera independiente es la asociada al tratamiento de los no detectados. En este caso, se han llevado a cabo evaluaciones probabilísticas independientes teniendo en cuenta las dos situaciones extremas: lower-bound (ND = 0) y upper-bound (ND = LOD).

3.11 Evolución temporal

Se llevó a cabo un estudio temporal específico de la exposición dietética de los metales estudiados, en el que se evaluó la tendencia observada en los cuatro períodos de tiempo. Cabe destacar que los datos del estudio del año 2000 son difíciles de comparar con los de los tres últimos por varios motivos, como son la variación en los datos de consumo alimentario empleados entre el primer y los siguientes estudios o bien la incorporación de alimentos adicionales a los grupos en los que era necesario mejorar la representatividad.

4 Arsénico

El arsénico es un metaloide muy abundante en la corteza terrestre, con una media de 2 mg/kg, se encuentra muy presente en determinadas zonas deltaicas. Su presencia en el ambiente puede aumentar a partir de emisiones industriales para producir energía con combustibles fósiles o para fabricar productos químicos. Está presente en distintas formas químicas, orgánicas e inorgánicas, y en todos sus estados de valencia [(-3), (0), (+3) y (+5)], si bien la más abundante en los organismos y los alimentos es la forma pentavalente, puesto que es la más estable en condiciones ambientales normales. La forma química del arsénico determina su comportamiento en el medio ambiente, la biodisponibilidad y la toxicidad. La forma más tóxica es la trivalente, con una gran reactividad con el grupo sulfúrico presente en las proteínas, generando oxígeno libre dentro de las células (EFSA¹, 2009).

Las formas inorgánicas solubles, pentavalentes y trivalentes, se absorben entre un 70% y un 90% por vía intestinal. Este metal se distribuye ampliamente por casi todos los órganos y atraviesa la barrera placentaria. Los mamíferos transforman el arsénico inorgánico pentavalente en trivalente y posteriormente lo excretan principalmente en forma orgánica por metilación (EFSA, 2009). Por el contrario, las formas orgánicas, que se absorben en un 75-85% por vía oral, tienen un metabolismo intracelular limitado, a excepción de los arsenoazúcares, y se excretan por la orina mayoritariamente sin transformar (FDA², 2013).

La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) ha evaluado en varias ocasiones los efectos del arsénico inorgánico. En la última evaluación de 2012, la IARC³ llegó a la conclusión que había datos suficientes en humanos para determinar que el arsénico elemental y los compuestos de arsénico inorgánico provocan cáncer de vejiga urinaria, piel y pulmón y, además, que hay una clara asociación con el cáncer de próstata, riñón e hígado. El arsénico elemental y todos los compuestos de arsénico inorgánico están clasificados en el grupo 1 como cancerígenos para los humanos. Los efectos cancerígenos son indirectos, a través de la formación de compuestos de oxígeno muy reactivos que atacan el ADN y de sinergias con otros compuestos mutágenos.

De acuerdo con los datos relativos al cáncer de pulmón, piel y vejiga urinaria en humanos, en el 2009 la EFSA propuso utilizar como referencia el límite más bajo del percentil 95% de la dosis experimental que se asocia a un 1% de incidencia o riesgo adicional (BMDL01) y que se establece en un intervalo de 0,3 a 8,0 µg/kg de PC/día.

¹ Scientific Opinion on Arsenic in Food. EFSA, 2009.

² A quantitative assessment of inorganic arsenic in apple juice. Food and Drug Administration Draft report 1, July 2013.

³ Arsenic and arsenic compounds. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 100c, 2012.

Tabla 4.1. Resumen de los puntos de referencia potenciales para el arsénico inorgánico (EFSA, 2009)

| Punto final | Población | Punto de referencia ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de PC/día) |
|---------------------|---------------------------|---|
| Lesiones dérmicas | Bangladesh (2006) | BMDL ₀₁ : 2,2-5,7 |
| Lesiones dérmicas | Mongolia (2009) | BMDL ₀₁ : 0,93-3,7 |
| Cáncer de pulmón | Chile (2000) | BMDL ₀₁ : 0,34-0,69 |
| Cáncer de la vejiga | Noroeste de Taiwan (2001) | BMDL ₀₁ : 3,2-7,5 |

Fuente: AFSCA⁴

En el 2010, el Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios y Contaminantes (JECFA) estableció una BMDL_{0,5} de 3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de PC/día (con un intervalo de entre 2 y 7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de PC/día).

Además de cáncer, la exposición crónica a una ingesta de arsénico inorgánico igual o superior a 0,02 mg/kg de PC/día causa lesiones cutáneas, neurotoxicidad, enfermedades cardiovasculares, enfermedades del sistema respiratorio, impactos negativos sobre el desarrollo del feto y los niños, alteración del metabolismo de la glucosa y diabetes (FDA, 2013; EFSA, 2009).

En los alimentos es posible encontrar formas inorgánicas y orgánicas. Los datos de especiación en alimentos son escasos y poco representativos. Así pues, la proporción de arsénico inorgánico varía entre el 50 y el 100% en los diferentes alimentos de los productos procedentes de la pesca y se asume una proporción mediana del 70%. Para los productos de la pesca esta proporción es muy pequeña y tiende a disminuir cuando el arsénico total aumenta. Asimismo, puede variar en función del tipo de producto. Para estos alimentos se ha fijado una cantidad de arsénico inorgánico de 0,03 mg/kg de pescado, equivalente a un 2% de la concentración de arsénico total detectada, y de 0,1 mg/kg en otros productos de la pesca, equivalente a un 3,5% de la concentración detectada (EFSA, 2009).

Las formas orgánicas se consideran menos tóxicas que las inorgánicas. En estudios de exposición oral al dimetilarseniato (DMA+5) en animales de experimentación se han demostrado efectos nocivos sobre la vejiga urinaria, los riñones, la tiroides y sobre el desarrollo fetal (EFSA, 2009). La IARC (2012) considera que hay indicios suficientes de carcinogenicidad del DMA+5 y el DMA+3 en animales de experimentación. Se desconoce la toxicidad de estos compuestos para los humanos, ya que no se han llevado a cabo estudios de exposición oral crónica en personas (FDA, 2013).

⁴ Avis 01-2013 Risques des substances carcinogènes et/ou génotoxiques dans les denrées alimentaires : Contaminants environnementaux (dossier Sci Com 2011/04 : auto-saisine). Comité Scientifique de l'Agence Fédérale pour la Sécurité de la Chaîne Alimentaire (Belgique). Annexe 1 : Fiche 1.1 Arsenic.

En los pescados marinos, las formas orgánicas predominantes son la arsenobetaina y, en los pescados azules, además, los arsenolípidos. En las algas marinas y los moluscos filtradores las formas predominantes son los arsenoazúcares. Parece que estos compuestos, salvo la arsenobetaina, tienen alguna actividad tóxica, dado que el cuerpo humano los transforma en DMA, produciendo compuestos arsénicos intermedios solubles que podrían tener una toxicidad similar a los producidos durante la transformación del arsénico inorgánico. No se ha establecido una ingesta diaria admisible de las formas orgánicas porque no hay suficientes datos de biodisponibilidad, cinética, metabolismo y toxicidad (Sele V⁵, 2012; EFSA, 2009).

Los efectos tóxicos de la exposición al arsénico están documentados principalmente a partir de efectos observados en adultos. Sin embargo, muchos estudios epidemiológicos sobre los efectos cancerígenos del arsénico en adultos indican que el riesgo de cáncer de pulmón y de hígado en adultos aumenta debido a una exposición durante el embarazo y la infancia (IARC, 2012). En concreto, en un estudio de cohortes ecológico de una población de Chile que estuvo expuesta a concentraciones elevadas de arsénico durante 12 años, se mostraron niveles elevados de cáncer de pulmón y de las vías urinarias que alcanzaron su máximo 25 años después de eliminar la exposición (FDA, 2013).

Parece que el arroz es el alimento que acumula arsénico con mayor eficiencia. Se han detectado concentraciones de hasta 160 µg/kg de arsénico inorgánico en arroces de zonas de cultivo que utilizaban agua subterránea que no estaba contaminada con arsénico. Algunos estudios indican que el arsénico inorgánico es el compuesto predominante en el arroz, con cantidades que oscilan entre el 40 y el 100% del total de arsénico, independientemente de la variedad y zona geográfica (NFAS⁶, 2013). La FDA⁷ está evaluando el riesgo del contenido de arsénico en el arroz y los productos derivados del mercado estadounidense para establecer contenidos máximos, si se tercia, tal como ha hecho en el caso del zumo de manzana (10 µg/kg). Un estudio preliminar de 200 muestras indica que el arroz acumula principalmente arsénico inorgánico, pero en ocasiones también acumula grandes cantidades de arsénico orgánico, en particular DMA⁸. La evaluación final está prevista para el 2014.

Las verduras y hortalizas también acumulan este metal, especialmente si se cultivan con agua rica en arsénico. El contenido de arsénico inorgánico sobre el total puede variar entre un 30 y un 100% en el caso de las raíces y entre un 70 y un 100% en las hojas (NFAS, 2013).

⁵ Arsenolipids in marine oils and fats: a review of occurrence, chemistry and future research needs. Veronika Sele et al. Food Chemistry. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.02.004.

⁶ Contaminants and minerals in foods for infants and young children. Part 2: Risk and benefit assessment. National Food Agency of Sweden, 2013.

⁷ Arsenic on food. Food and Drug Administration, 2013.

⁸ Arsenic in rice. Full analytical results from rice/rice product sampling-September 2012. FDA.

Los grupos de población más expuestos al arsénico son los grandes consumidores de arroz y productos derivados del arroz (bebida de arroz, alimentos infantiles, productos dietéticos), especialmente los vegetarianos, la población de origen asiático, la población celíaca o alérgica a la leche y la población infantil, esta última debido a la elevada proporción entre consumo de alimentos y peso corporal. Para estos grupos se recomienda una dieta variada en la que el arroz o sus derivados no sea un alimento predominante (AFSCA, 2013; NFAS, 2013; SSA, 2013) .

La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) evaluó la exposición dietética al arsénico inorgánico en la población europea en 2014. El estudio ha recopilado 103.773 muestras, de las cuales solo 2.753 eran de arsénico inorgánico. De las muestras de arsénico total un 66% dio un resultado por debajo del límite de detección o cuantificación, y de las muestras de arsénico inorgánico, un 42% dio un resultado por debajo del límite de detección de 2ppm. El pan y los productos derivados de los cereales (salvo los de arroz) son los principales alimentos que contribuyen a la exposición de la población europea entre los 4 y los 75 años. Otro alimento aportador es el arroz, el cual es el producto vegetal con las concentraciones medias más altas (hasta 153 µg/kg en arroz integral). La leche y derivados y el agua son otros alimentos aportadores, más por su elevado consumo que por las concentraciones medias detectadas, que son en general próximas al límite de detección.

4.1 Resultats

Les concentracions detectades en els aliments analitzats es presenten a la taula 2, mentre que les específiques de cada espècie de peix i marisc es detallen a la taula 3. S'han detectat quantitats significatives de As total en els grups de peix i marisc, en el de pa i cereals i en el de brioixeria. La concentració més elevada s'ha trobat al moll, amb 8,67 µg/g de pes fresc. També en presenten nivells destacats el llenguado (6,31 µg/g de pes fresc), la gamba (4,69 µg/g de pes fresc) i el seitó (4,57 µg/g de pes fresc). Al grup de pa i cereals, la concentració més elevada ha estat de 0,18 µg/g, corresponent a l'arròs; i en el grup de brioixeria, el màxim correspon als cereals de l'esmorzar, amb un valor de 0,031 µg/g.

Respecte a l'arsènic inorgànic, cal destacar els valors obtinguts en els mateixos grups: peix i marisc, brioixeria i pa, i cereals. La cloïssa i el musclo són les espècies de peix i marisc amb valors més elevats (0,063 i 0,04 µg/g, respectivament; taula 3). En la brioixeria, la màxima concentració s'ha observat en els cereals de l'esmorzar (0,028 µg/g), mentre que en el grup de pa i cereals, el màxim ha correspost a la pasta alimentària (0,011 µg/g). Cal destacar que la concentració de les mostres d'arròs d'aquest estudi és inferior al límit de detecció de 0,002 µg/g (2ppm).

⁹ Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population. EFSA, 2014.

No se ha detectado arsénico total ni inorgánico en los siguientes grupos de alimentos: tubérculos, huevos, leche, derivados lácticos, yogur de soja, y aceites y grasas. En el caso de la carne y derivados, todas las muestras han presentado valores de As total por debajo del límite de detección, a excepción del chorizo.

Además, nuestros resultados indican que el porcentaje de As inorgánico respecto al As total en los grupos de alimentos diferentes de los productos de la pesca se encuentra en el intervalo del 50-100% estimado por la EFSA, salvo el grupo de pan y cereales (15%). Si del grupo de pan y cereales eliminásemos el arroz, el porcentaje sería del 68,57% (Tabla 2).

Tabla 2. Concentración de arsénico total y inorgánico en los alimentos. Media de valores

| | As total | As inorgánico | % As inorgánico |
|-----------------------|----------|---------------|-----------------|
| Carne y derivados | 0,001 | < 0,002 | — |
| Pescado y marisco | 3,235 | 0,017 | 0,5 |
| Verduras y hortalizas | 0,002 | 0,002 | 98 |
| Tubérculos | < 0,002 | < 0,002 | — |
| Frutas | 0,002 | 0,001 | 50 |
| Huevos | < 0,002 | < 0,002 | — |
| Leche | < 0,002 | < 0,002 | — |
| Derivados lácteos | < 0,002 | < 0,002 | — |
| *Yogur de soja | < 0,002 | < 0,002 | — |
| Pan y cereales | 0,045 | 0,007 | 15 |
| Legumbres | 0,003 | 0,002 | 66 |
| Aceites y grasas | < 0,002 | < 0,002 | — |
| Bollería | 0,013 | 0,011 | 87 |

En µg/g de peso fresco.

* Yogur de soja calculado por separado porque no se considera un lácteo.

Para el grupo de pescado y marisco los valores obtenidos de As inorgánico son bastante inferiores a los valores máximos fijados por la EFSA de 0,03mg/kg para el pescado y 0,1mg/kg para el marisco, utilizados en los estudios de dieta total anteriores para inferir la concentración de As inorgánico a partir de la de As total, excepto la sardina y la caballa (Tabla 3). Cabe destacar que la concentración de As inorgánico en lenguado, sepia y calamar es inferior al límite de detección.

Tabla 3. Concentración de arsénico total e inorgánico en el grupo de pescado y marisco estudiado. Media de valores

| Pescado y marisco | As total | As inorgánico | % As inorgánico |
|---------------------|----------|---------------|-----------------|
| Sardina | 3,806 | 0,039 | 1,02 |
| Sardina en conserva | 2,308 | 0,020 | 0,86 |
| Atún | 0,944 | 0,004 | 0,46 |
| Atún en conserva | 0,578 | 0,005 | 0,86 |
| Boquerón | 4,567 | 0,010 | 0,22 |
| Caballa | 1,631 | 0,032 | 1,99 |
| Emperador | 2,187 | 0,009 | 0,42 |
| Salmón | 0,442 | 0,003 | 0,73 |
| Merluza | 2,846 | 0,003 | 0,10 |
| Salmonete | 8,665 | 0,012 | 0,14 |
| Lenguado | 6,310 | < 0,002 | — |
| Sepia | 4,660 | < 0,002 | — |
| Calamar | 1,985 | < 0,002 | — |
| Almeja | 3,645 | 0,063 | 1,74 |
| Mejillón | 2,511 | 0,048 | 1,89 |
| Gamba | 4,685 | 0,020 | 0,42 |

En $\mu\text{g/g}$ de peso fresco.

Los valores de la tabla 13 son similares a los que ha obtenido la EFSA en su evaluación de 2014.

4.2 Contribución de los alimentos a la ingesta de arsénico

La ingesta diaria de arsénico total por parte de un hombre adulto se ha estimado en 216,7 $\mu\text{g/día}$ y 259 $\mu\text{g/día}$ (tablas 4 y 5), siendo el pescado y el marisco los principales contribuyentes (95%), seguidos del pan y los cereales (5%). La contribución del resto de alimentos es minoritaria.

La ingesta de As inorgánico se ha estimado en 2,56, 3,48 y 4,42 $\mu\text{g/día}$ (lower-, medium- y upper-bound, respectivamente). En el escenario de trabajo intermedio (medium-bound), un 47,5% de la ingesta de As inorgánico proviene del grupo de pan y cereales, y un 16% del pescado y el marisco, según el estudio ENCAT; y un 29,86% del pescado y el marisco y un 32,99% del pan y los cereales, según el estudio ENIDE (figura 1). Por lo que respecta a la aportación del pan y los cereales, la contribución más destacable es la del pan blanco (0,80 $\mu\text{g/día}$), seguido de la pasta alimentaria (0,71 $\mu\text{g/día}$). En el caso del pescado, la aportación más importante se debe a la sardina, la gamba y el mejillón (0,11, 0,07 y 0,05 $\mu\text{g/día}$, respectivamente). Por otra parte, las especies con menor contribución son el emperador (0,001 $\mu\text{g/día}$) y el calamar (0,003 $\mu\text{g/día}$). Si consideramos los datos de consumo del estudio ENIDE, la ingesta de As inorgánico se ha estimado en 2,45, 3,46 y 4,49 $\mu\text{g/día}$ (lower-, medium- y upper-bound, respectivamente).

En las tablas 4 y 5 se presenta un resumen de la ingesta por grupos de alimentos.

Tabla 4. Ingesta diaria estimada de arsénico total y arsénico inorgánico en un hombre adulto, por grupos de alimentos (ENCAT)

| Alimentos | Consumo de alimento g/día | Ingesta de As total* µg/día | Ingesta de As inorgánico (LB) µg/día | Ingesta de As inorgánico (MB) µg/día | Ingesta de As inorgánico (UB) µg/día |
|------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Carnes y derivados | 171,9 | 0,21 | 0,00 | 0,17 | 0,34 |
| Pescado y marisco | 67,5 | 205,5 | 0,56 | 0,56 | 0,58 |
| Verduras y hortalizas | 159,7 | 0,21 | 0,06 | 0,21 | 0,35 |
| Tubérculos | 73,1 | 0,07 | 0,00 | 0,07 | 0,15 |
| Frutas | 193,6 | 0,21 | 0,02 | 0,21 | 0,40 |
| Huevos | 31,3 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,06 |
| Leche | 157,5 | 0,16 | 0,00 | 0,16 | 0,31 |
| Derivados lácteos | 101,3 | 0,10 | 0,00 | 0,10 | 0,20 |
| Yogur de soja | 1,4 | 0,001 | 0,00 | 0,001 | 0,003 |
| Pan y cereales | 225,3 | 9,90 | 1,65 | 1,65 | 1,65 |
| Legumbres | 30,4 | 0,08 | 0,03 | 0,05 | 0,07 |
| Aceites y grasas | 27,2 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,05 |
| Bollería | 45,5 | 0,30 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| TOTAL alimentos | 1.285 | 216,8 | 2,56 | 3,48 | 4,42 |

*Medium-bound (suponiendo que la concentración de los no detectados es la mitad del límite de detección).

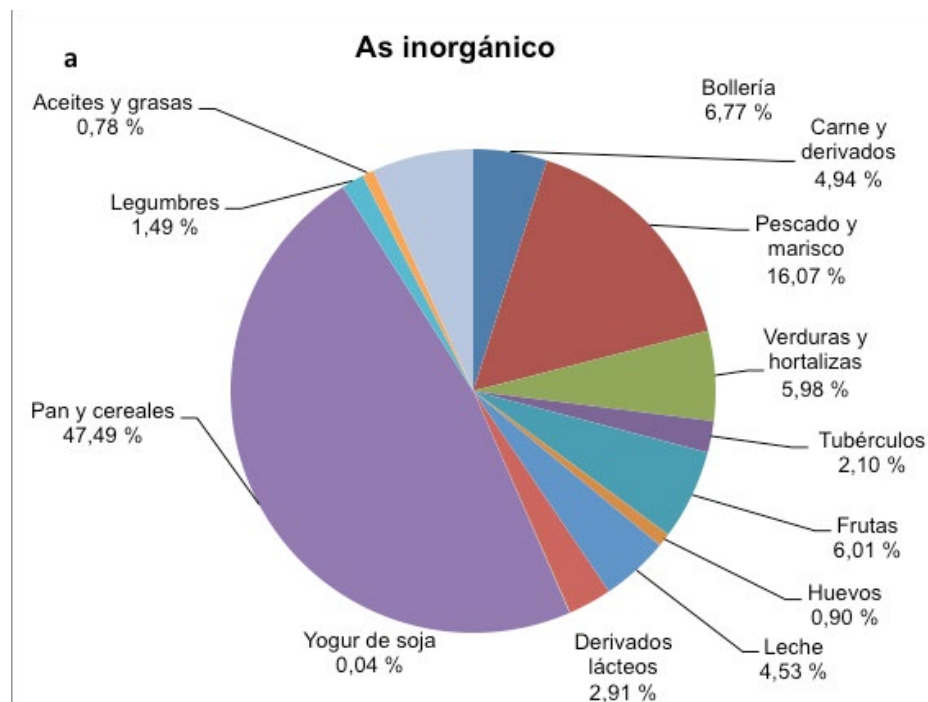


Figura 1. Contribución del tipo de alimento a la ingesta diaria de arsénico inorgánico para un hombre adulto. _aENCAT y _bENIDE

Tabla 5. Ingesta diaria estimada de arsénico total y arsénico inorgánico en un hombre adulto, por grupos de alimentos (ENIDE)

| Alimentos | Consumo de alimento g/día | Ingesta de As total* µg/día | Ingesta de As inorgánico (LB) µg/día | Ingesta de As inorgánico (MB) µg/día | Ingesta de As inorgánico (UB) µg/día |
|------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--|--|--|
| Carnes y derivados | 163,8 | 0,20 | 0,00 | 0,16 | 0,33 |
| Pescado y marisco | 89,2 | 252,4 | 1,03 | 1,03 | 1,06 |
| Verduras y hortalizas | 186,4 | 0,25 | 0,07 | 0,24 | 0,41 |
| Tubérculos | 73,0 | 0,07 | 0,00 | 0,07 | 0,15 |
| Frutas | 213,0 | 0,23 | 0,02 | 0,23 | 0,44 |
| Huevos | 31,4 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,06 |
| Leche | 191,5 | 0,19 | 0,00 | 0,19 | 0,38 |
| Derivados lácteos | 113,4 | 0,11 | 0,00 | 0,11 | 0,23 |
| Yogur de soja | 4,0 | 0,004 | 0,00 | 0,004 | 0,008 |
| Pan y cereales | 156,0 | 5,26 | 1,14 | 1,14 | 1,14 |
| Legumbres | 21,7 | 0,06 | 0,02 | 0,04 | 0,05 |
| Aceites y grasas | 34,9 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,07 |
| Bollería | 38,6 | 0,22 | 0,17 | 0,17 | 0,17 |
| TOTAL alimentos | 1.317 | 259,0 | 2,45 | 3,46 | 4,49 |

*Medium-bound (suponiendo que la concentración de los no detectados es la mitad del límite de detección).

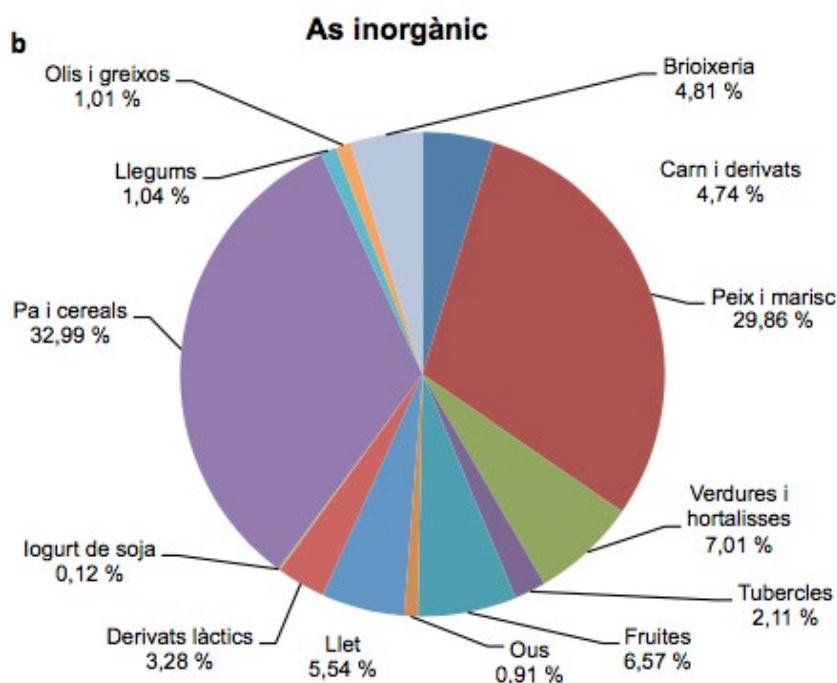


Figura 1. Contribución del tipo de alimento a la ingesta diaria de arsénico inorgánico para un hombre adulto. _aENCAT y _bENIDE

4.3 Ingesta diaria por grupos de población

La tabla 6 muestra la ingesta diaria estimada de arsénico total y arsénico inorgánico para los diferentes grupos de población, según edad y sexo.

Tabla 6. Ingesta diaria estimada de arsénico de los diferentes grupos de población

| Grupo de población | Ingesta de arsénico total* $\mu\mu$ /día | Ingesta de arsénico inorgánico* $\mu\mu$ /día |
|----------------------------|--|---|
| Niños/as | 120,0 | 3,37 |
| Chicos adolescentes | 152,6 | 4,12 |
| Chicas adolescentes | 132,2 | 3,23 |
| Hombres | 216,8 | 3,48 |
| Mujeres | 204,9 | 3,08 |
| Hombres mayores de 65 años | 241,7 | 3,29 |
| Mujeres mayores de 65 años | 191,9 | 2,79 |

* Medium-bound.

El grupo que presenta una ingesta diaria más elevada de arsénico total es el de los hombres mayores de 65 años (241,7 $\mu\mu$ /día), mientras que de arsénico inorgánico los chicos adolescentes (4,12 $\mu\mu$ /día).

4.4 Evaluación del riesgo

4.4.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos

En la figura 2 se presenta la ingesta diaria estimada semanal de arsénico inorgánico por el consumo de los alimentos considerados, en los diferentes grupos de población, expresada en función del peso corporal.

Los valores de ingesta calculados para todos los grupos de población catalana se encuentran en este intervalo, o incluso por debajo (tabla 7). La exposición dietética de los niños y niñas es superior a la de los adultos, ya que durante la infancia consumen una cantidad más gran de alimentos en relación con su peso corporal.

Tabla 7. Ingesta diaria de arsénico inorgánico en relación con el peso corporal

| Grupo de población | Ingesta de arsénico inorgánico ¹ |
|----------------------------|---|
| Niños/niños | 120,0 |
| Chicos adolescentes | 152,6 |
| Chicas adolescentes | 132,2 |
| Hombres | 216,8 |
| Mujeres | 204,9 |
| Hombres mayores de 65 años | 241,7 |
| Mujeres mayores de 65 años | 191,9 |

¹ $\mu\mu$ /peso corporal y día.

Para el As inorgánico, la EFSA propone utilizar como referencia el límite bajo del percentil 95% de la dosis experimental que produce un 1% de efecto (BMDL01) y que se establece en 0,3 µg/kg/día (0,3-8,0 µg/kg/día).

La evaluación del riesgo se ha llevado a cabo siguiendo las recomendaciones de la EFSA para la exposición a este tipo de sustancias que presentan efectos genotóxicos y carcinógenos utilizando el margen de exposición o MOE (*margin of exposure*). El MOE es un cociente del riesgo y se calcula dividiendo la BMDL01 entre la dosis que se quiere evaluar. Per tanto, en una situación concreta es deseable un valor de MOE tan alto como sea posible.

Como se puede comprobar en la tabla 8, si se considera que los efectos se pueden producir en el límite alto de la BMDL01, se puede descartar que haya un riesgo para la población general (MOE > 1). Ocurre lo mismo si se considera que los efectos se pueden producir en el límite bajo de la BMDL01, en cuyo caso se puede descartar la posibilidad de riesgo, ya que los valores de ingesta para todos los grupos no superan el límite bajo de la BMDL01 (MOE > 1).

Tabla 8. Márgenes de exposición (MOE) para el arsénico inorgánico en los diferentes grupos de población

| BMDL ₀₁ µg/kg/día | Hombres | Mujeres | Niños/ niñas | Chicos adolescentes | Chicas adolescentes | Hombres mayores de 65 años | Mjueeres mayores de 65 años |
|---------------------------------|---------|---------|-----------------|------------------------|------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Límite bajo: 0,3 | 6,03 | 5,35 | 2,14 | 4,07 | 4,93 | 5,93 | 6,46 |
| Límite alto: 8 | 160,91 | 142,77 | 57,01 | 108,61 | 131,37 | 158,23 | 172,15 |

Considerando las concentraciones mínimas y máximas detectadas, la EFSA estimó que la exposición media de los ciudadanos europeos al As inorgánico, entre los 4-75 años, se encuentra en un intervalo de entre 0,09 y 0,87 µg/kg/día (percentil 95% de 0,14 y 1,41µg/kg/día). Esta exposición es mayor a la estimada en este estudio para la población catalana, en la que se observa un intervalo de ingesta de As inorgánico de entre 0,05 y 0,14 µg/kg/día.

4.4.2 Evaluación probabilística de la exposición

La tabla 9 presenta los resultados de la evaluación probabilística de la exposición al arsénico total a través de la dieta. Las variaciones asociadas al tratamiento de los no detectados y las diferencias entre sexos son poco destacables.

Tabla 9. Percentiles de ingesta relativa (µg/kg de PC/día) de arsénico total por grupos de población

| Percentiles | Población general | Población general | Hombre | Mujer |
|-------------|----------------------|----------------------|--------|--------|
| | ND = 0 | ND = LOD | ND = 0 | ND = 0 |
| p50 | 3,40 | 3,31 | 3,36 | 3,44 |
| p90 | 4,96 | 5,32 | 4,94 | 4,96 |
| p95 | 5,54 | 6,07 | 5,55 | 5,50 |
| p99 | 6,64 | 7,38 | 6,75 | 6,56 |

En el caso del As inorgánico, se han considerado por separado los dos escenarios de trabajo: lower-bound (tablas 9a y 9b) y upper-bound (tablas 10a y 10b).

Tabla 9a. Percentiles de ingesta relativa de arsénico inorgánico ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de PC/día) para la población general según los diferentes grados de incertidumbre considerando ND = 0

| Percentil | Exposición | Grado de incertidumbre | | | |
|-----------|------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 |
| p50 | 0,038 | 0,035 | 0,037 | 0,040 | 0,041 |
| p90 | 0,063 | 0,058 | 0,061 | 0,067 | 0,070 |
| p95 | 0,074 | 0,067 | 0,070 | 0,076 | 0,082 |
| p99 | 0,099 | 0,088 | 0,093 | 0,101 | 0,111 |

Tabla 9b. Percentiles de ingesta relativa de arsénico inorgánico ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de PC/día) por grupos de población según el sexo y los diferentes grados de incertidumbre considerando ND = 0

| Percentil | Hombre | | | | | Mujer | | | | |
|-----------|------------|------------------------|-------|-------|-------|------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | Exposición | Grado de incertidumbre | | | | Exposición | Grado de incertidumbre | | | |
| | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 |
| p50 | 0,040 | 0,035 | 0,038 | 0,041 | 0,042 | 0,037 | 0,034 | 0,035 | 0,038 | 0,040 |
| p90 | 0,067 | 0,061 | 0,065 | 0,069 | 0,072 | 0,061 | 0,056 | 0,058 | 0,063 | 0,066 |
| p95 | 0,078 | 0,070 | 0,075 | 0,081 | 0,085 | 0,069 | 0,063 | 0,066 | 0,071 | 0,075 |
| p99 | 0,105 | 0,092 | 0,102 | 0,110 | 0,119 | 0,089 | 0,081 | 0,086 | 0,093 | 0,098 |

Tabla 10a. Percentiles de ingesta relativa de arsénico inorgánico ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de PC/día) para la población general según los diferentes grados de incertidumbre considerando ND = LOD

| Percentil | Exposición | Grado de incertidumbre | | | |
|-----------|------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 |
| p50 | 0,066 | 0,063 | 0,065 | 0,067 | 0,069 |
| p90 | 0,101 | 0,096 | 0,100 | 0,103 | 0,108 |
| p95 | 0,114 | 0,107 | 0,111 | 0,116 | 0,123 |
| p99 | 0,153 | 0,139 | 0,149 | 0,155 | 0,166 |

Tabla 10b. Percentiles de ingesta relativa de arsénico inorgánico ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de PC/día) por grupos de población según el sexo y los diferentes grados de incertidumbre considerando ND = LOD

| Percentil | Hombre | | | | | Mujer | | | | |
|-----------|------------|------------------------|-------|-------|-------|------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | Exposición | Grado de incertidumbre | | | | Exposición | Grado de incertidumbre | | | |
| | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 |
| p50 | 0,066 | 0,063 | 0,065 | 0,066 | 0,068 | 0,066 | 0,063 | 0,065 | 0,067 | 0,070 |
| p90 | 0,103 | 0,100 | 0,102 | 0,104 | 0,108 | 0,099 | 0,093 | 0,098 | 0,101 | 0,104 |
| p95 | 0,115 | 0,110 | 0,113 | 0,117 | 0,124 | 0,112 | 0,104 | 0,110 | 0,115 | 0,119 |
| p99 | 0,158 | 0,145 | 0,152 | 0,163 | 0,171 | 0,148 | 0,135 | 0,142 | 0,151 | 0,159 |

Se han hallado diferencias sustanciales en función del tratamiento de los no detectados (tablas 9a y 10a), como consecuencia del hecho de que muchos alimentos con alto consumo (carnes, frutas, verduras, etc.) presentan concentraciones de As inorgánico indetectables.

En cuanto a la diferencia entre sexos, en términos generales, los hombres ingieren mayor cantidad de arsénico inorgánico a través de su dieta, siendo más apreciables las diferencias cuando se consideran los no detectados como cero (tabla 9b). En cualquier caso, e incluso teniendo en cuenta el percentil 99 y el mayor grado de incertidumbre, la exposición diaria está por debajo del valor recomendado (0,3 µg/kg de PC/día).

Evolución temporal

4.5.1 Concentración

La tabla 11 muestra la variación temporal en la concentración de As total en los diversos grupos de alimentos. Esta variación es pequeña, ya que no se observa un cambio en la magnitud.

Tabla 11. Variación temporal de As total en los grupos de alimentos

| | 2000 | 2005 | 2008 | 2012 |
|-----------------------|-------|-------|-------|---------|
| Carnes y derivados | 0,02 | 0,05 | 0,013 | 0,001 |
| Pescado y marisco | 2,21 | 4,39 | 5,41 | 3,24 |
| Verduras y hortalizas | 0,002 | 0,010 | 0,019 | 0,002 |
| Tubérculos | 0,013 | 0,010 | 0,013 | < 0,002 |
| Fruta | 0,002 | 0,010 | 0,013 | 0,002 |
| Huevos | 0,002 | 0,010 | 0,013 | < 0,002 |
| Leche | 0,006 | 0,004 | 0,013 | < 0,002 |
| Derivados lácteos | 0,023 | 0,003 | 0,026 | < 0,002 |
| Yogur de soja | — | — | — | < 0,002 |
| Pan y cereales | 0,042 | 0,06 | 0,061 | 0,045 |
| Legumbres | 0,002 | 0,003 | 0,013 | 0,003 |
| Aceites y grasas | 0,092 | 0,010 | 0,013 | < 0,002 |
| Bollería | — | 0,004 | 0,013 | 0,013 |

En µg/g de peso fresco.

4.5.1 Ingesta

En la tabla 12 se observa la variación en la ingesta diaria de As total y As inorgánico entre los estudios del 2000 y el 2012, para un hombre adulto. En el cómputo global, la ingesta diaria calculada de As inorgánico ha sido notablemente inferior a la del resto de estudios. En el presente estudio, se ha determinado la concentración de arsénico inorgánico y la ingesta se ha calculado mediante la concentración de cada alimento. En cambio, anteriormente los valores de arsénico inorgánico se obtenían a partir de estimaciones bibliográficas o de las estimadas por organismos internacionales como la EFSA.

Tabla 12. Variaciones en la ingesta diaria de As total y As inorgánico

| Alimentos | Consumo de alimento g/día | | Ingesta de As total** µg/día | | | | Ingesta de As inorgánico (LB)** | | | |
|-----------------------------------|------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|------------------------------------|--------------|--------------|-------------|
| | 2000 | ENCAT 2003 | 2000 | 2005 | 2008 | 2012 | 2000 | 2005 | 2008 | 2012 |
| Carne y derivados | 185 | 171,9 | 3,70 | 0,86 | 2,30 | 0,21 | 3,70 | 0,60 | 1,61 | 0,17 |
| Pescado y marisco | 92 | 67,5 | 203,3 | 248,1 | 316,1 | 205,5 | 20,33 | 5,88 | 7,84 | 0,56 |
| Verduras y hortalizas | 226 | 159,7 | 0,34 | 0,93 | 3,45 | 0,21 | 0,34 | 0,65 | 2,41 | 0,21 |
| Tubérculos | 74 | 73,1 | 0,96 | 0,58 | 0,98 | 0,07 | 0,96 | 0,41 | 0,68 | 0,07 |
| Frutas | 239 | 193,6 | 0,36 | 1,67 | 2,59 | 0,21 | 0,36 | 1,17 | 1,81 | 0,21 |
| Huevos | 34 | 31,3 | 0,51 | 0,38 | 0,42 | 0,03 | 0,51 | 0,26 | 0,29 | 0,03 |
| Leche | 217 | 157,5 | 1,30 | 0,47 | 2,11 | 0,16 | 1,30 | 0,33 | 1,47 | 0,16 |
| Derivados lácteos | 106 | 101,3 | 2,39 | 0,23 | 3,12 | 0,10 | 2,39 | 0,16 | 2,18 | 0,10 |
| Yogur de soja* | — | 1,4 | — | — | — | 0,001 | — | — | — | 0,001 |
| Pan y cereales | 206 | 225,3 | 8,73 | 10,08 | 11,61 | 9,90 | 8,73 | 7,05 | 8,13 | 1,65 |
| Legumbres | 24 | 30,4 | 0,04 | 0,01 | 0,41 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 0,28 | 0,05 |
| Aceites y grasas | 41 | 27,2 | 3,76 | 0,28 | 0,36 | 0,03 | 3,76 | 0,20 | 0,25 | 0,03 |
| Bollería | — | 45,5 | — | 0,18 | 0,61 | 0,30 | — | 0,13 | 0,43 | 0,24 |
| Total alimento considerado | 1.444 | 1.285 | 225,40 | 263,8 | 344,1 | 216,8 | 42,42 | 16,25 | 27,40 | 3,48 |

*El valor de consumo que se ha considerado como yogur de soja es el de batido fermentado de soja.

**Medium-bound.

En la tabla 13 se aprecia que las ingestas de arsénico inorgánico para un hombre adulto son casi iguales si se utiliza los datos de los estudios de consumo ENCAT y ENIDE. La similitud se explica por un efecto compensatorio entre la ingesta del consumo de pescado y marisco, que es más grande en la encuesta ENIDE que en la de ENCAT, y la del consumo de pan y cereales, que es más pequeña.

Tabla 13. Variaciones en la ingesta diaria del estudio actual de As total y As inorgánico entre ENCAT y ENIDE

| Alimentos | Consumo de alimento g/día | | Ingesta de As total** µg/día | | Ingesta de As inorgánico** µg/día | |
|--------------------------|------------------------------|--------------|------------------------------------|--------------|---|-------------|
| | ENCAT | ENIDE | ENCAT | ENIDE | ENCAT | ENIDE |
| Carne y derivados | 171,9 | 163,8 | 0,21 | 0,20 | 0,17 | 0,16 |
| Pescado y marisco | 67,5 | 89,2 | 205,5 | 252,4 | 0,56 | 1,03 |
| Verduras y hortalizas | 159,7 | 186,4 | 0,21 | 0,25 | 0,21 | 0,24 |
| Tubérculos | 73,1 | 73,0 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 |
| Frutas | 193,6 | 213,0 | 0,21 | 0,23 | 0,21 | 0,23 |
| Huevos | 31,3 | 31,4 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Leche | 157,5 | 191,5 | 0,16 | 0,19 | 0,16 | 0,19 |
| Derivados lácteos | 101,3 | 113,4 | 0,10 | 0,11 | 0,10 | 0,11 |
| Yogur de soja* | 1,4 | 4,0 | 0,001 | 0,004 | 0,001 | 0,004 |
| Pan y cereales | 225,3 | 156,0 | 9,90 | 5,26 | 1,65 | 1,14 |
| Legumbres | 30,4 | 21,7 | 0,08 | 0,06 | 0,05 | 0,04 |
| Aceites y grasas | 27,2 | 34,9 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Bollería | 45,5 | 38,6 | 0,30 | 0,22 | 0,24 | 0,17 |
| Carne y derivados | 1.285 | 1.317 | 216,8 | 259,0 | 3,48 | 3,46 |

* El valor de consumo que se ha considerado como yogur de soja es el de batido fermentado de soja.

** Medium-bound

4.6 Otros estudios

En la tabla 14 se presentan los datos de estudios similares llevados a cabo en varios lugares de todo el mundo. A pesar de que la comparativa puede resultar difícil por motivos metodológicos y de diseño, se puede poner de manifiesto que los valores de ingesta dietética de As total por parte de la población catalana son similares a los de otros países, mientras que para el As inorgánico, los valores en Cataluña se encuentran en la parte baja del intervalo.

Tabla 14. Ingesta diaria de As total y As inorgánico. Comparación con otros países

| País | As total | InAS | Autors |
|---------------|----------|--------|---------------------------|
| Bélgica | 72,08 | 7,7 | ASFCA, 2013 |
| Cataluña | 217 | 3,48 | Estudio actual |
| Francia | 54,88 | 16,94 | Arnich et al., 2012 |
| Japón | 27 | 3,8 | Oguri et al., 2012 |
| Cataluña | 199 | | Domingo et al., 2012 |
| Cataluña | 354 | 6,1 | Fontcuberta et al., 2011 |
| Vietnam | | 28-102 | Hanh et al., 2011 |
| China | | 42 | Li et al., 2011 |
| China | 4,24 | | Chen et al., 2011 |
| Tailandia | 262 | 62 | Ruangwises et al., 2011 |
| China | 185 | | Zhao et al., 2010 |
| Tailandia | 73-390 | | Ruangwises i Saipan, 2010 |
| Inglaterra | 115-117 | | Rose et al., 2010 |
| Bélgica | 285-649 | | Baeyens et al., 2009 |
| EEUU | 195 | | Cleland et al., 2009 |
| Nueva Zelanda | 211 | | Whyte et al., 2009 |
| Bangladesh | 214 | | Khan et al., 2009 |
| India | 150 | | Signes et al., 2008 |
| Cataluña | 344 | 27,40 | Estudio 2008 |

5 Cadmio

El cadmio está presente de forma natural en la corteza terrestre (0,1-0,2mg/kg) y los océanos (5-110ng/L). Aparece como impureza en la minería y metalurgia del zinc, plomo y cobre.

El cadmio es un metal que tiene unas propiedades específicas, como una elevada resistencia a la corrosión, una temperatura de fusión baja y una elevada conductividad térmica y eléctrica, que hacen que sea muy adecuado en una amplia gama de productos industriales, particularmente, baterías de níquel-cadmio (83% de la producción mundial de cadmio), pigmentos (8%), recubrimientos y chapados (7%), aditivo estabilizador para plásticos de PVC (1,2%) y aleaciones, semiconductores y aparatos fotovoltaicos (IARC,2012).

El cadmio no tiene ninguna función conocida en el cuerpo humano, pero es capaz de imitar la acción de otros metales que son esenciales para diversas funciones biológicas de las células, como el calcio, el zinc y el hierro.

Las vías de exposición al cadmio más importantes son los alimentos y el tabaco. Para los fumadores, la exposición a través del tabaco representa el 50% de la cantidad absorbida, mientras que para una persona no fumadora, la exposición se produce fundamentalmente a través de la ingesta de alimentos contaminados. Los alimentos que más contribuyen a la exposición en Europa son el arroz, el trigo, las hortalizas (especialmente las de raíces comestibles) y los moluscos bivalvos (EFSA, 2009).

Los vegetales absorben el cadmio del suelo por las raíces y también del aire, a través de las hojas, en las zonas contaminadas. La absorción por las raíces depende del tipo de suelo, del pH, del contenido de humus, de la disponibilidad de materia orgánica, del uso de fertilizantes a base de fosfatos, de la meteorología y del contenido de zinc y otros metales análogos (IARC, 2012).

El organismo absorbe muy poco el cadmio presente en los alimentos (3-5%). Pero lo elimina también muy poco (tiene una semivida biológica de diez a treinta años) y la acumula en el riñón y el hígado. También se encuentra en páncreas, tiroides, testículos y glándulas salivales. Además del cáncer, el cadmio provoca daños a las células • células renales tubulares proximales y causa disfunción renal y desmineralización de los huesos. Sin embargo, el riñón lo almacena en el córtex renal y sólo provoca daños cuando se supera la capacidad de almacenamiento del tejido. Este fenómeno de saturación o carga crítica se alcanza después de exposiciones elevadas de ingesta y crónicas de cerca de cincuenta años (ANSES, 2011)¹⁰.

¹⁰ Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la révision des teneurs maximales en cadmium des denrées alimentaires destinées à l'homme. Avis du 24 novembre 2011, Saisine no 2011-SA-0194.

El cadmio tiene una actividad estrógena y andrógena potente in vivo y in vitro, mediante la unión directa con los receptores andrógenos y estrógenos (ASFCA¹¹, 2013).

La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) ha evaluado varias veces los efectos del cadmio. En la última evaluación de 2012, la IARC¹² llegó a la conclusión de que había suficientes evidencias en humanos para determinar que el cadmio y sus compuestos provocan cáncer de pulmón por inhalación y, además, que existe una asociación positiva de la exposición por vía oral con cáncer de próstata y riñón. El cadmio causa cáncer indirectamente, principalmente por alteración del mecanismo de reparación del ADN y de la formación de proteínas supresoras de tumores.

En 2009, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA)¹³ evaluó el cadmio a través de la dieta y fijó una ingesta semanal tolerable (IST) de 2,5 µg/kg de peso corporal (ingesta diaria de 0.357 µg/Kg). Esta IST se ha obtenido de un estudio de metanálisis de 35 estudios que demostraban una relación entre la excreción urinaria de cadmio y la de un marcador de daño tubular renal, el beta-2-microglobulina. La EFSA señala que en Europa hay países en los que la población podría exceder esta IST. Las personas vegetarianas, fumadoras, niños y habitantes de zonas con mucha contaminación podrían duplicarla. Además, apunta que el cadmio podría ser también cancerígeno por vía alimentaria a partir de una ingesta diaria de 1,5 µg Cd/kg de peso corporal.

En los alimentos, las concentraciones de cadmio más elevadas se encuentran en el hígado y riñones de los mamíferos, moluscos bivalvos y crustáceos. Sin embargo, la principal fuente por vía alimentaria en la mayor parte de los países es el arroz, debido al consumo elevado de este producto¹⁴.

5.1 Resultados

Las concentraciones detectadas en los alimentos analizados se presentan en la Tabla 15. Por grupos, los niveles más elevados se observaron en pescado y marisco, tubérculos, y pan y cereales. En la Tabla 16 se pueden ver las concentraciones para cada una de las especies de pescado y marisco. En concreto, el calamar, con 0,262 µg/g de peso fresco, y el mejillón, con 0,170 µg/g de peso fresco, son los alimentos individuales con una concentración de Cd más elevada. Por el contrario, en el grupo de los huevos, leche, derivados lácteos y aceites y grasas, ninguna de las muestras presentó niveles por encima del límite de detección.

¹¹ Avis 01-2013 Risques de substances carcinogènes et/ou génotoxiques dans les denrées alimentaires: contaminants environnementaux. Fiche: Cadmium

¹² Cadmium and cadmium compounds. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 100C (2012)

¹³ Cadmium in food. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. EFSA, January 2009.

¹⁴ Cadmium. International Programme on Chemical Safety. World Health Organisation.

Tabla 15. Concentración de cadmio en los alimentos. Valores medios

| | Cd total |
|------------------------|-----------------|
| Carne y derivados | 0.001 |
| Pescado y marisco | 0.050 |
| Vegetales y hortalizas | 0.006 |
| Tubérculos | 0.015 |
| Frutas | 0.003 |
| Huevos | < 0.002 |
| Leche | < 0.002 |
| Derivados lácteos | < 0.002 |
| * Yogur de soja | < 0.002 |
| Pan y Cereales | 0.015 |
| Legumbres | 0.002 |
| Aceites y grasas | < 0.002 |
| Bollería | 0,010 |

En µg/g de peso fresco.

* Yogur de soja calculado por separado porque no se considera un lácteo.

Tabla 16. Concentración de cadmio en el grupo de pescado y marisco. Valores medios

| Pescado y marisco | Cd |
|--------------------------|-----------|
| Sardina | 0.004 |
| Sardina en conserva | 0.027 |
| Atún | 0.009 |
| Atún en conserva | 0.011 |
| Anchoa | 0.009 |
| Caballa | 0.007 |
| Emperador | 0.040 |
| Salmón | < 0.002 |
| Merluza | 0.002 |
| Salmonete | < 0.002 |
| Lenguado | < 0.002 |
| Sepia | 0.087 |
| Calamar | 0.262 |
| Almeja | 0.122 |
| Mejillón | 0.170 |
| Gamba | 0.047 |

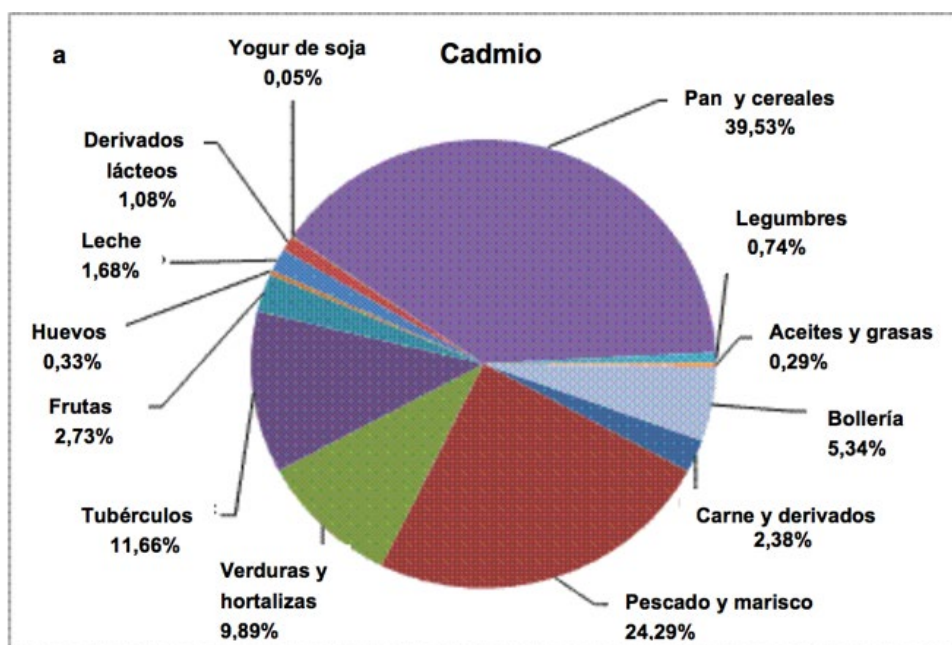
En µg/g de peso fresco.

El estudio de dieta total 2006-2010 de la Agencia Francesa de Seguridad Alimentaria (ANSES¹⁵) también identifica los mariscos como los alimentos con mayor concentración de cadmio, seguido del fuagrás y patés, pan y cereales tubérculos y productos de bollería. Igualmente, el Informe resumen de datos de cadmio 200-2007 de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN¹⁶) identifica al marisco y productos derivados como los alimentos que más cadmio contienen, con una media de 0,308mg/kg ($\mu\text{g/g}$), seguido de los despojos (0,275mg/kg), el pescado y productos de la pesca (0,076mg/kg), las patatas (0,050mg/kg) y los cereales y derivados (0,034mg/kg).

5.2 Contribución de los alimentos a la ingesta de cadmio

La ingesta estimada de cadmio para un hombre adulto, a través del consumo de alimentos, es de 9,40 $\mu\text{g/día}$ (ENCAT) o de 10,03 $\mu\text{g/día}$ (ENIDE). Las aportaciones más significativas provienen del pan y los cereales y del pescado y marisco, con 3,71 y 2,28 $\mu\text{g/día}$ en el estudio ENCAT respectivamente; y de 2,69 y 3,89 $\mu\text{g/día}$ para estos mismos grupos de alimentos en el de ENIDE.

En la Figura 5 se puede observar la contribución porcentual de los diferentes grupos de alimentos a la ingesta diaria de cadmio por un hombre adulto. En las Tablas 26 y 27 se presentan un resumen de los datos de ingesta por grupos de alimentos según los dos tipos de estudio de consumo.



¹⁵ Étude de l'alimentation totale française 2 (EAT 2). Tome 1. Agence Nationale de Sécurité Sanitaire, Alimentation, Environnement et Travail (ANSES), Juin 2011.

¹⁶ Informe resumen de datos de cadmio 2000-2007. AECOSAN, 2008. 2009.

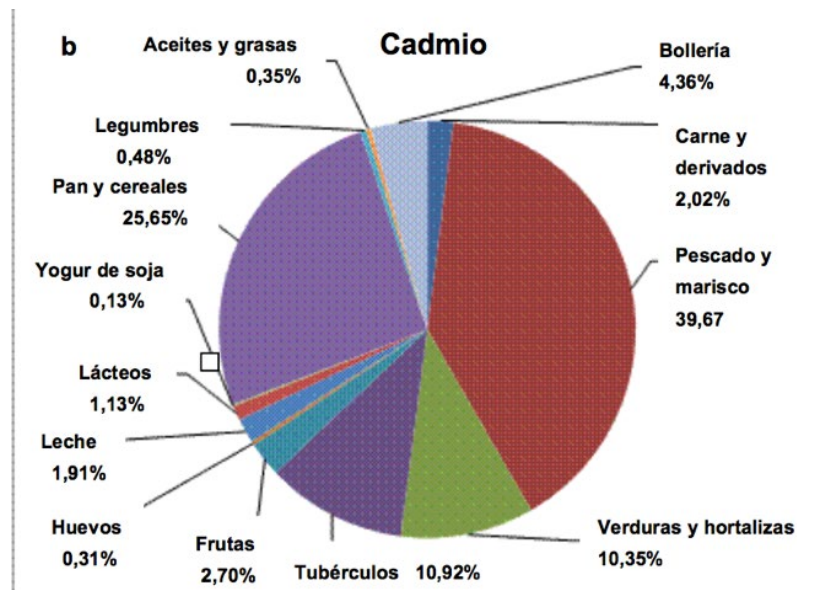


Figura 5. Contribución porcentual de los alimentos a la ingesta diaria de cadmio por un hombre adulto. ^aENCAT y ^bENIDE.

En las tablas 17 y 18 se presenta un resumen de la ingesta por grupos de alimentos.

Tabla 17. Ingesta diaria estimada de cadmio en un hombre adulto, por grupos de alimentos (ENCAT)

| Alimentos | Consumo de alimento g/día | Ingesta de Cd µg/día |
|------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Carne y derivados | 171,9 | 0.22 |
| Pescado y marisco | 67,5 | 2.28 |
| Verduras y hortalizas | 159,7 | 0.93 |
| Tubérculos | 73,1 | 1.10 |
| Frutas | 193,6 | 0.26 |
| Huevos | 31,1 | 0.03 |
| Leche | 157,5 | 0.16 |
| Derivados lácteos | 101,3 | 0.10 |
| *Yogur de soja | 1,4 | 0.005 |
| Pan y cereales | 225,3 | 3.71 |
| Legumbres | 30,4 | 0.07 |
| Aceites y grasas | 27,2 | 0.03 |
| Bollería | 45,5 | 0.50 |
| TOTAL alimentos | 1.285 | 9.40 |

Tabla 18. Ingesta diaria estimada de cadmio en un hombre adulto, per grupos de alimentos (ENIDE)

| Alimentos | Consumo de alimento g/día | Ingesta de Cd µg/día |
|------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Carne y derivados | 163,8 | 0.23 |
| Pescado y marisco | 89,2 | 3.89 |
| Verduras y hortalizas | 186,4 | 1.08 |
| Tubérculos | 73,0 | 1.27 |
| Frutas | 213,0 | 0.24 |
| Huevos | 31,4 | 0.03 |
| Leche | 191,5 | 0.17 |
| Derivados lácteos | 113,4 | 0.09 |
| *Yogur de soja | 0,4 | 0.002 |
| Pan y cereales | 156,0 | 2.69 |
| Legumbres | 21,7 | 0.05 |
| Aceites y grasas | 34,9 | 0.04 |
| Bollería | 38,6 | 0.37 |
| TOTAL alimentos | 1.317 | 10.16 |

5.3 Ingesta diaria por grupos de población

La Tabla 19 muestra la ingesta estimada de cadmio para los diferentes grupos de población, según edad y sexo. El grupo de población con una ingesta diaria estimada de cadmio más alto es el formado por los chicos adolescentes, seguido de los hombres adultos y los mayores de 65 años.

Tabla 19. Ingesta diaria estimada de cadmio de los diferentes grupos de población

| Grupo de población | Ingesta de Cadmio µg/día |
|----------------------------|--------------------------|
| Niños/niños | 7.33 |
| Chicos adolescentes | 9.66 |
| Chicas adolescentes | 8.72 |
| Hombres | 9.40 |
| Hombre ENIDE | 10.16 |
| Mujeres | 8.17 |
| Mujeres ENDIE | 8.65 |
| Hombres mayores de 65 años | 8.94 |
| Mujeres mayores de 65 años | 6.06 |

5.4 Evaluación del riesgo

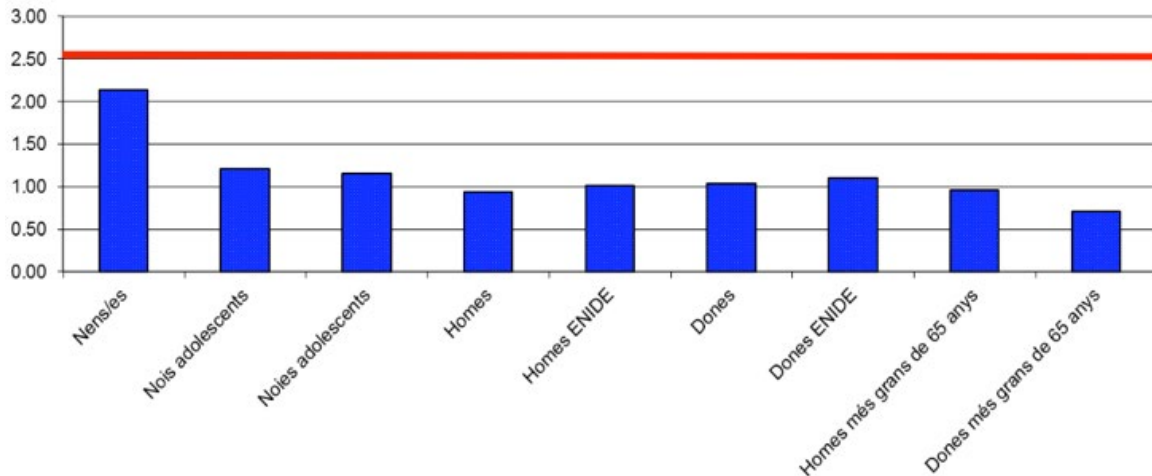
5.4.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos

En la Tabla 20 y en la Figura 6 se muestra la ingesta semanal estimada de cadmio por consumo de alimentos en los diferentes grupos de población expresada en función del peso corporal.

Tabla 20. Ingesta semanal de cadmio según el grupo de población y el peso corporal

| Grupo de población | Ingesta de Cadmio ($\mu\text{g}/\text{kg pc y semana}$) |
|----------------------------|--|
| Niños/niños | 2,14 |
| Chicos adolescentes | 1,21 |
| Chicas adolescentes | 1,15 |
| Hombres | 0,94 |
| Hombre ENIDE | 1,02 |
| Mujeres | 1,04 |
| Mujeres ENDIE | 1,10 |
| Hombres mayores de 65 años | 0,96 |
| Mujeres mayores de 65 años | 0,70 |

Figura 6. Ingesta semanal estimada de cadmio según el grupo de población y peso corporal ($\mu\text{g}/\text{kg peso corporal/semana}$)



Considerando el valor de seguridad establecido por la EFSA (2009) de $2,5\mu\text{g}/\text{kg/semana}$, ningún grupo de población se excede del valor límite, siendo el grupo de niños y niñas el que más se aproxima.

Considerando que la toxicidad del cadmio se manifiesta después de un largo periodo de años de exposición, en individuos sanos, los datos de este estudio muestran que no hay riesgo para la salud de la población y que hay un amplio margen de seguridad.

5.4.2 Evaluación probabilística de la exposición

Las Tablas 21a y 21b presentan los resultados de la evaluación probabilística de la exposición a cadmio a través de la dieta en un escenario de *lower-bound* (ND=0).

Tabla 21a. Percentiles de ingesta relativa de cadmio ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/semana) por la población general según los diferentes grados de incertidumbre considerando ND=0

| Percentil | Exposición | Grado de incertidumbre | | | |
|-----------|------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 |
| p50 | 0,756 | 0,721 | 0,742 | 0,777 | 0,805 |
| p90 | 1,372 | 1,302 | 1,33 | 1,386 | 1,456 |
| p95 | 1,631 | 1,54 | 1,582 | 1,652 | 1,736 |
| p99 | 2,219 | 2,079 | 2,156 | 2,289 | 2,415 |

Tabla 21b. Percentiles de ingesta relativa de cadmio ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/semana) por grupos de población según el sexo y los diferentes grados de incertidumbre considerando ND=0

| Percentil | Exposición | Hombre | | | | Mujer | | | | |
|-----------|------------|------------------------|-------|-------|-------|------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | | Grado de incertidumbre | | | | Exposición | Grado de incertidumbre | | | |
| | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 |
| p50 | 0,777 | 0,721 | 0,756 | 0,798 | 0,840 | 0,742 | 0,686 | 0,721 | 0,763 | 0,812 |
| p90 | 1,407 | 1,33 | 1,372 | 1,442 | 1,589 | 1,33 | 1,23 | 1,309 | 1,365 | 1,435 |
| p95 | 1,68 | 1,575 | 1,624 | 1,722 | 1,827 | 1,575 | 1,442 | 1,547 | 1,617 | 1,694 |
| p99 | 2,31 | 2,121 | 2,24 | 2,338 | 2,352 | 2,135 | 1,932 | 2,093 | 2,233 | 2,352 |

No se han observado grandes diferencias en la ingesta de cadmio en función de los género, aunque los valores son ligeramente más elevados en el caso de los hombres. En todo caso, considerando el valor de seguridad establecido por la EFSA (2009) de $2,5\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$, equivalente a $0,357\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día, el 99.7% de la población total (99.4% y 99.8% para hombres y mujeres, respectivamente) no supera este valor.

Análogamente, se ha evaluado la ingesta de cadmio considerando los valores no detectados igual al límite de detección (*upper-bound*) (Tablas 22a y 22b).

Tabla 22a. Percentiles de ingesta relativa de cadmio ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día) por la población general según los diferentes grados de incertidumbre considerando ND=LOD

| Percentil | Exposición | Grado de incertidumbre | | | |
|-----------|------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 |
| p50 | 0.127 | 0.120 | 0.125 | 0.130 | 0.134 |
| p90 | 0.222 | 0.211 | 0.217 | 0.227 | 0.237 |
| p95 | 0.265 | 0.253 | 0.259 | 0.269 | 0.283 |
| p99 | 0.366 | 0.345 | 0.361 | 0.375 | 0.392 |

Tabla 22b. Percentiles de ingesta relativa de cadmio ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día) por grupos de población según el sexo y los diferentes grados de incertidumbre considerando ND=LOD

| Percentil | Exposición | Hombre | | | | Exposición | Mujer | | | |
|-----------|------------|------------------------|-------|-------|-------|------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | | Grado de incertidumbre | | | | | Grado de incertidumbre | | | |
| | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 |
| p50 | 0,896 | 0,84 | 0,875 | 0,917 | 0,952 | 0,875 | 0,826 | 0,868 | 0,896 | 0,931 |
| p90 | 1,589 | 1,505 | 1,554 | 1,638 | 1,687 | 1,519 | 1,456 | 1,491 | 1,575 | 1,617 |
| p95 | 1,897 | 1,792 | 1,848 | 1,953 | 2,023 | 1,806 | 1,722 | 1,764 | 1,876 | 1,946 |
| p99 | 2,646 | 2,485 | 0,368 | 2,751 | 2,87 | 2,492 | 2,331 | 2,415 | 2,59 | 2,737 |

El resultado no difiere en exceso de lo observado en un escenario de lower-bound. En este caso, y considerando el mismo valor máximo de ingesta de cadmio, el 98.9% de la población no superaría esta recomendación (98.6% en el caso de los hombres y 99.0% para las mujeres).

5.5 Evolución temporal

5.5.1 Concentración

En la Tabla 23 se puede observar la variación detectada en la concentración de Cd en los grupos de alimentos.

Respecto a los anteriores estudios, podemos decir que las concentraciones de cadmio han disminuido notablemente respecto al estudio anterior de 2008. Las concentraciones en términos generales son similares a las encontradas el estudio del año 2000.

Tabla 23. Variación temporal de cadmio en los grupos de alimentos

| | 2000 | 2005 | 2008 | 2012 |
|-----------------------|-------|-------|-------|---------|
| Carnes y derivados | 0.006 | 0.023 | 0.007 | 0.001 |
| Pescado y marisco | 0.036 | 0.039 | 0.090 | 0.050 |
| Verduras y hortalizas | 0.005 | 0.007 | 0.016 | 0.006 |
| Tubérculos | 0.020 | 0.025 | 0.053 | 0.015 |
| Fruta | 0.001 | 0.005 | 0.005 | 0.003 |
| Huevos | 0.008 | 0.005 | 0.004 | < 0,002 |
| Leche | 0,002 | 0,005 | 0,004 | < 0,002 |
| Derivados lácteos | 0,006 | 0,006 | 0,006 | < 0,002 |
| Yogur de soja | — | — | — | 0,003 |
| Pan y cereales | 0,033 | 0,016 | 0,023 | 0,015 |
| Legumbres | 0,001 | 0,120 | 0,007 | 0,002 |
| Aceites y grasas | 0,008 | 0,045 | 0,005 | < 0,002 |
| Bollería | — | 0,005 | 0,014 | 0,010 |

En $\mu\text{g}/\text{g}$ de peso fresco.

Resulta complejo extraer una conclusión indiscutible sobre la tendencia general. Parece ser que hay una disminución de la concentración, pero podría ser debido a un efecto del muestreo, ya que la variación de los resultados es pequeña en muchos grupos de alimentos.

5.5.2 Ingesta

En la Tabla 24 se observa la variación temporal en la ingesta diaria de cadmio, por un hombre adulto. En el cómputo global, la ingesta ha disminuido de forma significativa en el último estudio, con descensos notables en los grupos de verduras y hortalizas, por un lado, y de tubérculos, de la otra.

Tabla 24. Variaciones en la ingesta diaria de cadmio por un hombre adulto

| Aliments | Consumo de alimento g/día | | Ingesta de Cd µg/día | | | |
|-----------------------------------|------------------------------|--------------|-------------------------|--------------|--------------|-------------|
| | 2000 | ENCAT 2003 | 2000 | 2005 | 2008 | 2012 |
| Carne y derivados | 185 | 171,9 | 1,11 | 2,92 | 1,16 | 0,22 |
| Pescado y marisco | 92 | 67,5 | 3,33 | 1,43 | 4,19 | 2,28 |
| Verduras y hortalizas | 226 | 159,7 | 1,13 | 0,98 | 2,68 | 0,93 |
| Tubérculos | 74 | 73,1 | 1,47 | 1,80 | 3,85 | 1,10 |
| Frutas | 239 | 193,6 | 0,22 | 0,94 | 1,10 | 0,26 |
| Huevos | 34 | 31,3 | 0,27 | 0,15 | 0,12 | 0,03 |
| Leche | 217 | 157,5 | 0,43 | 0,64 | 0,82 | 0,10 |
| Derivados lácteos | 106 | 101,3 | 0,64 | 0,38 | 0,82 | 0,10 |
| Yogur de soja* | — | 1,4 | — | — | — | 0,005 |
| Pan y cereales | 206 | 225,3 | 6,80 | 4,21 | 6,06 | 3,71 |
| Legumbres | 24 | 30,4 | 0,01 | 3,09 | 0,21 | 0,07 |
| Aceites y grasas | 41 | 27,2 | 0,33 | 0,43 | 0,11 | 0,03 |
| Bollería | — | 45,5 | — | 0,22 | 0,70 | 0,50 |
| Total alimento considerado | 1.444 | 1.285 | 15,74 | 17,19 | 21,57 | 9,40 |

5.6 Otros estudios

En la tabla 25 se presentan los datos de estudios similares llevados a cabo en varios países de todo el mundo. Aunque la comparativa puede resultar difícil, por razones metodológicas y de diseño, se puede poner de manifiesto que los valores de ingesta dietética de cadmio total para la población catalana son similares a los de otros países.

Tabla 25. Ingesta media diaria de cadmio en población adulta. Comparativa con otros estudios de ingesta

| País | Cadmio ¹ | Autors |
|-----------------|---------------------|-------------------------|
| Cataluña | 9,4 | Este estudio |
| India | 50,6 | Saha et al.2013 |
| UE | 20,4 | EFSA, 2012 |
| China | 9,6 | Huang et al. 2012 |
| Cataluña | 49,5 | Domingo et al., 2012 |
| Suecia | 49 | Sand y Becker, 2012 |
| Francia | 11,0 | ANSES, 2011 |
| China | 3,68 | Chen et al.,2011 |
| China | 14,6 | Zhao et al., 2010 |
| Inglaterra | 9,8 – 11,9 | Rose et al., 2010 |
| Bélgica | 9,8 | Vromman et al., 2010 |
| China | 14,4 – 14,7 | Liu et al., 2010 |
| Líbano | 15,82 | Nasreddine et al., 2010 |
| Nueva Zelanda | 17 | Nasreddine et al., 2010 |
| Alemania | 14,5 | BfR, 2009 |
| Cataluña | 21,6 | Estudio 2008 |
| República Checa | 11 – 19 | Puklová et al., 2005 |

1. Ingesta diaria tolerable: 25µg/día

6 Plomo

El plomo es un metal ubicuitario presente de forma natural en la corteza terrestre (10mg / kg de media). Su utilización intensiva por el hombre (minería, industria química y metalúrgica) ha causado una fuerte dispersión y concentración en el ambiente. El hombre está expuesto principalmente a través de los alimentos, del agua y también del aire. A raíz de la prohibición durante la década de los noventa de su uso en la gasolina, en las pinturas de interiores y en las canalizaciones de agua, el nivel de exposición ha disminuido mucho.

En el hombre, el principal órgano diana es el sistema nervioso central en desarrollo de los fetos y los niños de corta edad. Se ha demostrado una relación inversamente proporcional entre la concentración de plomo sanguíneo y el cociente intelectual. En el adulto, el plomo causa efectos adversos sobre los riñones (aumento de la prevalencia de enfermedades renales crónicas), sobre el sistema cardiovascular (incremento de la presión sanguínea sistólica, incremento de la mortalidad por infartos de miocardio e ictus cerebrales), infertilidad, problemas reproductivos y daños dentales (JECFA¹⁷, 2010).

La absorción de plomo está influenciada por factores fisiológicos (edad, embarazo, duración de la digestión, osteoporosis, anemia, etc.) y por las características físico-químicas del alimento ingerido. La absorción es mayor en niños que en adultos y es menor en presencia de comida. Se distribuye por todo el organismo, especialmente en el riñón, el hígado y, sobre todo, a los huesos, donde se acumula. En determinadas condiciones, como el embarazo o la osteoporosis, se libera en la sangre plomo de los huesos. Atraviesa fácilmente la placenta y se transfiere a la leche materna. En humanos, la semi vida del plomo es de 30 días aproximadamente en sangre y de 10 a 30 años en oso. Su toxicidad está ligada a la inhibición de enzimas (por ejemplo, de los implicados en la síntesis de grupos hemo) y la interferencia con la homeostasis del calcio, magnesio y zinc (JECFA, 2010).

El plomo ha sido evaluado en varias ocasiones por el JECFA y la EFSA¹⁸. En 2010, estos dos organismos concluyeron que la ingesta tolerable semanal provisional (PTWI, en inglés) de 25µg / kg de peso corporal ya no era apropiada para asegurar la protección de la salud, dado que causaba una disminución de 3 puntos en el cociente intelectual en niños y incrementaba significativamente la presión sanguínea en adultos.

¹⁷ **Lead (addendum). Safety evaluation of certain food additives and contaminants.** WHO Food additives Series:64. Seventy-third meeting of JECFA. Geneva, 2010

¹⁸ **Scientific Opinion on Lead in Food.** EFSA, 2013 (This Scientific Opinion, published on 22 March 2013, replaces the earlier version published on 20 April 2010)

JECFA y EFSA han identificado la neurotoxicidad en niños y efectos cardiovasculares y renales en adultos como efectos críticos para la evaluación de los riesgos y estimó varios valores *Benchmark Doses Lower Confidence Limits* (BMDL) para estos efectos críticos.

| Población | Efectos | EFSA | JECFA |
|-----------|---|--|--|
| Niños | Neurotoxicidad (reducción de 0,5 puntos del cociente intelectual) | BMDL ₀₁ de 0,5µg/kg peso corporal/ día ¹ | 0,3µg/kg peso corporal/ día ² |
| Adultos | Nefrotoxicidad (disminución de la filtración glomerular) | BMDL ¹⁰ de 0,63µg/kg peso corporal/ día | - |
| Adultos | Efectos cardiovasculares (incremento de 1mmHg la presión sanguínea) | BMDL ⁰¹ de 1,5µg/kg peso corporal/ día | 1,2µg/kg peso corporal/ día |

1. Niños de 1 a 7 años
2. Niños de 1 a 4 años

El BMDL es la cantidad de una sustancia que causa un efecto adverso sobre la salud, asociada a una incidencia baja de riesgo, generalmente entre 1% y 10%. Por ejemplo, la BMDL₀₁ sobre efectos cardiovasculares de 1,5µg/kg peso corporal/ día significa que una persona tiene un riesgo del 1% de sufrir un incremento de la presión sanguínea de 1mmHg. Dicho de otro modo, en una población en que la ingesta media sea igual o superior a la BMDL₀₁, el 1% de las personas presentará un incremento de la presión sanguínea, a causa de la ingesta de plomo.

6.1 Resultados

Las concentraciones detectadas en los diferentes alimentos analizados se presentan en la tabla 6.1.

Taula 6.1. Concentración de plomo en los alimentos. Valores medios.

| | Pb |
|-----------------------|---------|
| Carne y derivados | 0.011 |
| Pescado y marisco | 0.028 |
| Verduras y hortalizas | 0.006 |
| Tubérculos | 0.014 |
| Frutas | 0.005 |
| Huevos | 0.003 |
| Leche | < 0.002 |
| Derivados lácticos | 0.012 |
| *Yogur de soja | 0.003 |
| Pan y cereales | 0.010 |
| Legumbres | 0.011 |
| Aceites y grasas | 0.005 |
| Bollería | 0.012 |

En µg/g de peso fresco.

*yogur de soja calculado por separado porque no se considera un lácteo

Los niveles más elevados los encontramos en el grupo de pescado y marisco con $0,028\mu\text{g/g}$ de peso y seguidamente el de tubérculos y los derivados lácteos con $0,014$ y $0,012\mu\text{g/g}$ de peso fresco respectivamente. En particular, cabe destacar los valores encontrados para el mejillón ($0,133\mu\text{g/g}$ de peso fresco) y almeja ($0,130\mu\text{g/g}$ de peso fresco). Por otra parte, la leche ha sido el único grupo de alimentos que ha presentado niveles por debajo del límite de detección ($<0,002\mu\text{g/g}$ de peso fresco).

6.2 Contribución de los alimentos a la ingesta de plomo

Para el hombre adulto, la ingesta de plomo a través del consumo de alimento es de $8,76\mu\text{g/día}$ por ENCAT i $9.82\mu\text{g/día}$ por ENIDE. En cuanto a la aportación por tipo de alimento, se muestra en la figura 6.1 en forma de porcentajes. En la tabla 6.2 y 6.3 se presentan estos datos resumidos por grupos.

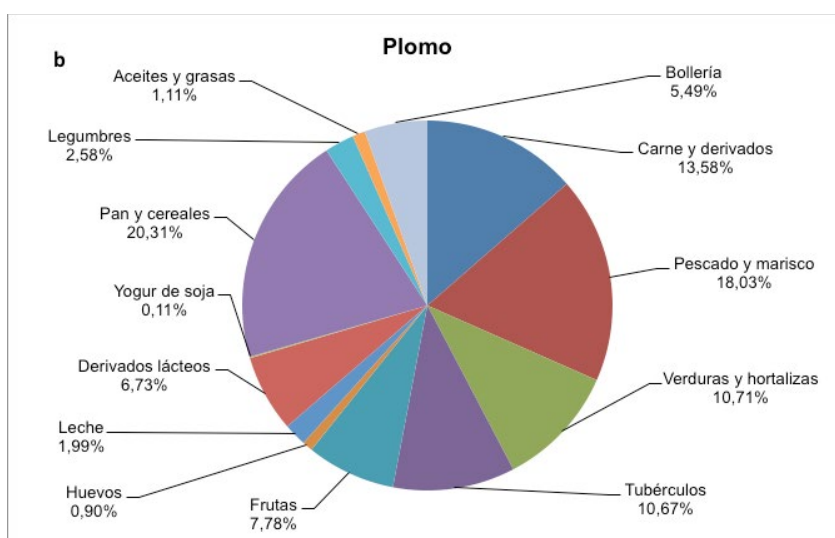
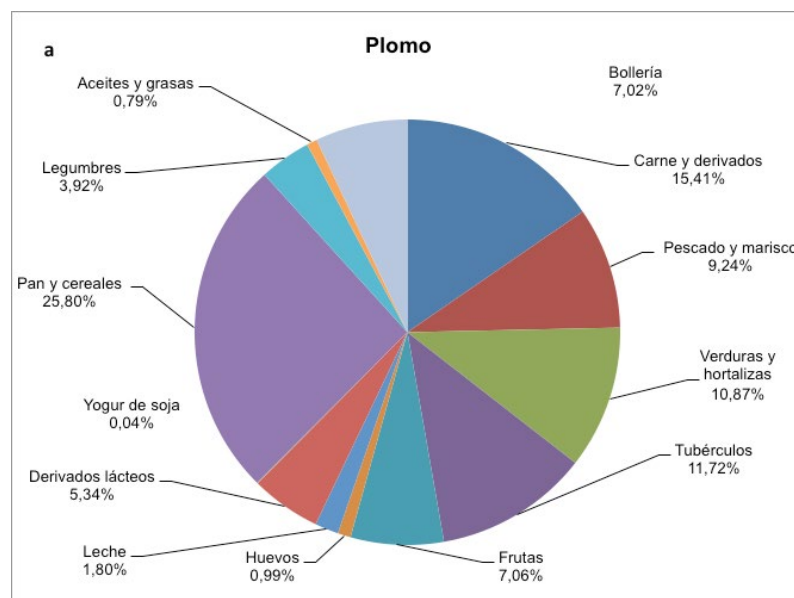


Figura 6.1. Contribución del tipo de alimento a la ingesta diaria para un hombre adulto. aENCAT y bENIDE

Tabla 6.2. Ingesta diaria estimada de plomo en un hombre adulto, por grupos de alimentos (ENCAT)

| Alimentos | Consumo de alimento g/día | Ingesta de Pb µg/día |
|------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Carne y derivados | 171,9 | 1.35 |
| Pescado y marisco | 67,53 | 0.81 |
| Verduras y hortalizas | 159,7 | 0.95 |
| Tubérculos | 73,06 | 1.03 |
| Frutas | 193,6 | 0.62 |
| Huevos | 31,29 | 0.09 |
| Leche | 157,5 | 0.16 |
| Derivados lácticos | 101,3 | 0.47 |
| *Yogur de soja | 1,4 | 0.004 |
| Pan y cereales | 225,3 | 2.26 |
| Legumbres | 30,36 | 0.34 |
| Aceites y grasas | 27,16 | 0.07 |
| Bollería | 45,45 | 0.61 |
| TOTAL alimentos | 1.285 | 8.76 |

Tabla 6.3. Ingesta diaria estimada de de plomo en un hombre adulto, por grupos de alimentos (ENIDE)

| Alimentos | Consumo de alimento g/día | Ingesta de Pb µg/día |
|------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Carne y derivados | 163.8 | 1.31 |
| Pescado y marisco | 89.2 | 1.73 |
| Verduras y hortalizas | 186.4 | 1.03 |
| Tubérculos | 73.0 | 1.03 |
| Frutas | 213.0 | 0.75 |
| Huevos | 31.4 | 0.09 |
| Leche | 191.5 | 0.19 |
| Derivados lácticos | 113.4 | 0.65 |
| *Yogur de soja | 4.0 | 0.01 |
| Pan y cereales | 156.0 | 1.95 |
| Legumbres | 21.7 | 0.25 |
| Aceites y grasas | 34.9 | 0.11 |
| Bollería | 38.6 | 0.53 |
| TOTAL alimentos | 1361 | 468,00 |

El grupo de pan y cereales es el que más contribuye a la ingesta de plomo (2,26µg/día), debido principalmente al pan de barra, que representa un valor de ingesta de plomo diaria de 1,80µg. Sucede lo mismo en el estudio ENIDE en que el valor de ingesta de plomo a través del pan y los cereales es de 2,18µg/día.

6.3 Ingesta diaria para grupos de población

La tabla 6.4 muestra la ingesta estimada de plomo para los diferentes grupos de población, según edad y sexo.

Tabla 6.4. Ingesta diaria estimada de plomo de los diferentes grupos de población

| Grupo de población | Ingesta de plomo |
|----------------------------|------------------|
| Hombres | 8.98 |
| Hombres ENIDE | 9.82 |
| Mujeres | 8.99 |
| Mujeres ENIDE | 8.27 |
| Niños/as | 7.25 |
| Jóvenes adolescentes | 8.76 |
| Jóvenes adolescentes | 7.37 |
| Varones mayores de 65 años | 8.22 |
| Mujeres mayores de 65 años | 6.58 |

La ingesta estimada de plomo más elevada corresponde al grupo formado por los chicos adolescentes (8,99 µg/día) y el grupo de los niños y niñas (8,98 µg/día). Por el contrario, las mujeres mayores de 65 años son el grupo de población con menor ingesta de este metal (6,58 µg/día).

6.4 Evaluación del riesgo

6.4.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos

En la tabla 6.5 se presenta la ingesta diaria estimada de plomo por consumo de alimentos en los diferentes grupos de población expresada en función del peso corporal.

Tabla 6.5. Ingesta de plomo relativa al peso corporal

| Grupo de población | Ingesta de Plomo mµ/día |
|----------------------------|-------------------------|
| Hombres | 0,125 |
| Mujeres | 0,134 |
| Niños/as ¹ | 0,374 |
| Jóvenes adolescentes | 0,160 |
| Jóvenes adolescentes | 0,137 |
| Varones mayores de 65 años | 0,127 |
| Mujeres mayores de 65 años | 0,11 |
| Homes més grans de 65 anys | 8.94 |
| Dones més grans de 65 anys | 6.06 |

¹ Edad: 4-9 anys

La EFSA recomienda que se utilice el método del margen de exposición (MOE o *Margin of Exposure*) para evaluar su seguridad, dado que no se ha podido establecer un nivel sin efecto. El MOE es la razón entre la BMDL y la ingesta diaria estimada. Da una indicación de la importancia posible de un riesgo; cuanto más alto es (MOE > 1), menor es el riesgo de exposición a la sustancia en cuestión. La ingesta de plomo estimada en este estudio presenta para todos los grupos de población un MOE superior a un 1 (tabla 6.6).

Tabla 6.6 Márgenes de exposición (MOE) para el plomo por grupos de población en Cataluña

| BMDL µg/kg/día | Hombres | Mujeres | Niños/as | Chicos adolescentes | Chicas adolescentes | Hombres mayores de 65 años | Mujeres mayores de 65 años |
|-------------------|---------|---------|----------|------------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1.5 | 11.99 | 11.20 | 4.01 | 9.34 | 10.97 | 11.86 | 13.69 |
| 0.63 | 5.04 | 4.70 | 1.68 | 3.92 | 4.61 | 4.98 | 5.75 |
| 0.5 | - | - | 1.34 | 3.11 | 3.66 | - | - |

Estos datos indican que la población catalana tiene un MOE superior al obtenido para la población europea en el estudio de EFSA de 2010. Los datos europeos indican que no se puede descartar la posibilidad de efectos adversos en la población infantil y adulta, en particular, si se toma como referencia el límite alto (*Upper Bound*) de presencia de plomo en los alimentos (tabla 6.7).

Tabla 6.7 Márgenes de exposición (MOE) para el plomo para determinados grupos de población en Europa (EFSA, 2010)

| BMDL µg/kg pc/día | Efectos | MOE | | |
|----------------------|------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| | | Adultos ¹ | Mujeres ² | Niños ³ |
| 1,5 | Cardiovasculares | 1,2 - 4,2 | 1,17- 3,9 | - |
| 0,63 | Nefrotóxicos | 0,51 - 1,8 | 0,49 - 1,65 | - |
| 0,5 | Neurotóxicos | - | 0,39 - 1,3 | 0,25 - 0,65 |

¹ Hombres y mujeres

² Mujeres en edad de procrear (20-40 años)

³ Edad 6-9 años

6.4.2 Evaluación probabilística de la exposición

Las Tablas 6.8a y 6.8b presentan los resultados de la evaluación probabilística de la exposición al plomo a través de la dieta en un escenario de lower-bound (ND=0).

Taula 6.8a. Percentiles de ingesta relativa de plomo (µg/kg pes corporal/día) por la población general según los diferentes grados de incertidumbre considerando ND=0

| Percentil | Exposición | Grado de incertidumbre | | | |
|-----------|------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 |
| p50 | 0.132 | 0.116 | 0.126 | 0.135 | 0.144 |
| p90 | 0.207 | 0.181 | 0.198 | 0.212 | 0.226 |
| p95 | 0.230 | 0.205 | 0.223 | 0.238 | 0.252 |
| p99 | 0.296 | 0.259 | 0.285 | 0.306 | 0.317 |

Tabla 6.8b. Percentiles de ingesta relativa de plomo ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día) por grupos de población según el sexo y los diferentes grados de incertidumbre considerando $\text{ND}=0$

| Percentil | Hombre | | | | | Mujer | | | | |
|-----------|------------|------------------------|-------|-------|-------|------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | Exposición | Grado de incertidumbre | | | | Exposición | Grado de incertidumbre | | | |
| | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 |
| p50 | 0.136 | 0.124 | 0.130 | 0.142 | 0.149 | 0.128 | 0.115 | 0.124 | 0.134 | 0.141 |
| p90 | 0.217 | 0.197 | 0.207 | 0.225 | 0.238 | 0.196 | 0.176 | 0.188 | 0.206 | 0.213 |
| p95 | 0.243 | 0.223 | 0.235 | 0.255 | 0.263 | 0.219 | 0.199 | 0.211 | 0.229 | 0.240 |
| p99 | 0.305 | 0.277 | 0.295 | 0.319 | 0.338 | 0.290 | 0.258 | 0.272 | 0.298 | 0.319 |

Análogamente, se ha evaluado la ingesta de plomo considerando los valores no detectados igual al límite de detección (*upper-bound*) (Tablas 6.9a y 6.9b).

Tabla 6.9a. Percentiles de ingesta relativa de plomo ($\mu\text{g}/\text{kg}$ pes corporal/día) por la población general según los diferentes grados de incertidumbre considerando $\text{ND}=\text{LOD}$

| Percentil | Exposición | Grado de incertidumbre | | | |
|-----------|------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 |
| p50 | 0.142 | 0.130 | 0.139 | 0.147 | 0.156 |
| p90 | 0.219 | 0.196 | 0.214 | 0.229 | 0.242 |
| p95 | 0.244 | 0.221 | 0.240 | 0.255 | 0.270 |
| p99 | 0.312 | 0.279 | 0.305 | 0.327 | 0.345 |

Tabla 6.9b. Percentiles de ingesta relativa de plomo ($\mu\text{g}/\text{kg}$ pes corporal/día) por grupos de población según el sexo y los diferentes grados de incertidumbre considerando $\text{ND}=\text{LOD}$

| Percentil | Hombre | | | | | Mujer | | | | |
|-----------|------------|------------------------|-------|-------|-------|------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | Exposición | Grado de incertidumbre | | | | Exposición | Grado de incertidumbre | | | |
| | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 |
| p50 | 0.145 | 0.134 | 0.140 | 0.146 | 0.154 | 0.139 | 0.127 | 0.133 | 0.144 | 0.152 |
| p90 | 0.229 | 0.203 | 0.220 | 0.231 | 0.247 | 0.210 | 0.193 | 0.202 | 0.217 | 0.229 |
| p95 | 0.258 | 0.232 | 0.248 | 0.260 | 0.282 | 0.232 | 0.216 | 0.225 | 0.243 | 0.255 |
| p99 | 0.321 | 0.291 | 0.308 | 0.330 | 0.378 | 0.305 | 0.271 | 0.286 | 0.322 | 0.341 |

El resultado no difiere en exceso del observado en un escenario de *lower-bound*. Las exposiciones calculadas también son inferiores a los valores BMDL propuestos por la EFSA.

6.5 Evolución temporal

6.5.1 Concentración

Se puede observar en la Tabla 6.10 la variación detectada en la concentración de Pb en los grupos de alimentos.

Respecto a los anteriores estudios, podemos decir que las concentraciones de plomo han disminuido notablemente en muchos grupos de alimentos.

Taula 6.10. Variació temporal de cadmi en els grups d'aliments

| | 2000 | 2005 | 2012 |
|-----------------------|-------|-------|---------|
| Carne y derivados | 0.024 | 0.024 | 0.011 |
| Pescado y marisco | 0.051 | 0.042 | 0.028 |
| Verduras y hortalizas | 0.016 | 0.013 | 0.006 |
| Tubérculos | 0.026 | 0.013 | 0.014 |
| Frutas | 0.013 | 0.013 | 0.005 |
| Huevos | 0.015 | 0.013 | 0.003 |
| Leche | 0.006 | 0.024 | < 0.002 |
| Derivados lácticos | 0.023 | 0.013 | 0.012 |
| *Yogur de soja | - | - | 0.003 |
| Pan y cereales | 0.024 | 0.013 | 0.010 |
| Legumbres | 0.008 | 0.028 | 0.011 |
| Aceites y grasas | 0.030 | 0.083 | 0.005 |
| Bollería | - | 0.013 | 0.012 |

En µg/g de pes fresc.

6.5.2 Ingesta

En la Tabla 6.11 se observa la variación temporal en la ingesta diaria de plomo, por un hombre adulto. En el cómputo global, la ingesta ha disminuido de forma significativa en el último estudio, con descensos notables en los grupos de carnes y derivados, leche y productos lácteos.

Tabla 6.11. Variaciones en la ingesta diaria de plomo por un hombre adulto

| Aliments | Consum d'aliment g/dia | | Ingesta de Cd µg/dia | | |
|-----------------------------------|------------------------|-------------|----------------------|--------------|-------------|
| | 2000 | ENCAT 2003 | 2000 | 2005 | 2012 |
| Carne y derivados | 185 | 171.9 | 4.50 | 3.43 | 1.35 |
| Pescado y marisco | 92 | 67.5 | 4.71 | 2.55 | 0.81 |
| Verduras y hortalizas | 226 | 159.7 | 3.68 | 2.08 | 0.95 |
| Tubérculos | 74 | 73.1 | 1.92 | 0.95 | 1.03 |
| Frutas | 239 | 193.6 | 3.01 | 2.52 | 0.62 |
| Huevos | 34 | 31.3 | 0.51 | 0.41 | 0.09 |
| Leche | 217 | 157.5 | 1.30 | 2.56 | 0.16 |
| Derivados lácticos | 106 | 101.3 | 2.39 | 0.98 | 0.47 |
| *Yogur de soja | - | 1.4 | - | - | 0.004 |
| Pan y cereales | 206 | 225.3 | 4.99 | 2.92 | 2.26 |
| Legumbres | 24 | 30.4 | 0.18 | 0.78 | 0.34 |
| Aceites y grasas | 41 | 27.2 | 0.33 | 0.87 | 0.07 |
| Bollería | - | 45.5 | - | 0.59 | 0.61 |
| Total alimento considerado | 1444 | 1285 | 27.52 | 20.63 | 8.76 |

6.6 Otros estudios

En la tabla 6.12 se presentan los datos de estudios similares realizados en diversos países del mundo. Aunque la comparativa pueda resultar difícil, por razones metodológicas y de diseño, se puede poner de manifiesto que los valores de ingesta dietética de plomo por la población catalana son similares a los de otros países de nuestro entorno.

Taula 6.12. Ingesta media diaria de plomo en población adulta. Comparativa con otros estudios de dieta

| Cataluña | µg/día | Autores |
|----------------|-----------|-------------------------|
| Cataluña | 8.76 | Este estudio |
| India | 295 | Saha y col., 2013 |
| China | 37.8 | Huang y col., 2012 |
| Cataluña | 19.8 | Domingo y col., 2012 |
| Francia | 14.07 | ANSES, 2011 |
| China | 13 | Chen y col., 2011 |
| China | 250 | Sun y col., 2011 |
| China | 167 | Zhao y col., 2010 |
| China | 88 | Liu y col., 2010 |
| Arabia Saudita | 22.7-24.5 | Othman, 2010 |
| Libia | 8.26 | Nasreddine y col., 2010 |
| Nueva Zelanda | 28 | Whyte y col., 2009 |

7 Mercurio

El mercurio se puede encontrar en diversas formas químicas, principalmente como mercurio elemental, sales inorgánicas (cloruro y sulfuro fundamentalmente) y mercurio orgánico (dimetilmercurio o metilmercurio), cada una con su propia particularidad toxicocinética y unos efectos determinados sobre la salud. El mercurio ha sido utilizado extensamente en procesos industriales (Randall y Chattopadhyay, 2013), y es conocido su uso en la fabricación de termómetros y otros aparatos de medida. Desde julio del 2007, se estableció la prohibición de fabricar y comercializar termómetros de mercurio en el Estado español (Real decreto 1406/1989). También fue extenso su uso en la preparación de amalgamas dentales, aunque actualmente se utilizan materiales alternativos de obturación.

El mercurio se libera al ambiente como contaminante industrial por su uso en la extracción en minas de oro, entre otros metales, a través de la combustión del carbón y también de manera natural en las erupciones volcánicas. Alrededor de una tercera parte del mercurio liberado en el medio ambiente es de origen natural, mientras que el resto se libera principalmente durante los procesos de obtención de energía eléctrica a partir del carbón y como consecuencia de la utilización generalizada de combustibles fósiles.

Todo el mercurio procedente de estas emisiones se encuentra en forma inorgánica, y finalmente se deposita en suelos y aguas. En el medio acuático, se transforma en metilmercurio (MeHg), la forma orgánica, fruto de la metilación del mercurio en algas y bacterias. Este presenta una toxicidad mayor y es la forma de mercurio más fácilmente absorbible por los organismos vivos.

El metilmercurio se puede encontrar disuelto o bien adsorbido en las partículas en el agua e ingerirse por los microorganismos y el plancton, que constituyen una de las vías de entrada en la cadena trófica (Hong y col., 2012). Es altamente liposoluble y presenta una gran capacidad de fijación en las proteínas y por eso tiene un grado elevado de bioacumulación, de manera que se produce lo que se conoce con el nombre de biomagnificación a través de la cadena trófica. Es por ello que las concentraciones más altas se encuentran en aquellas especies situadas en la parte más alta de la cadena trófica: los grandes predadores como el tiburón, el pez espada o emperador y el atún (ACSA, 2008; Perelló y col., 2008). Los organismos filtradores, particularmente los bivalvos, también lo pueden acumular en cantidades significativas.

Otros alimentos pueden contener mercurio, pero la mayor parte es en forma de mercurio inorgánico. El mercurio inorgánico presente en los alimentos es considerablemente menos tóxico que el metilmercurio.

Esta diferencia en la toxicidad entre las formas orgánicas e inorgánicas del mercurio hace que sea especialmente relevante el hecho de que en este estudio se hayan podido determinar analíticamente sus diferentes especies, ya que hasta ahora el contenido de metilmercurio se extrapolaba a partir del contenido de mercurio total y un factor teórico según el tipo de alimento.

Las vías respiratoria y dérmica están asociadas a situaciones concretas de exposición laboral y son debidas a la exposición a mercurio inorgánico, principalmente. El polvo y los vapores de mercurio se absorben casi completamente por vía pulmonar. Las sales de mercurio producen lesiones en la piel y en las mucosas, pero presentan absorción intestinal baja. La toxicidad del mercurio depende, en gran parte, de la forma química que adopte este metal. El mercurio elemental es poco tóxico por ingestión, ya que se absorbe muy poco y se elimina rápidamente. En cambio, es muy tóxico por inhalación (Driscoll y col., 2013).

Las formas orgánicas del mercurio, y principalmente el metilmercurio, son más tóxicas. A diferencia de las otras formas químicas, se absorben con mucha facilidad por vía digestiva y se eliminan con dificultad. Se acumula en el cerebro, los riñones y el hígado, tiene un claro potencial mutagénico y teratogénico (sustancia probadamente nociva para los fetos).

En intoxicaciones agudas puede causar temblores, convulsiones, incapacidad para andar e, incluso, la muerte. En exposiciones crónicas, las principales manifestaciones se encuentran en los sistemas neurológico y renal. También puede provocar problemas conductuales, alteraciones del lenguaje, pérdidas de memoria e incluso retrasos en el desarrollo general. Muestra de ello es el caso de Minamata, que constituye uno de los mayores desastres ambientales de la historia. Las personas adultas expuestas a la intoxicación por metilmercurio desarrollaron visión borrosa, trastornos olfatorios y gustativos, marcha atáxica, parestesias en las manos, disartria y síntomas sensoriales y psiquiátricos, entre otras manifestaciones. Asimismo, los niños nacidos de madres expuestas presentaban extensas manifestaciones neurológicas (Maruyama y col., 2012; Yorifuji y col., 2011).

Los daños nefrotóxicos están más asociados a intoxicaciones de mercurio inorgánico, que también puede ser corrosivo en las zonas gastrointestinal, cutánea y ocular. Con respecto al potencial carcinógeno, la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (US EPA) ha catalogado el mercurio inorgánico en el grupo C (posibles carcinógenos humanos, con evidencia limitada de estudios en animales y sin información sobre los seres humanos por todas las vías de exposición); el metilmercurio también está clasificado en el grupo C. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha clasificado el metilmercurio como "posiblemente carcinógeno para el ser humano" (Grupo 2B).

Las primeras evaluaciones del Comité Conjunto de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA, 1990) establecieron un nivel de seguridad de ingesta semanal tolerable provisional de 5 µg/kg de peso corporal para el mercurio inorgánico, y de 3,3 µg/kg de peso corporal para el mercurio orgánico (metilmercurio). Evaluaciones más recientes del JECFA (2010) rebajaron estos valores a 4 µg/kg y 1,6 µg/kg de peso corporal, respectivamente. Con nuevos datos sobre la toxicidad del mercurio en mujeres gestantes de poblaciones con un alto nivel de consumo de pescado, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) (2012) evaluó si los valores establecidos por el JECFA todavía eran adecuados y decidió mantener un nivel de seguridad de ingesta semanal tolerable para el mercurio inorgánico de 4 µg/kg de peso corporal, mientras que, para el metilmercurio, el nivel de seguridad se rebajó hasta 1,3 µg/kg de peso corporal.

7.1 Resultados

Las concentraciones de Hg total y MeHg en los diferentes alimentos analizados se presentan en la tabla 34. Como es habitual, solo se ha detectado Hg y MeHg en el grupo del pescado y marisco. Los valores más altos de Hg total se han observado en el emperador y el atún (1,51 y 0,68 $\mu\text{g/g}$ de peso fresco, respectivamente), y son también las dos especies con concentraciones más elevadas de metilmercurio (1,09 y 0,52 $\mu\text{g/g}$ de peso fresco, respectivamente). Por el contrario, mejillón, almeja y salmón han presentado los niveles mínimos (tabla 35).

El estudio actual supone un avance muy importante con respecto a las anteriores campañas ya que, por primera vez, se ha determinado analíticamente el contenido de MeHg en cada una de las muestras de alimentos. El porcentaje de MeHg con respecto a Hg total en muestras de pescado y marisco, el único grupo de alimentos en que se ha detectado la especie orgánica, ha sido de 74%. Este valor supone un nivel notablemente más bajo en el porcentaje utilizado hasta día de hoy, el cual se asumía como 90% del Hg total. En consecuencia, en estudios anteriores se hacía una sobreestimación del riesgo por ingesta de MeHg.

Tabla 34. Concentración de mercurio total en los alimentos. Valores medios

| | Hg total | MeHg | % MeHg vs. Hg total |
|-----------------------|----------|---------|---------------------|
| Carne y derivados | < 0,002 | < 0,002 | - |
| Pescado y marisco | 0,225 | 0,167 | 74 |
| Verduras y hortalizas | < 0,002 | < 0,002 | - |
| Tubérculos | < 0,002 | < 0,002 | - |
| Frutas | < 0,002 | < 0,002 | - |
| Huevos | < 0,002 | < 0,002 | - |
| Leche | < 0,002 | < 0,002 | - |
| Derivados lácticos | < 0,002 | < 0,002 | - |
| Yogur de soja | < 0,002 | < 0,002 | - |
| Pan y cereales | < 0,002 | < 0,002 | - |
| Legumbres | < 0,002 | < 0,002 | - |
| Aceites y grasas | < 0,002 | < 0,002 | - |
| Bollería | < 0,002 | < 0,002 | - |

En $\mu\text{g/g}$ de peso fresco.

Tabla 35. Concentración de Hg total, metilmercurio y Hg inorgánico en el grupo de pescado y marisco. Valores medios

| Alimentos | Hg total | Hg total | Hg inorgánico | % MeHg vs. Hg total |
|---------------------|----------|----------|---------------|---------------------|
| Sardina | 0,082 | 0,053 | 0,029 | 65 |
| Sardina en conserva | 0,050 | 0,028 | 0,022 | 56 |
| Atún | 0,676 | 0,524 | 0,152 | 78 |
| Atún en conserva | 0,367 | 0,229 | 0,138 | 62 |
| Boquerón | 0,087 | 0,067 | 0,020 | 77 |
| Caballa | 0,099 | 0,088 | 0,011 | 89 |
| Emperador | 1,505 | 1,090 | 0,415 | 72 |
| Salmón | 0,021 | 0,016 | 0,005 | 76 |
| Merluza | 0,128 | 0,094 | 0,034 | 73 |
| Salmonete | 0,326 | 0,249 | 0,077 | 76 |
| Lenguado | 0,057 | 0,053 | 0,004 | 94 |
| Sepia | 0,034 | 0,033 | 0,001 | 97 |
| Calamar | 0,052 | 0,041 | 0,011 | 79 |
| Almeja | 0,019 | 0,012 | 0,007 | 65 |
| Mejillón | 0,017 | 0,005 | 0,012 | 27 |
| Gamba | 0,091 | 0,090 | 0,002 | 98 |

En µg/g de peso fresco.

El porcentaje de la relación MeHg vs. Hg total en las diferentes especies de pescado y marisco analizadas ha presentado un intervalo bastante amplio (entre el 28 y el 98%) con una media del 74%. Hay que destacar que las especies con un contenido total más elevado (emperador y atún) presentan relaciones de metilmercurio relativamente bajas, por lo que su aportación a la ingesta será significativamente más baja de lo que había aparecido en estudios anteriores. Al contrario, las especies que han mostrado los porcentajes más elevados (gamba y sepia) presentan valores totales muy bajos, por lo que su incidencia en la ingesta será poco destacada.

7.2 Contribución de los alimentos a la ingesta

Las tablas 36 y 37 presentan la ingesta diaria estimada de mercurio y metilmercurio para un hombre adulto, detallada en función de los diversos grupos de alimentos. En las tablas 38 y 39 se especifica la ingesta diaria estimada de metilmercurio por cada especie de pescado y marisco, el grupo que ha presentado las concentraciones más elevadas, según ambos estudios de consumo de alimentos.

Respecto de los datos de ENCAT (tabla 36), la ingesta estimada de mercurio total a través de la dieta es de 11,42 µg/día (*medium-bound*), mientras que de MeHg es de 7,33 µg/día. Con respecto a los resultados de ENIDE (tabla 37), el mercurio total a través de la dieta es de 19,46 µg/día (*medium-bound*), y el MeHg es de 12,17 µg/día, valor considerablemente más elevado.

Tabla 36. Ingesta diaria estimada de mercurio total y metilmercurio. Hombre adulto (ENCAT). Resumen por grupos de alimentos

| Alimentos | Consumo de alimento g/día | Ingesta de Hg total* µg/día | Ingesta de MeHg µg/día | Ingesta de Hg inorgánico* µg/día |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--|
| Carne y derivados | 171,9 | 0,17 | - | 0,17 |
| Pescado y marisco | 67,5 | 10,20 | 7,33 | 2,87 |
| Verduras y hortalizas | 159,7 | 0,16 | - | 0,16 |
| Tubérculos | 73,1 | 0,07 | - | 0,07 |
| Frutas | 193,6 | 0,19 | - | 0,19 |
| Huevos | 31,3 | 0,03 | - | 0,03 |
| Leche | 157,5 | 0,16 | - | 0,16 |
| Derivados lácticos | 101,3 | 0,10 | - | 0,10 |
| Yogur de soja | 1,4 | 0,001 | - | 0,001 |
| Pan y cereales | 225,3 | 0,23 | - | 0,23 |
| Legumbres | 30,4 | 0,03 | - | 0,03 |
| Aceites y grasas | 27,2 | 0,03 | - | 0,03 |
| Bollería | 45,5 | 0,05 | - | 0,05 |
| TOTAL de alimentos | 1.285 | 11,42 | 7,33 | 4,09 |

* Medium-bound

Tabla 37. Ingesta diaria estimada de mercurio total y metilmercurio. Hombre adulto (ENIDE). Resumen por grupos de alimentos

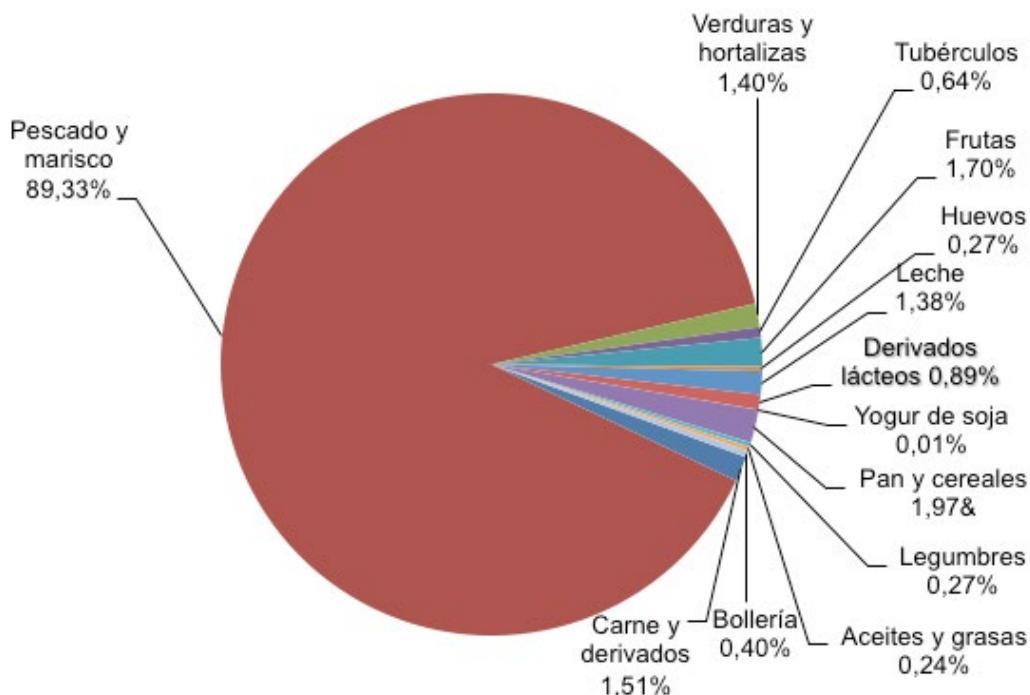
| Alimentos | Consumo de alimento g/día | Ingesta de Hg total* µg/día | Ingesta de MeHg µg/día | Ingesta de Hg inorgánico* µg/día |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--|
| Carne y derivados | 176,3 | 0,18 | - | 0,18 |
| Pescado y marisco | 92,4 | 18,24 | 12,17 | 6,07 |
| Verduras y hortalizas | 197,5 | 0,20 | - | 0,20 |
| Tubérculos | 85,0 | 0,08 | - | 0,08 |
| Frutas | 199,8 | 0,20 | - | 0,20 |
| Huevos | 34,9 | 0,03 | - | 0,03 |
| Leche | 170,3 | 0,17 | - | 0,17 |
| Derivados lácticos | 87,6 | 0,09 | - | 0,09 |
| Yogur de soja | 0,7 | 0,001 | - | 0,001 |
| Pan y cereales | 165,9 | 0,17 | - | 0,17 |
| Legumbres | 23,0 | 0,02 | - | 0,02 |
| Aceites y grasas | 36,3 | 0,04 | - | 0,04 |
| Bollería | 35,5 | 0,04 | - | 0,04 |
| TOTAL de alimentos | 1.305 | 19,46 | 12,17 | 7,29 |

* Medium-bound

La contribución más importante a esta ingesta de Hg se debe al atún en lata y a la merluza, con 3,12 y 2,01 $\mu\text{g}/\text{día}$, respectivamente para el estudio ENCAT. Aunque el emperador es el alimento estudiado que presenta más concentración de mercurio y metilmercurio, su consumo es bajo, por lo que no representa una contribución global significativa (0,88% de la ingesta de MeHg a través de pescado y marisco).

El pescado azul contribuye en un 57% a la ingesta, principalmente por el consumo de atún en lata (1,94 $\mu\text{g MeHg}/\text{día}$). El pescado blanco representa el 32%, con la merluza como principal componente (1,48 $\mu\text{g}/\text{día}$). Finalmente, el marisco representa el 8% de la ingesta, y la gamba es la especie de marisco que representa una ingesta más elevada de MeHg (0,32 $\mu\text{g}/\text{día}$), para el caso del estudio ENCAT (tabla 38). Con respecto al estudio ENIDE, el atún en conserva y el emperador son las especies de pescado que más aportación hacen a la ingesta de MeHg (2,45 y 2,13 $\mu\text{g}/\text{día}$, respectivamente; tabla 39), así como la ingesta de consumo de otras especies que también contribuyen al hecho de que la ingesta de MeHg para un hombre adulto a través del estudio ENIDE sea superior. Hay que remarcar la enorme diferencia relativa al consumo de emperador entre los estudios ENCAT y ENIDE, y solo es 0,06 g/día en el estudio en el ámbito catalán, y más de 30 veces más (1,96 g/día) en el estudio en el ámbito español. Esta importante diferencia supone una variación muy notable en la ingesta total de MeHg, a la que hay que sumar la aportación de otras especies no analizadas (21% y 28% para ENCAT y ENIDE, respectivamente).

En la figura 7 se presenta la contribución de cada grupo de alimentos a la ingesta diaria de mercurio total.



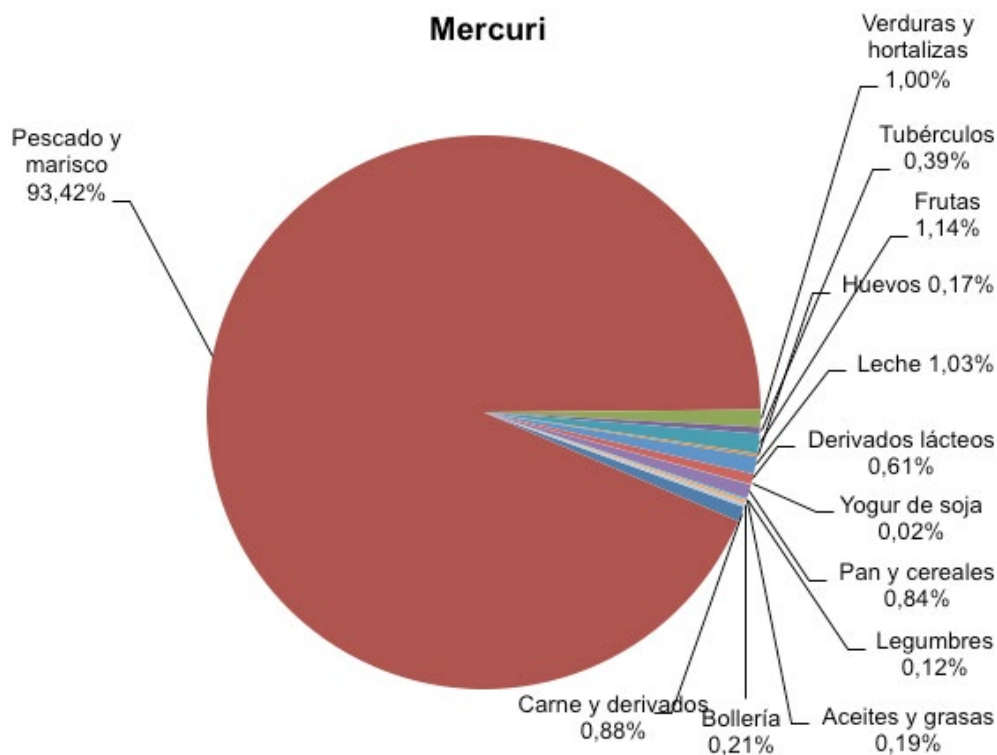


Figura 7. Contribución porcentual del tipo de alimento en la ingesta diaria de mercurio total. ^aENCAT y ^bENIDE.

Tabla 38. Ingesta diaria estimada de metilmercurio para un hombre adulto, teniendo en cuenta las especies analizadas de pescado y marisco. Datos de ENCAT

| Alimentos | Consumo de alimento g/día | Ingesta de Hg inorgánico*µg/día | Ingesta de MeHg* µg/día |
|---------------------|------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Sardina | 2,92 | 0,08 | 0,15 |
| Sardina en conserva | 0,86 | 0,02 | 0,02 |
| Atún | 1,62 | 0,25 | 0,85 |
| Atún en conserva | 8,51 | 1,17 | 1,94 |
| Boquerón | 2,05 | 0,04 | 0,14 |
| Caballa | 1,13 | 0,01 | 0,10 |
| Emperador | 0,06 | 0,02 | 0,06 |
| Salmón | 1,80 | 0,01 | 0,03 |
| Merluza | 15,78 | 0,54 | 1,48 |
| Salmonete | 0,33 | 0,03 | 0,08 |
| Lenguado | 5,48 | 0,02 | 0,29 |
| Sepia | 4,46 | 0,00 | 0,14 |
| Calamar | 3,17 | 0,03 | 0,13 |
| Almeja | 0,27 | 0,00 | 0,00 |
| Mejillón | 0,97 | 0,01 | 0,00 |
| Gamba | 3,53 | 0,01 | 0,32 |
| Otras especies | 14,59 | 0,62 | 1,58 |
| Total | 67,53 | 2,87 | 7,33 |

* Medium-bound.

Tabla 39. Ingesta diaria estimada de metilmercurio para un hombre adulto, teniendo en cuenta las especies analizadas de pescado y marisco. Datos de ENIDE.

| Alimentos | Consumo de alimento g/día | Ingesta de MeHg* µg/día | Ingesta de MeHg* µg/día | Aportación MeHg % |
|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|
| Sardina | 4,62 | 0,13 | 0,24 | 2,0% |
| Sardina en conserva | 0,44 | 0,01 | 0,01 | 0,1% |
| Atún | 2,10 | 0,32 | 1,10 | 9,0% |
| Atún en conserva | 10,71 | 1,48 | 2,45 | 20,1% |
| Boquerón | 2,40 | 0,05 | 0,16 | 1,3% |
| Caballa | 0,73 | 0,01 | 0,06 | 0,5% |
| Emperador | 1,96 | 0,81 | 2,13 | 17,5% |
| Salmón | 2,81 | 0,01 | 0,04 | 0,3% |
| Merluza | 15,02 | 0,51 | 1,40 | 11,5% |
| Salmonete | 0,20 | 0,02 | 0,05 | 0,4% |
| Lenguado | 4,02 | 0,01 | 0,21 | 1,7% |
| Sepia | 2,57 | 0,00 | 0,08 | 0,7% |
| Calamar | 5,61 | 0,06 | 0,23 | 1,9% |
| Almeja | 1,85 | 0,01 | 0,02 | 0,2% |
| Mejillón | 0,48 | 0,01 | 0,00 | 0,0% |
| Gamba | 6,49 | 0,01 | 0,58 | 4,8% |
| Otras especies ^b | 33,25 | 3,84 | 3,38 | 27,8% |
| Total | 95,26 | 7,29 | 12,17 | |

7.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 40 muestra la ingesta estimada de mercurio para los diferentes grupos de población, según edad y sexo.

Los hombres adultos son el grupo de población con una ingesta diaria de mercurio total más elevada (11,42 µg/día y 19,46 µg/día, según los estudios ENCAT y ENIDE, respectivamente). Por el contrario, el grupo de chicos adolescentes presenta el valor más bajo (7,64 µg/día).

Tabla 40. Ingesta diaria estimada de mercurio y metilmercurio de los diferentes grupos de población (ND = 1/2 LOD)

| Grupo de población | Ingesta diaria de mercurio total | Ingesta diaria de mercurio inorgánico | Ingesta diaria de metilmercurio Lower-bound |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---|
| Hombres | 8,95 | 3,23 | 5,72 |
| Hombres ENIDE | 7,64 | 3,06 | 4,58 |
| Mujeres | 8,64 | 3,44 | 5,20 |
| Mujeres ENIDE | 11,42 | 4,09 | 7,33 |
| Niños/as | 19,46 | 7,29 | 12,17 |
| Jóvenes adolescentes | 10,35 | 6,67 | 6,68 |
| Jóvenes adolescentes | 16,29 | 6,13 | 10,16 |
| Varones mayores de 65 años | 10,18 | 3,62 | 6,56 |
| Mujeres mayores de 65 años | 7,88 | 2,89 | 4,99 |

7.4 Evaluación del riesgo

7.4.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos

7.4.1.1 Mercurio inorgánico

En la figura 8 a) se muestran las ingestas estimadas de mercurio inorgánico en los diferentes grupos de población, expresadas en función del peso corporal. Así, el hombre adulto, con una ingesta de 0,41 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$ para el caso de ENCAT y de 0,73 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$ para ENIDE, están claramente por debajo del nivel de seguridad toxicológica establecido por la EFSA (4 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$). Las mujeres más mayores de 65 años son las que han presentado una ingesta semanal de mercurio inorgánico más baja (0,34 $\mu\text{g}/\text{kg}$).

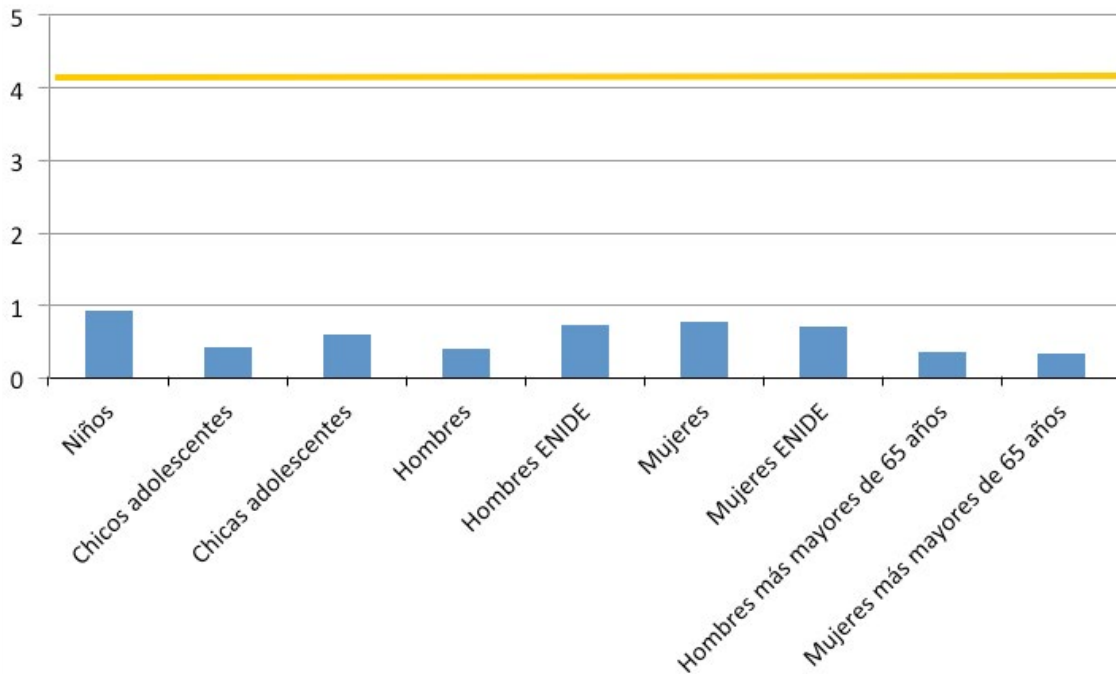


Figura 8 a). Ingesta semanal estimada de mercurio inorgánico según el grupo de población y peso corporal ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/semana). Ingesta calculada considerando los no detectados con valores de *medium-bound*.

7.4.1.2 Metilmercurio

Recientemente, la EFSA ha rebajado el valor de ingesta semanal de 1,6 en 1,3 μg de MeHg/kg/semana. En el presente estudio (figura 8 b), el grupo de niños es el que ha presentado un valor de ingesta más elevado, de 1,67 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$, que excede, por lo tanto, el valor umbral. En el caso de la estimación para hombres y mujeres según ENIDE, los resultados estarían por debajo del umbral máximo de seguridad establecido (1,22 y 1,29 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$, respectivamente). El resto de grupos de población se encuentran por debajo del umbral. Las principales especies de pescado que contribuyen a esta ingesta son el atún en lata y el emperador, dos especies muy consumidas especialmente en la encuesta de consumo de ENIDE.

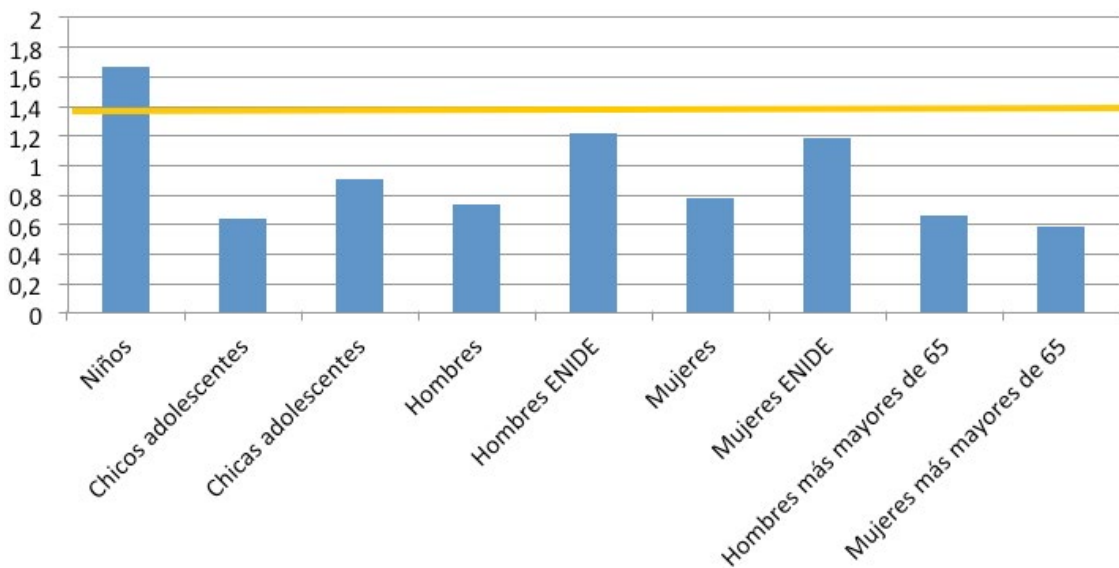


Figura 8 b). Ingesta semanal estimada de metilmercurio según el grupo de población y peso corporal ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/semana). Ingesta calculada considerando los no detectados con valores de *lower-bound*.

7.4.2 Evaluación probabilística de la exposición

Las tablas 41 a) y 41 b) presentan los resultados de la evaluación probabilística de la exposición a mercurio inorgánico a través de la dieta, cuando se considera los valores no detectados (ND) igual a 0 (escenario *lower-bound*).

Tabla 41 a). Percentiles de ingesta relativa de mercurio inorgánico ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día) para la población general según los diferentes grados de incertidumbre considerando ND = 0

| Percentil | Exposición | Grado de incertidumbre | | | |
|-----------|------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 |
| p50 | 0,142 | 0,088 | 0,108 | 0,185 | 0,212 |
| p90 | 0,209 | 0,142 | 0,164 | 0,269 | 0,365 |
| p95 | 0,180 | 0,116 | 0,140 | 0,244 | 0,342 |
| p99 | 0,212 | 0,153 | 0,174 | 0,292 | 0,412 |

Tabla 41 b). Percentiles de ingesta relativa de mercurio inorgánico ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día) por grupos de población según el sexo y los diferentes grados de incertidumbre considerando ND = 0

| Percentil | Exposición | Hombre | | | | Mujer | | | | |
|-----------|------------|------------------------|-------|-------|-------|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | Grado de incertidumbre | | | | Grado de incertidumbre | | | | |
| | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 | Exposición | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 |
| p50 | 0,119 | 0,088 | 0,092 | 0,134 | 0,140 | 0,116 | 0,084 | 0,098 | 0,122 | 0,180 |
| p90 | 0,151 | 0,109 | 0,105 | 0,164 | 0,204 | 0,143 | 0,105 | 0,105 | 0,148 | 0,207 |
| p95 | 0,156 | 0,105 | 0,109 | 0,161 | 0,216 | 0,149 | 0,109 | 0,111 | 0,155 | 0,183 |
| p99 | 0,160 | 0,124 | 0,120 | 0,170 | 0,213 | 0,169 | 0,109 | 0,103 | 0,169 | 0,189 |

Los resultados presentados en ambas tablas muestran, según los diferentes percentiles y grados de incertidumbre, la exposición a la ingesta dietética de mercurio para la población. Los resultados de las poblaciones de hombres y de mujeres son prácticamente idénticos. En todo caso, considerando una ingesta diaria tolerable de 0,571 $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día e ignorando las incertidumbres, el 99,9% de la población total está por debajo de este valor, y el 99,8% y 100% para los hombres y mujeres, respectivamente.

También se ha evaluado la ingesta de mercurio inorgánico considerando los valores no detectados igual al límite de detección (escenario *upper-bound*; tablas 42 a) y 42 b).

Tabla 42 a). Percentiles de ingesta relativa de mercurio inorgánico ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día) para la población general según los diferentes grados de incertidumbre considerando ND = LOD

| Percentil | Exposición | Grado de incertidumbre | | | |
|-----------|------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 |
| p50 | 0,149 | 0,090 | 0,116 | 0,156 | 0,170 |
| p90 | 0,300 | 0,216 | 0,279 | 0,364 | 0,395 |
| p95 | 0,306 | 0,223 | 0,282 | 0,380 | 0,416 |
| p99 | 0,463 | 0,337 | 0,419 | 0,548 | 0,665 |

Tabla 42 b). Percentiles de ingesta relativa de mercurio inorgánico ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día) por grupos de población según el sexo y los diferentes grados de incertidumbre considerando ND = LOD

| Percentil | Exposición | Hombre | | | | Exposición | Mujer | | | |
|-----------|------------|------------------------|-------|-------|-------|------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | | Grado de incertidumbre | | | | | Grado de incertidumbre | | | |
| | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 |
| p50 | 0,123 | 0,089 | 0,099 | 0,137 | 0,148 | 0,119 | 0,086 | 0,103 | 0,123 | 0,185 |
| p90 | 0,253 | 0,202 | 0,206 | 0,251 | 0,297 | 0,227 | 0,185 | 0,200 | 0,225 | 0,269 |
| p95 | 0,299 | 0,256 | 0,26 | 0,304 | 0,347 | 0,259 | 0,225 | 0,233 | 0,255 | 0,318 |
| p99 | 0,456 | 0,364 | 0,404 | 0,471 | 0,502 | 0,36 | 0,295 | 0,305 | 0,335 | 0,387 |

Los resultados referentes a la exposición a mercurio inorgánico son muy similares, independientemente del escenario de trabajo (tablas 41 a y 41 b). En el caso de una situación *upper-bound*, y considerando el mismo valor máximo de ingesta de mercurio inorgánico, el 96,16% de la población no superaría esta recomendación, el 94,86% en el caso de los hombres y el 97,74% para las mujeres.

De manera similar a las notorias diferencias en la exposición a Hg inorgánico y MeHg, obtenidas en el cálculo determinista, la evaluación probabilística también ha demostrado importantes diferencias entre ambos valores. En el caso del metilmercurio, solo ha habido que evaluar un único escenario porque las estimaciones *lower-bound* y *upper-bound* son exactamente iguales, por el hecho de que todas las muestras de pescado y marisco han presentado valores por encima del límite de detección.

Los resultados de la evaluación probabilística de la exposición a metilmercurio a través de la dieta aparecen en las tablas 43 a) y 43 b).

Tabla 43 a. Percentiles de ingesta relativa de metilmercurio ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día) para la población general según los diferentes grados de incertidumbre

| Percentil | Exposición | Grado de incertidumbre | | | |
|-----------|------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 |
| p25 | 0,149 | 0,125 | 0,142 | 0,155 | 0,174 |
| p50 | 0,172 | 0,147 | 0,164 | 0,181 | 0,193 |
| p90 | 0,233 | 0,195 | 0,217 | 0,244 | 0,272 |
| p95 | 0,258 | 0,199 | 0,236 | 0,273 | 0,305 |
| p99 | 0,305 | 0,207 | 0,273 | 0,329 | 0,375 |

Tabla 43 b. Percentiles de ingesta relativa de metilmercurio ($\mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día) por grupos de población según el sexo y los diferentes grados de incertidumbre

| Percentil | Hombre | | | | | Mujer | | | | |
|-----------|------------|------------------------|-------|-------|-------|------------|------------------------|-------|-------|-------|
| | Exposición | Grado de incertidumbre | | | | Exposición | Grado de incertidumbre | | | |
| | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 | | 0,025 | 0,250 | 0,750 | 0,975 |
| p25 | 0,151 | 0,123 | 0,140 | 0,157 | 0,186 | 0,148 | 0,121 | 0,135 | 0,156 | 0,169 |
| p50 | 0,176 | 0,145 | 0,165 | 0,181 | 0,203 | 0,169 | 0,144 | 0,158 | 0,176 | 0,191 |
| p90 | 0,246 | 0,192 | 0,225 | 0,263 | 0,291 | 0,222 | 0,175 | 0,201 | 0,233 | 0,272 |
| p95 | 0,274 | 0,203 | 0,248 | 0,298 | 0,344 | 0,242 | 0,176 | 0,213 | 0,264 | 0,306 |
| p99 | 0,327 | 0,219 | 0,290 | 0,362 | 0,444 | 0,282 | 0,176 | 0,245 | 0,321 | 0,397 |

La exposición probabilística para el consumo de metilmercurio a través de la dieta, por parte de la población catalana, se muestra en función del percentil y el grado de incertidumbre. Estos son muy similares entre sí, y también inferiores en el caso de las mujeres, de manera similar al resto de elementos. En todo caso, considerando una ingesta tolerable de $0,186 \mu\text{g}/\text{kg}$ peso corporal/día, solo el 64,56% de la población total estaría por debajo de este valor, es decir, más del 35% de la población supera la ingesta diaria tolerable recomendada por la EFSA.

La contribución media relativa de los diversos pescados y mariscos a la ingesta de MeHg se muestra en la figura 9. Queda claro que la principal aportación corresponde al conjunto de pescados que no han sido analizados. Esta contribución puede haber sido sobrevalorada, ya que la concentración de estos otros pescados ha sido escogida al azar por el programa MCRA, entre los datos de concentración de los pescados analizados. Así, la contribución de especies muy contaminadas, como el emperador y el atún, en la concentración total, puede ser un sesgo trascendental.

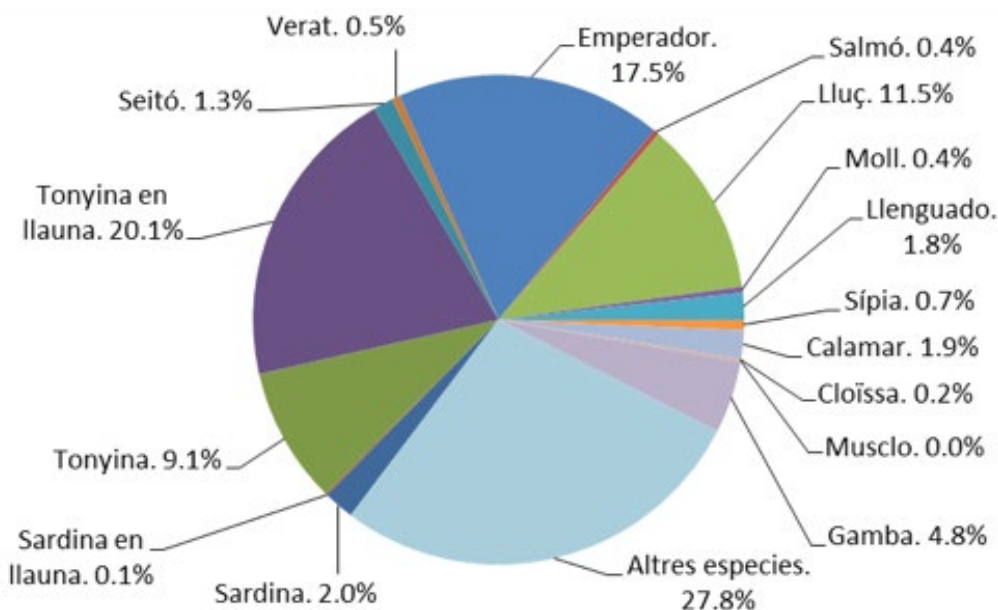


Figura 9. Contribución relativa de diferentes alimentos a la ingesta de MeHg, aplicando los datos de consumo de ENIDE. (Datos en tabla 39)

7.5 Evolución temporal

7.5.1 Concentración

Los resultados en la concentración de mercurio en los grupos de alimentos se muestran en la tabla 44. El grupo del pescado y marisco es el grupo de alimentos en que se encuentra una presencia más elevada y constante de mercurio, y la evolución temporal de la concentración no muestra ninguna tendencia clara. Los otros grupos de alimentos presentan niveles significativamente más bajos y una tendencia a disminuir.

Taula 6.10. Variació temporal de cadmi en els grups d'aliments

| | 2000 | 2005 | 2008 | 2012 |
|-----------------------|-------|-------|-------|---------|
| Carnes y derivados | 0,012 | 0,005 | 0,013 | < 0,002 |
| Pescado y marisco | 0,097 | 0,247 | 0,145 | 0,225 |
| Verduras y hortalizas | 0,001 | 0,004 | 0,007 | < 0,002 |
| Tubérculos | 0,003 | 0,004 | 0,010 | < 0,002 |
| Fruta | 0,001 | 0,008 | 0,006 | < 0,002 |
| Huevos | 0,008 | 0,009 | 0,004 | < 0,002 |
| Leche | 0,003 | 0,004 | 0,004 | < 0,002 |
| Derivados lácticos | 0,012 | 0,004 | 0,005 | < 0,002 |
| Yogur de soja | - | - | - | < 0,002 |
| Pan y cereales | 0,030 | 0,004 | 0,008 | < 0,002 |
| Legumbres | 0,001 | 0,022 | 0,008 | < 0,002 |
| Aceites y grasas | 0,030 | 0,004 | 0,006 | < 0,002 |
| Bollería | - | 0,004 | 0,005 | < 0,002 |

En µg/g de peso fresco

En la tabla 45 se presentan los resultados de las concentraciones de MeHg en las especies de pescado y marisco en los cuatro estudios (2000-2012). A pesar de utilizar factores reales en el cálculo, las concentraciones de metilmercurio en las especies predatoras siguen siendo altas, pero, por otra parte, los niveles en almeja, mejillón y gamba se han reducido.

Tabla 45. Variación temporal de MeHg en las especies de pescado y marisco

| | 2000* | 2005* | 2008* | 2012 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| Sardina | 0,054 | 0,082 | 0,019 | 0,053 |
| Sardina en conserva | - | - | 0,017 | 0,028 |
| Atún | - | 0,485 | 0,449 | 0,524 |
| Atún en conserva | - | - | 0,132 | 0,229 |
| Boquerón | - | 0,082 | 0,063 | 0,067 |
| Caballa | - | 0,094 | 0,048 | 0,088 |
| Emperador | - | 1,928 | 0,782 | 1,090 |
| Salmón | - | 0,046 | 0,007 | 0,016 |
| Merluza | 0,092 | 0,187 | 0,031 | 0,094 |
| Salmonete | - | 0,233 | 0,201 | 0,249 |
| Lenguado | - | 0,082 | 0,027 | 0,053 |
| Sepia | - | 0,056 | 0,008 | 0,033 |
| Calamar | - | 0,024 | 0,004 | 0,041 |
| Almeja | - | 0,018 | 0,016 | 0,012 |
| Mejillón | 0,024 | 0,020 | 0,015 | 0,005 |
| Gamba | - | 0,118 | 0,229 | 0,090 |

En µg/g de peso fresco

*Estimaciones a partir de factores bibliográficos

7.5.2 Ingesta

La ingesta total de mercurio estimada para un individuo estándar en Cataluña es de 11,42 µg/día (tabla 46). Este valor ha ido disminuyendo progresivamente a lo largo del tiempo, y actualmente es un 46% menor en el registro inicial del año 2000. Con respecto al metilmercurio, se observan fluctuaciones, de manera que la actual ingesta es claramente superior a la registrada el año 2008, pero inferior a la de 2005, y es equivalente a la encontrada el año 2000. Para valorar esta evolución es necesario tener en cuenta el hecho de haber cambiado de factores bibliográficos a factores reales en el cálculo del porcentaje del MeHg con respecto a Hg total en el grupo de pescado y marisco y a la mejora de los límites analíticos en el resto de grupos de alimentos.

Tabla 46. Variaciones en la ingesta diaria de mercurio total y metilmercurio

| Alimentos | Consumo de alimento g/día | | Ingesta de Hg total* | | | | Ingesta de MeHg* | | | |
|-----------------------------------|------------------------------|--------------|----------------------|--------------|--------------|--------------|------------------|--------------|-------------|-------------|
| | 2000 | ENCAT 2003 | 2000 | 2005 | 2008 | 2012 | 2000 | 2005 | 2008 | 2012 |
| Carne y derivados | 185 | 171,9 | 2,28 | 0,95 | 2,40 | 0,17 | - | - | - | - |
| Pescado y marisco | 92 | 67,5 | 8,92 | 12,61 | 5,39 | 10,20 | 8,03 | 11,35 | 4,85 | 7,33 |
| Verduras y hortalizas | 226 | 159,7 | 0,11 | 0,61 | 1,60 | 0,16 | - | - | - | - |
| Tubérculos | 74 | 73,1 | 0,22 | 0,29 | 0,74 | 0,07 | - | - | - | - |
| Frutas | 239 | 193,6 | 0,12 | 1,25 | 1,37 | 0,19 | - | - | - | - |
| Huevos | 34 | 31,3 | 0,22 | 0,28 | 0,14 | 0,03 | - | - | - | - |
| Leche | 217 | 157,5 | 0,65 | 0,51 | 0,70 | 0,16 | - | - | - | - |
| Derivados lácteos | 106 | 101,3 | 1,27 | 0,30 | 0,47 | 0,10 | - | - | - | - |
| Yogur de soja* | - | 1,4 | - | - | - | 0,00 | - | - | - | - |
| Pan y cereales | 206 | 225,3 | 6,18 | 0,90 | 1,99 | 0,23 | - | - | - | - |
| Legumbres | 24 | 30,4 | 0,01 | 0,58 | 0,28 | 0,03 | - | - | - | - |
| Aceites y grasas | 41 | 27,2 | 1,23 | 0,11 | 0,12 | 0,03 | - | - | - | - |
| Bollería | - | 45,5 | - | 0,18 | 0,23 | 0,05 | - | - | - | - |
| Total alimento considerado | 1.444 | 1.285 | 21,21 | 18,58 | 15,41 | 11,42 | 8,03 | 11,35 | 4,85 | 7,33 |

* Medium-bound

Los resultados obtenidos en el estudio ENIDE, ingesta total de 18,65 $\mu\text{g}/\text{día}$ de Hg y 12,38 $\mu\text{g}/\text{día}$ de MeHg, son ligeramente superiores a los resultados obtenidos con ENCAT. Esto es debido principalmente al hecho de que en el estudio ENIDE, la ingesta de pescado y marisco es superior.

7.6 Otros estudios

En la tabla 47 se presentan los datos de estudios similares llevados a cabo en diversos lugares de todo el mundo. Aunque la comparativa puede resultar difícil, por razones metodológicas y de diseño, se puede concluir que los valores de ingesta dietética de Hg total y MeHg están en la parte alta del intervalo.

Tabla 47. Ingesta diaria de mercurio total. Comparativa con otros estudios de ingesta

| País | Hg total | MeHg | Autores |
|-----------------|-----------|-----------|-----------------------|
| Cataluña | 11,42 | 7,33 | Estudio actual |
| China | 13,1-71,3 | 3,23-23,3 | Cheng y col., 2013 |
| Cataluña | 40,4 | | Domingo y col., 2012 |
| Noruega | 3,7-5,7 | | Jenssen y col., 2012 |
| Corea | 2,2-3,1 | | Koh y col., 2012 |
| Francia | 7,77 | | ASAS, 2011 |
| China | 0,78 | | Chen y col., 2011 |
| Canadá | | 6,1 | Noisel y col., 2011 |
| China | 4,90 | | Sun y col., 2011 |
| Suecia | | 4,2 | Ström y col., 2011 |
| República Checa | 5,6 | | Pucklová y col., 2010 |
| China | 34,15 | | Zhao y col., 2010 |
| China | | 5,76 | Zhang y col., 2010 |
| Italia | 2,34-6,12 | 0,66-1,74 | Di Leo y col., 2010 |
| Reino Unido | 1,4-3,5 | | Rose y col., 2010 |
| Cataluña | 54,81 | | Rodellar y col., 2010 |
| USA | 8,1 | | Shilling y col., 2010 |
| Japón | 6,76 | | Zhang y col., 2009 |
| Cataluña | 15,41 | 4,85 | Estudio 2008 |

8 Conclusiones

En términos generales, según las concentraciones de los elementos estudiados en muestras de alimentos recogidas durante el año 2012 en Cataluña y los datos de consumo, se aprecia un descenso de la exposición dietética de la población catalana para la mayoría de metales pesados.

Observando en detalle cada uno de los metales analizados, se puede concluir que:

- **Arsénico (As).** Se han detectado cantidades significativas de As en los grupos de pescado y marisco, pan y cereales y bollería. La concentración más elevada se ha encontrado en el salmonete, con 8,67 µg/g de peso fresco. La ingesta diaria de arsénico total para una persona adulta se estima en 216,8 µg/día según la ENCAT y 269,0 µg/día según la ENIDE, de los cuales el 95% proviene de la ingesta de pescado y marisco.
- **Arsénico inorgánico.** Por primera vez se ha especiado el As inorgánico, es decir, se ha determinado analíticamente el porcentaje de esta especie con respecto al As total. Hay que destacar los valores obtenidos en el grupo de pescado y marisco, bollería y pan y cereales. La almeja y el mejillón (0,063 µg/g y 0,048 µg/g de peso fresco, respectivamente) son las especies de pescado y marisco con concentraciones más elevadas. La ingesta de As inorgánico en una persona adulta es de 3,48 y 3,47 µg/día según la ENCAT y la ENIDE, respectivamente, de los cuales un 47,5% frente a un 33% proviene del grupo de pan y cereales, y un 16% frente a un 30%, del pescado y marisco, según la ENCAT y la ENIDE, respectivamente. Todos los valores de ingesta calculados para distintos grupos de población catalana y para la población española adulta (ENIDE) se sitúan por debajo del nivel de seguridad toxicológica establecido.
- **Cadmio (Cd).** Por grupos, los niveles más elevados se han encontrado en el pescado y el marisco, los tubérculos y las legumbres. En concreto, el calamar y el mejillón son los alimentos individuales con una concentración más elevada de Cd (0,262 y 0,170 µg/g de peso fresco, respectivamente). Todos los grupos de población han presentado una ingesta media diaria por debajo del valor del nivel de seguridad toxicológica, establecido por la EFSA en 2,5 µg/kg/semana. La evaluación probabilística indica que una pequeña parte de la población adulta (un 1% aproximadamente) puede superar la ingesta máxima diaria.
- **Plomo (Pb).** Los niveles más elevados de Pb se han encontrado en el grupo de pescado y marisco y de tubérculos (0,028 µg/g y 0,014 µg/g de peso fresco, respectivamente). El mejillón y la almeja han sido los alimentos individuales con concentraciones de Pb más elevadas (0,133 µg/g y 0,130 µg/g de peso fresco, respectivamente). De todos modos, el pan y los cereales es el grupo con una mayor contribución a la ingesta de plomo, principalmente por el consumo de pan de barra, que se estima en 1,80 µg/día. Las ingestas calculadas están claramente por debajo de los valores de referencia que propone la EFSA.

- **Mercurio (Hg).** Solo se ha detectado Hg en el grupo del pescado y marisco. Los valores más elevados se han encontrado en el pez espada (1,51 µg/g de peso fresco) y el atún (0,68 µg/g de peso fresco), mientras que en el mejillón, la almeja y el salmón, las concentraciones han sido comparativamente más bajas. Se ha estimado que la ingesta dietética en una persona adulta (ENCAT) es de 1,14 µg/kg/semana, derivada mayoritariamente del consumo de pescado (1,02 µg/kg/semana), y de 1,95 µg/kg/semana según la ENIDE. El grupo de niños ha presentado la ingesta semanal de mercurio más elevada, con 2,61 µg/kg/semana. Sin embargo, este valor se sitúa claramente por debajo del nivel de seguridad toxicológica establecido por la EFSA de 4 µg/kg/semana para el mercurio inorgánico. La evaluación probabilística indica que el 99,9% de la población total está por debajo de este valor. Si se tienen en cuenta los intervalos de confianza del 95%, un 5% de la población podría llegar a superar la exposición máxima.
- **Metilmercurio (MeHg).** Análogamente al arsénico, en este estudio también se ha llevado a cabo la especiación del mercurio y, por primera vez, se ha analizado la concentración de MeHg en las muestras de alimentos. Como en el caso de Hg total, el pescado y el marisco han sido los únicos que han presentado niveles detectables de MeHg. Según los resultados del presente estudio:
 - El porcentaje medio de MeHg respecto a Hg total ha sido del 74%; la gamba y la sepia son las especies con una contribución más elevada. Por el contrario, el marisco (mejillón y almeja) y las especies en conserva (sardina y atún) han mostrado valores sensiblemente inferiores.
 - El grupo de niños excedería el valor umbral establecido recientemente por la EFSA en 1,3 µg/kg/semana, ya que ha presentado un valor de ingesta semanal de 1,67 µg/kg/semana.
 - Según el cálculo probabilístico de la exposición a metilmercurio por el consumo de alimentos, realizado a partir de los datos de consumo de la ENIDE, la mayor parte de la población adulta catalana (> 75%) presenta una ingesta diaria media de MeHg superior al valor de referencia. Esta elevada exposición, que contrasta con los datos elaborados a partir de la ENCAT, es debida al elevado consumo de atún y pez espada, y al elevado consumo de pescado en general. Hay que destacar que la exposición podría haber sido sobrevalorada, como resultado de la elección al azar que el programa MCRA realiza entre los datos de concentración de los pescados analizados.

En cualquier caso, se considera pertinente continuar con el seguimiento individualizado del metilmercurio dada su importancia toxicológica.

Los resultados obtenidos en este estudio, tanto por las concentraciones de cada uno de los elementos analizados como por la exposición dietética, han sido similares a los observados en otros países e, incluso en algún caso, son inferiores a los otros estudios según datos de la bibliografía científica. La única excepción es el mercurio, especialmente el metilmercurio, lo cual afianza la importancia de continuar el seguimiento individualizado de este elemento y de su especie más tóxica.

Finalmente, cabe añadir que las diferencias de ingestas encontradas en ambos estudios de consumo (ENCAT y ENIDE) han sido mínimas y que se han obtenido resultados muy similares, exceptuando los casos del mercurio y metilmercurio, en los que, según la ENIDE, los resultados en la población adulta han sido más elevados a causa del incremento del consumo de pescado y marisco y destaca la elevada ingesta de atún y pez espada.

9 Bibliografía

ACSA (2008). Contaminants químics. Estudi de dieta total a Catalunya, 2008. Disponible a: <http://www.gencat.cat/salut/acsa/html/es/dir1593/doc34191.html> [Consulta: 04 juny 2013].

AESAN (2011) ENIDE: Encuesta nacional de ingesta dietética (2009-2010). Resultados sobre datos de consumo. Disponible a: http://www.aesan.msc.es/AESAN/web/evaluacion_riesgos/subseccion/enide.shtml [Consulta: 04 juny 2013].

Amzal B, Julin B, Vahter M, Wolk A, Johanson G, Akesson A. Population toxicokinetic modeling of cadmium for health risk assessment. *Environ Health Perspect.* 2009;117(8):1293-301.

ANSES. Dietary exposure to chemical substances: ANSES publishes the results of the second French Total Diet Study. 2011. Disponible a: <http://www.anses.fr/en/content/dietary-exposure-chemical-substances-anses-publishes-results-second-french-total-diet-study> [Consulta: 04 juny 2013].

Baeyens W, Gao Y, De Galan S, Bilau M, Van Larebeke N, Leermakers M. Dietary exposure to total and toxic arsenic in Belgium: importance of arsenic speciation in North Sea fish. *Mol Nutr Food Res.* 2009;53(5):558-65.

Bailey K, Xia Y, Ward WO, Knapp G, Mo J, Mumford JL, Owen RD, Thai SF. Global gene expression profiling of hyperkeratotic skin lesions from inner Mongolians chronically exposed to arsenic. *Toxicol Pathol.* 2009;37(7):849-59.

Bailey KA, Wallace K, Smeester L, Thai SF, Wolf DC, Edwards SW, Fry RC. Transcriptional Modulation of the ERK1/2 MAPK and NF- κ B Pathways in Human Urothelial Cells After Trivalent Arsenical Exposure: Implications for Urinary Bladder Cancer. *J Can Res Updates.* 2012;1:57-68.

Bjeremo H, Sand S, Nälsén C, Lundh T, Enghardt Barbieri H, Pearson M, Lindroos AK, Jönsson BA, Barregård L, Darnerud PO. Lead, mercury, and cadmium in blood and their relation to diet among Swedish adults. *Food Chem Toxicol.* 2013;57:161-9.

Bloom NS. On the methylmercury content of fish tissue. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* 1992;49:1010-17.

Capdevila F, Llop D, Guillén N, Luque V, Pérez S, Sellés V, Fernández-Ballart J, Martí-Henneberg C. Consumo, hábitos alimentarios y estado nutricional de la población de Reus (X): evolución de la ingestión alimentaria y de la contribución de los macronutrientes al aporte energético (1983-1999), según edad y sexo. *Med Clín.* 2003;121:126-31.

Chen C, Qian Y, Chen Q, Li C. Assessment of daily intake of toxic elements due to consumption of vegetables, fruits, meat, and seafood by inhabitants of Xiamen, China. *J Food Sci.* 2011;76(8):181-88.

Cheng Z, Wang HS, Du J, Sthiannopkao S, Xing GH, Kim KW, Yasin MS, Hashim JH, Wong MH. Dietary exposure and risk assessment of mercury via total diet study in Cambodia. *Chemosphere.* 2013;92(1):143-9.

Cleland B, Tsuchiya A, Kalman DA, Dills R, Burbacher TM, White JW, Faustman EM, Mariën K. Arsenic exposure within the Korean community (United States) based on dietary behavior and arsenic levels in hair, urine, air, and water. *Environ Health Perspect.* 2009;117(4):632-8.

De Boer WJ, van der Voet H, Bokkers BG, Bakker MI, Boon PE. Comparison of two models for the estimation of usual intake addressing zero consumption and non-normality. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess.* 2009;26(11):1433-49.

De Boer WJ, van der Voet H. MCRA 7 a web-based program for Monte Carlo Risk Assessment. Reference Manual documenting MCRA Release 7.1. 2011. [<http://mcra.rivm.nl>] [Consulta: 20 desembre 2013].

Departament de Sanitat i Seguretat Social. Avaluació de l'estat nutricional de la població catalana 2002-2003. Evolució dels hàbits alimentaris i del consum d'aliments i nutrients a Catalunya (1992-2003). Barcelona: Direcció General de Salut Pública. Generalitat de Catalunya; 2003.

Di Leo A, Cardellicchio N, Giandomenico S, Spada L. Mercury and methylmercury contamination in *Mytilus galloprovincialis* from Taranto Gulf (Ionian Sea, Southern Italy): risk evaluation for consumers. *Food Chem Toxicol.* 2010;48(11):3131-6.

Domingo JL, Perelló G, Giné Bordonaba J. Dietary intake of metals by the population of Tarragona County (Catalonia, Spain): results from a duplicate diet study. *Biol Trace Elem Res.* 2012;146(3):420-5.

Driscoll CT, Mason RP, Chan HM, Jacob DJ, Pirrone N. Mercury as a global pollutant: sources, pathways, and effects. *Environ Sci Technol.* 2013;47(10):4967-83.

EFSA. EFSA, European Food Safety Agency. *EFSA Journal.* 2006;328:1-4.

EFSA. Guidance of the Scientific Committee on a request from EFSA related to Uncertainties in Dietary Exposure Assessment. *EFSA Journal.* 2006;438:1-54.

EFSA. Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on Arsenic in Food. *EFSA Journal.* 2009;7:1351.

EFSA. Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on Cadmium in Food. *EFSA Journal.* 2009;980:1-139.

EFSA. Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on Lead in Food. *EFSA journal.* 2010;8:1570.

EFSA. Scientific Report of EFSA Cadmium dietary exposure in the European population. *EFSA Journal*. 2012;10:2551.

EFSA. Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. *EFSA Journal*. 2012;10:2985.

Fontcuberta M, Calderon J, Villalbí JR, Centrich F, Portaña S, Espelt A, Duran J, Nebot M. Total and inorganic arsenic in marketed food and associated health risks for the Catalan (Spain) population. *J Agric Food Chem*. 2011;59(18):10013-22.

Frye E, Bao C, Li L, Blumsack S. Environmental controls of cadmium desorption during CO₂ leakage. *Environ Sci Technol*. 2012;46(8):4388-95.

Hanh HT, Kim KW, Bang S, Hoa NM. Community exposure to arsenic in the Mekong river delta, Southern Vietnam. *J Environ Monit*. 2011;13(7):2025-32.

Hartwig A. Cadmium and cancer. *Met Ions Life Sci*. 2013;11:491-507.

Hong YS, Kim YM, Lee KE. Methylmercury exposure and health effects. *J Prev Med Public Health*. 2012;45(6):353-63.

Huang LC, Tang J, Zhang RH, Gu F, Fang YQ, Zhang HX, Chen J, Li N, Ding GQ. Exposure assessment on dietary lead and cadmium of residents in three areas of Zhejiang province from 2009 to 2010. *Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi*. 2012;46(1):42-5.

Hubaux R, Becker-Santos DD, Enfield KS, Rowbotham D, Lam S, Lam WL, Martinez VD. Molecular features in arsenic-induced lung tumors. *Mol Cancer*. 2013;12:20.

IARC. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2001.

IARC. Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC Monographs volumes 1-42. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2004.

Jenssen MT, Brantsæter AL, Haugen M, Meltzer HM, Larssen T, Kvaalem HE, Birgisdottir BE, Thomassen Y, Ellingsen D, Alexander J, Knutsen HK. Dietary mercury exposure in a population with a wide range of fish consumption-self-capture of fish and regional differences are important determinants of mercury in blood. *Sci Total Environ*. 2012;439:220-9.

Jiang JQ, Ashekuzzaman SM, Jiang A, Sharifuzzaman SM, Chowdhury SR. Arsenic contaminated groundwater and its treatment options in Bangladesh. *Int J Environ Res Public Health*. 2012;10:18-46.

Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Sixty-first Meeting. Rome, 10-19 June 2003.

Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Seventy-second Meeting. Rome, 16-25 February 2010.

Calderón J, Gonçalves S, Cordeiro B, De la Calle B. Determination of methylmercury in seafood by direct mercury analysis: Standard operating procedure. Geel: European Commission Joint Research Centre (JRC); 2013.

Khan NI, Owens G, Bruce D, Naidu R. An effective dietary survey framework for the assessment of total dietary arsenic intake in Bangladesh: part-A-FFQ design. *Environ Geochem Health*. 2009;31:207-20.

Koh E, Shin H, Yon M, Nam JW, Lee Y, Kim D, Lee J, Kim M, Park SK, Choi H, Kim CI. Measures for a closer-to-real estimate of dietary exposure to total mercury and lead in total diet study for Koreans. *Nutr Res Pract*. 2012;6:436-43.

Li G, Sun GX, Williams PN, Nunes L, Zhu YG. Inorganic arsenic in Chinese food and its cancer risk. *Environ Int*. 2011;37:1219-25.

Linares V, Perelló G, Nadal M, Gómez-Catalán J, Llobet JM, Domingo JL. Environmental versus dietary exposure to POPs and metals: a probabilistic assessment of human health risks. *J Environ Monit*. 2010;12(3):681-8.

Liu P, Wang CN, Song XY, Wu YN. Dietary intake of lead and cadmium by children and adults - Result calculated from dietary recall and available lead/cadmium level in food in comparison to result from food duplicate diet method. *Int J Hyg Environ Health*. 2010;213(6):450-7.

Llorente-Mirandes T, Calderón J, López-Sánchez JF, Centrich F, Rubio R. A fully validated method for the determination of arsenic species in rice and infant cereal products. *Pure Appl Chem*. 2012;84:225-38.

Maruyama K, Yorifuji T, Tsuda T, Sekikawa T, Nakadaira H, Saito H. Methyl mercury exposure at Niigata, Japan: results of neurological examinations of 103 adults. *J Biomed Biotechnol*. 2012;2012:635075 [en premsa].

McElroy JA, Shafer MM, Trentham-Dietz A, Hampton JM, Newcomb PA. Urinary cadmium levels and tobacco smoke exposure in women age 20-69 years in the United States. *J Toxicol Environ Health A*. 2007;70:1779-82.

Melkonian S, Argos M, Chen Y, Parvez F, Pierce B, Ahmed A, Islam T, Ahsan H. Intakes of several nutrients are associated with incidence of arsenic-related keratotic skin lesions in Bangladesh. *J Nutr*. 2012;142(12):2128-34.

Muñoz O, Vélez D, Montoro R. Optimization of the solubilization, extraction and determination of inorganic arsenic [As(III) + As(V)] in seafood products by acid digestion, solvent extraction and hydride generation atomic absorption spectrometry. *Analyst*. 1999;124(4):601-7.

Nasreddine L, Nashalian O, Naja F, Itani L, Parent-Massin D, Nabhani-Zeidan M, Hwalla N. Dietary exposure to essential and toxic trace elements from a Total diet study in an adult Lebanese urban population. *Food Chem Toxicol*. 2010;48(5):1262-9.

Naujokas MF, Anderson B, Ahsan H, Aposhian HV, Graziano JH, Thompson C, Suk WA. The broad scope of health effects from chronic arsenic exposure: update on a worldwide public health problem. *Environ Health Perspect.* 2013; 121(3):295-302.

Noisel N, Bouchard M, Carrier G, Plante M. Comparison of a toxicokinetic and a questionnaire-based approach to assess methylmercury intake in exposed individuals. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 2011;21(3):328-35.

Oguri T, Yoshinaga J, Tao H, Nakazato T. Daily intake of inorganic arsenic and some organic arsenic species of Japanese subjects. *Food Chem Toxicol.* 2012;50(8): 2663-7.

OMS. Guidelines for the study of dietary intakes of chemical contaminants. WHO Offset Publ 87. 1985;(87):1-102.

Osada M, Izuno T, Kobayashi M, Sugita M. Relationship between environmental exposure to cadmium and bone metabolism in a non-polluted area of Japan. *Environ Health Prev Med.* 2011;16(6):341-9.

Othman ZA. Lead contamination in selected foods from Riyadh city market and estimation of the daily intake. *Molecules.* 2010;15(10):7482-97.

Perelló G, Martí-Cid R, Llobet JM, Domingo JL. Effects of various cooking processes on the concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in foods. *J Agric Food Chem.* 2008;56(23):11262-9.

Puklová V, Batáříová A, Cerná M, Kotlík B, Kratzer K, Melichercik J, Ruprich J, Rehůrková I, Speváková V. Cadmium exposure pathways in the Czech urban population. *Cent Eur J Public Health.* 2005;13(1):11-9.

Puklová V, Krsková A, Cerná M, Cejchanová M, Rehůrková I, Ruprich J, Kratzer K, Kubínová R, Zimová M. The mercury burden of the Czech population: An integrated approach. *Int J Hyg Environ Health.* 2010;213(4):243-51.

Rahman M, Sohel N, Yunus M, Chowdhury ME, Hore SK, Zaman K, Bhuiya A, Streatfield PK. Increased childhood mortality and arsenic in drinking water in Matlab, Bangladesh: a population-based cohort study. *PLoS One* 2013;8(1):55014.

Randall PM, Chattopadhyay S. Mercury contaminated sediment sites-an evaluation of remedial options. *Environ Res.* 2013;125:131-49.

Rodellar S, Fontcuberta M, Arqués JF, Calderon J, Ribas Barba L, Serra-Majem L. Mercury and methylmercury intake estimation due to seafood products for the Catalanian population (Spain). *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess.* 2010;27(1):29-35.

Rodríguez-Barranco M, Lacasaña M, Aguilar-Garduño C, Alguacil J, Gil F, González-Alzaga B, Rojas-García A. Association of arsenic, cadmium and manganese exposure with neurodevelopment and behavioural disorders in children: a systematic review and meta-analysis. *Sci Total Environ*. 2013;454-455:562-77.

Roman B, Serra-Majem L, Ribas L, Pérez-Rodrigo C, Aranceta J. Actividad física en la población infantil y juvenil española en el tiempo libre. *Estudio EnKid (1998-2000)*. *Apuntes Medicina de l'Esport*. 2006;41:86-94.

Rose M, Baxter M, Brereton N, Baskaran C. Dietary exposure to metals and other elements in the 2006 UK Total Diet Study and some trends over the last 30 years. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2010;27(10):1380-404.

Ruangwises S, Ruangwises N, Saipan P. Dietary intake of total and inorganic arsenic by adults in arsenic-contaminated Dan Chang district, Thailand, using duplicate food approach. *Bull Environ Contam Toxicol*. 2011;86(2):208-11.

Ruangwises S, Saipan P. Dietary intake of total and inorganic arsenic by adults in arsenic-contaminated area of Ron Phibun district, Thailand. *Bull Environ Contam Toxicol*. 2010;84:274-7.

Saha N, Zaman MR. Evaluation of possible health risks of heavy metals by consumption of foodstuffs available in the central market of Rajshahi City, Bangladesh. *Environ Monit Assess*. 2013;185(5):3867-78.

Sand S, Becker W. Assessment of dietary cadmium exposure in Sweden and population health concern including scenario analysis. *Food Chem Toxicol*. 2012;50(3-4):536-44.

Shilling F, White A, Lippert L, Lubell M. Contaminated fish consumption in California's Central Valley Delta. *Environ Res*. 2010;110(4):334-44.

Signes A, Mitra K, Burlo F, Carbonell-Barrachina AA. Effect of cooking method and rice type on arsenic concentration in cooked rice and the estimation of arsenic dietary intake in a rural village in West Bengal, India. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2008;25(11):1345-52.

Soleo L, Lovreglio P, Panuzzo L, D'Errico MN, Basso A, Gilberti ME, Drago I, Tomasi C, Apostoli P. Health risk assessment of exposure to metals in the workers of the steel foundry and in the general population of Taranto (Italy). *G Ital Med Lav Ergon*. 2012;34(4):381-91.

Ström S, Helmfriid I, Glynn A, Berglund M. Nutritional and toxicological aspects of seafood consumption-an integrated exposure and risk assessment of methylmercury and polyunsaturated fatty acids. *Environ Res*. 2011;111(2):274-80.

Sun J, Wang C, Song X, Wu Y, Yuan B, Liu P. Dietary intake of mercury by children and adults in Jinhu area of China. *Int J Hyg Environ Health*. 2011;214:246-50.

Sung TI, Wang YJ, Chen CY, Hung TL, Guo HR. Increased serum level of epidermal growth factor receptor in liver cancer patients and its association with exposure to arsenic. *Sci Total Environ*. 2012;424:74-8.

UNEP. Final review of scientific information on cadmium. 2010. Disponible a: http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Lead_Cadmium/docs/Interim_reviews/UNEP_GC26_INF_11_Add_2_Final_UNEP_Cadmium_review_and_appendix_Dec_2010.pdf [Consulta: 04 juny 2013].

Van der Voet H, Slob W. Integration of probabilistic exposure assessment and probabilistic hazard characterization. *Risk Anal*. 2007;27:351-71.

Vromman V, Waegeneers N, Cornelis C, De Boosere I, Van Holderbeke M, Vinkx C, Smolders E, Huyghebaert A, Pussemier L. Dietary cadmium intake by the Belgian adult population. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2010;27(12):1665-73.

Whyte AL, Hook GR, Greening GE, Gibbs-Smith E, Gardner JP. Human dietary exposure to heavy metals via the consumption of greenshell mussels (*Perna canaliculus* Gmelin 1791) from the Bay of Islands, northern New Zealand. *Sci Total Environ*. 2009;407(14):4348-55.

Wynant W, Siemiatycki J, Parent MÉ, Rousseau MC. Occupational exposure to lead and lung cancer: results from two case-control studies in Montreal, Canada. *Occup Environ Med*. 2013;70(3):164-70.

Yorifuji T, Tsuda T, Inoue S, Takao S, Harada M. Long-term exposure to methylmercury and psychiatric symptoms in residents of Minamata, Japan. *Environ Int*. 2011;37:907-13.

Yuan Y, Marshall G, Ferreccio C, Steinmaus C, Liaw J, Bates M, Smith AH. Kidney cancer mortality: fifty-year latency patterns related to arsenic exposure. *Epidemiology*. 2010;21(1):103-8.

Zhang H, Feng X, Larssen T, Qiu G, Vogt RD. In inland China, rice, rather than fish, is the major pathway for methylmercury exposure. *Environ Health Perspect*. 2010;118(9):1183-8.

Zhang Y, Nakai S, Masunaga S. An exposure assessment of methyl mercury via fish consumption for the Japanese population. *Risk Anal*. 2009;29(9):1281-91.

Zhao G, Zhou H, Wang Z. Concentrations of selected heavy metals in food from four e-waste disassembly localities and daily intake by local residents. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng*. 2010;45(7):824-35.

10 Anexos

Tabla 1. Concentraciones de metales (en µg/g) de los alimentos estudiados

| Alimento | As | As inorg | Cd | Hg | MetHg | Pb |
|--------------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|-------------------|--------------|
| Filete de ternera | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,002 |
| Hamburguesa de ternera | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,006 |
| Lomo de cerdo | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,003 |
| Longaniza de cerdo | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,010 |
| Pechuga de pollo | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,003 |
| Chuleta/muslo de cordero | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,004 |
| Jamón de York | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,017 |
| Frankfurt | < 0,002 | < 0,002 | 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,016 |
| Chorizo | 0,004 | < 0,002 | 0,005 | < 0,002 | < 0,002 | 0,038 |
| Jamón serrano | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,016 |
| Carne y derivados | 0,001 | < 0,002 | 0,001 | < 0,002 | < 0,002 | 0,011 |
| Sardina | 3,806 | 0,039 | 0,004 | 0,082 | 0,053 | 0,016 |
| Sardina en conserva | 2,308 | 0,020 | 0,027 | 0,050 | 0,028 | 0,047 |
| Atún | 0,944 | 0,004 | 0,009 | 0,676 | 0,524 | 0,007 |
| Atún en conserva | 0,578 | 0,005 | 0,011 | 0,367 | 0,229 | 0,009 |
| Boquerón | 4,567 | 0,010 | 0,009 | 0,087 | 0,067 | 0,008 |
| Caballa | 1,631 | 0,032 | 0,007 | 0,099 | 0,088 | 0,008 |
| Pez espada | 2,187 | 0,009 | 0,040 | 1,505 | 1,090 | 0,002 |
| Salmón | 0,442 | 0,003 | < 0,002 | 0,021 | 0,016 | 0,002 |
| Merluza | 2,846 | 0,003 | 0,002 | 0,128 | 0,094 | 0,003 |
| Salmonete | 8,665 | 0,012 | < 0,002 | 0,326 | 0,249 | 0,035 |
| Lenguado | 6,310 | < 0,002 | < 0,002 | 0,057 | 0,053 | 0,004 |
| Sepia | 4,660 | < 0,002 | 0,087 | 0,034 | 0,033 | 0,014 |
| Calamar | 1,985 | < 0,002 | 0,262 | 0,052 | 0,041 | 0,010 |
| Almeja | 3,645 | 0,063 | 0,122 | 0,019 | 0,012 | 0,130 |
| Mejillón | 2,511 | 0,048 | 0,170 | 0,017 | 0,005 | 0,133 |
| Gamba | 4,685 | 0,020 | 0,047 | 0,091 | 0,090 | 0,025 |
| Pescado y marisco | 3,235 | 0,017 | 0,050 | 0,225 | 0,167 | 0,028 |
| Lechuga | < 0,002 | < 0,002 | 0,018 | < 0,002 | < 0,002 | 0,014 |
| Tomate | < 0,002 | < 0,002 | 0,003 | < 0,002 | < 0,002 | 0,002 |
| Coliflor | < 0,002 | < 0,002 | 0,006 | < 0,002 | < 0,002 | 0,002 |
| Judía verde | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,006 |
| Cebolla | < 0,002 | < 0,002 | 0,003 | < 0,002 | < 0,002 | 0,003 |
| Pimiento | < 0,002 | < 0,002 | 0,005 | < 0,002 | < 0,002 | 0,004 |
| Zanahoria | 0,003 | 0,003 | 0,007 | < 0,002 | < 0,002 | 0,015 |
| Berenjena | 0,008 | 0,008 | 0,006 | < 0,002 | < 0,002 | 0,002 |

| Alimento | As | As inorg | Cd | Hg | MetHg | Pb |
|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Verdura | 0,002 | 0,002 | 0,006 | < 0,002 | < 0,002 | 0,006 |
| Patata | < 0,002 | < 0,002 | 0,015 | < 0,002 | < 0,002 | 0,014 |
| Tubérculos | < 0,002 | < 0,002 | 0,015 | < 0,002 | < 0,002 | 0,014 |
| Manzana | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,005 |
| Naranja | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 |
| Pera | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,003 |
| Plátano | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,002 |
| Fresa | 0,005 | 0,004 | 0,015 | < 0,002 | < 0,002 | 0,010 |
| Mandarina | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,004 |
| Melocotón | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,008 |
| Fruta | 0,002 | 0,001 | 0,003 | < 0,002 | < 0,002 | 0,005 |
| Huevos de gallina | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,003 |
| Huevos | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,003 |
| Leche entera | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 |
| Leche semidesnata | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 |
| Leche | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 |
| Yogur | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 |
| Queso tierno | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,019 |
| Queso semicurado | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,014 |
| Queso curado | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,013 |
| Derivados lácteos | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,012 |
| Yogur de soja | < 0,002 | < 0,002 | 0,003 | < 0,002 | < 0,002 | 0,003 |
| Pan blanco | 0,012 | 0,008 | 0,017 | < 0,002 | < 0,002 | 0,017 |
| Pan de molde | 0,009 | 0,006 | 0,014 | < 0,002 | < 0,002 | 0,015 |
| Pan integral | 0,013 | 0,008 | 0,016 | < 0,002 | < 0,002 | 0,011 |
| Arroz | 0,178 | 0,001 | 0,007 | < 0,002 | < 0,002 | 0,002 |
| Pasta alimenticia | 0,013 | 0,011 | 0,023 | < 0,002 | < 0,002 | 0,003 |
| Pan y cereales | 0,045 | 0,007 | 0,015 | < 0,002 | < 0,002 | 0,010 |
| Lentejas | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,012 |
| Judía blanca | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,016 |
| Garbanzos | 0,007 | 0,004 | 0,006 | < 0,002 | < 0,002 | 0,008 |
| Guisantes | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,010 |
| Legumbres | 0,003 | 0,002 | 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,011 |
| Aceite de oliva | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,002 |
| Aceite de girasol | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 |
| Margarina | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,006 |
| Mantequilla | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,010 |
| Aceites y grasas | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,005 |
| Cruasán | 0,004 | 0,003 | 0,012 | < 0,002 | < 0,002 | 0,014 |
| Galletas maría | 0,004 | 0,004 | 0,011 | < 0,002 | < 0,002 | 0,014 |
| Cereales para desayunar | 0,031 | 0,028 | 0,007 | < 0,002 | < 0,002 | 0,009 |
| Bollería industrial | 0,013 | 0,011 | 0,010 | < 0,002 | < 0,002 | 0,012 |

Tabla 2. Consumo diario (en g/día) por parte de la población adulta (hombres y mujeres) de las especies de pescado no estudiadas, según la ENIDE

| Especies de pescado | En g/día |
|---|----------|
| Anguila | 0,04 |
| Angula | 0,01 |
| Boquerón | 1,62 |
| Huevas frescas | 0,06 |
| Jurel | 0,75 |
| Palometón / castañola o japuta | 0,14 |
| Rodaballo | 0,09 |
| Trucha | 1,27 |
| Abadejo | 0,03 |
| Maira / lirio | 0,61 |
| Bacalao fresco | 3,67 |
| Besugo | 0,23 |
| Brótola | 0,03 |
| Cabracho | 0,06 |
| Congrio | 0,12 |
| Dorada | 2,89 |
| Filete de fletán | 0,21 |
| Filete de gallo | 0,83 |
| Filete de perca | 0,42 |
| Lubina | 0,91 |
| Mero | 0,56 |
| Palenca / fáneca | 0,24 |
| Morena | 0,01 |
| Pececillos (chanquetes, morralla, etc.) | 0,08 |
| Pulpo | 2,20 |
| Rape | 1,45 |
| Raya | 0,41 |
| Cangrejos, nécoras y similares | 0,22 |
| Centollos | 0,09 |
| Cigala | 0,34 |
| Langostino | 1,28 |
| Camarón | 0,06 |
| Langosta y bogavante | 0,21 |
| Percebe | 0,04 |
| Crustáceos en general | 0,06 |
| Caracol | 0,03 |
| Caracol de mar | 0,47 |
| Lapa | 0,03 |
| Conserva de almejas | 0,05 |
| Berberecho | 0,41 |
| Conserva de berberechos | 0,05 |

| Especies de pescado | En g/día |
|---|--------------|
| Chirla | 0,17 |
| Coquina | 0,03 |
| Conserva de mejillones | 0,55 |
| Navaja | 0,10 |
| Conserva de navajas | 0,03 |
| Ostra | 0,04 |
| Vieira | 0,07 |
| Concha variada | 0,01 |
| Pescado rebozado y pasteles de pescado precocinados | 0,11 |
| Conserva de calamar y similares | 0,07 |
| Conserva de anchoas | 0,42 |
| Productos de huevos de pescado frescos | 0,02 |
| Bacalao y otros, pobres en grasa, en salazón o ahumados | 0,01 |
| Salmón en salazón o ahumado | 0,39 |
| Surimi (palitos de mar, cola de langosta, gulas, etc.) | 1,11 |
| Otros productos del mar | 0,03 |
| Otros pescados grasos | 0,38 |
| Otros pescados magros | 1,89 |
| Total aproximado | 27,71 |