

Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en relación a la evaluación del riesgo de la exposición de la población española a cadmio por consumo de alimentos

Número de referencia: AESAN-2011-009

Documento aprobado por el Comité Científico en su sesión plenaria de 30 de noviembre de 2011

Miembros del Comité Científico

Rosaura Farré Rovira, Francisco Martín Bermudo, Ana María Cameán Fernández, Alberto Cepeda Sáez, Mariano Domingo Álvarez, Antonio Herrera Marteache, Félix Lorente Toledano, M^a Rosario Martín de Santos, Emilio Martínez de Victoria Muñoz, M^a Rosa Martínez Larrañaga, Antonio Martínez López, Cristina Nerín de la Puerta, Teresa Ortega Hernández-Agero, Perfecto Paseiro Losada, Catalina Picó Segura, Rosa María Pintó Solé, Antonio Pla Martínez, Daniel Ramón Vidal, Jordi Salas Salvadó, M^a Carmen Vidal Carou

Grupo de Trabajo

M^a Rosa Martínez Larrañaga
(Coordinadora)
Ana María Cameán Fernández
Rosaura Farré Rovira
Cristina Nerín de la Puerta
Antonio Pla Martínez

Secretario

Vicente Calderón Pascual

Resumen

El cadmio (Cd), metal pesado, es un contaminante ambiental cuyas fuentes provienen del medio natural, de la industria y de la agricultura. Los alimentos son la principal fuente de exposición para la población no-fumadora. La absorción de Cd a través de la dieta en el hombre es baja (3-5%), pero el Cd se retiene en el riñón y en el hígado con una semivida biológica de 10 a 30 años. El Cd es primariamente tóxico al riñón, especialmente a nivel celular tubular proximal donde se acumula y puede originar disfunción renal. El Cd también origina desmineralización ósea, bien por lesión directa del hueso o indirectamente por una disfunción renal. Tras una exposición alta o prolongada, la lesión tubular puede progresar y originar una disminución de la filtración glomerular renal. Está aceptado el nivel de Cd en la orina como biomarcador de la cantidad acumulada en los riñones. La IARC (Agencia Internacional de Investigaciones sobre el cáncer) ha clasificado al Cd como carcinógeno para el hombre (Grupo 1) en base a estudios ocupacionales. Nuevos datos de exposición están estadísticamente asociados con un incremento del riesgo de cáncer en pulmón, endometrio, vejiga y mama.

JECFA (Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios) estableció una PTWI (ingesta semanal tolerable provisional) de 7 µg Cd/kg p.c./semana, PTWI que ha

estado pendiente de investigación. EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, *CONTAM Panel*) llevó a cabo un meta-análisis de estudios seleccionados para evaluar la relación dosis-respuesta entre los niveles de Cd y de la proteína β -2-microglobulina (B2M) en la orina. La B2M, es una proteína de bajo peso molecular, reconocida como biomarcador de lesión tubular renal. Mediante el modelo Hill se fijó la relación dosis-respuesta entre Cd y BM2 en la orina de una población de media 50 años y se calculó una BMDL5 (*Benchmark dose lower limit*) de 4 μg Cd/g creatinina. En base a la variación inter-individual del Cd urinario dentro de la población, se aplicó un factor de ajuste químico específico de 3,9 lo que condujo a un valor final de 1,0 μg Cd/g creatinina. Con el fin de mantener valores inferiores de 1,0 μg Cd/g creatinina en orina en el 95% de la población, la ingesta dietética de Cd diaria no debería exceder de 0,36 μg Cd/kg p.c. que corresponde a una ingesta dietética semanal de 2,52 μg Cd/kg p.c. Por ello, EFSA (CONTAM panel) estableció una nueva TWI (*Tolerable Weekly Intake*) para el Cd de 2,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ p.c.

El Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) ha sido preguntado para evaluar el riesgo de la exposición de la población española a Cd por consumo de alimentos. Para ello se han incorporado a la evaluación un total de 5.493 muestras de alimentos recogidas entre los años 2000 al 2010 y sometidas al análisis de las concentraciones de Cd. Los alimentos se agruparon en 15 categorías, siendo las más representativas pescados y mariscos (54,3%), carne y despojos (22,57%), vegetales, frutos secos y legumbres (5,78%) y cereales y derivados (4,05%). El número de muestras con concentraciones de Cd menores del LOD (límite de detección) fueron 2.156 (39,2%). Nueve de las 15 categorías de alimentos presentaron un gran número de muestras (>60%) con concentraciones de Cd menores del LOD. Por esta razón se estimó el valor del límite inferior y del superior (LB y UB). En aquellos grupos de alimentos donde se consideró distintas categorías y luego se utilizó el grupo en su conjunto se aplicaron los factores de ajuste de muestra (SAF), calculados a partir de la Encuesta Alemana de Nutrición, con modificaciones de EFSA, y se determinaron los valores de la media ajustada. Los resultados de las concentraciones de Cd en las muestras de alimentos analizadas se expresan mediante los descriptores estadísticos, número de muestras, <LOD de la técnica analítica utilizada, mediana, media y máxima concentración, percentiles 5 y 95, LB y UB. Para la mayoría de los alimentos solo un pequeño porcentaje excedió el nivel máximo (ML) que incluyen, riñones (>17%), hígado de caballo (>50%), y crustáceos (>14%).

La evaluación de la exposición de cadmio a través de los alimentos se ha realizado en base a las concentraciones de Cd detectadas en los alimentos y a los patrones de consumo de la población española (adultos y niños) suministrados por la AESAN. La exposición media para adultos (1,15-2,85 μg Cd/kg p.c.) es cercana o ligeramente excede la TWI de 2,5 μg Cd/kg p.c. Subgrupos de población específicos como los niños presentan una exposición media (1,87-4,29 μg Cd/kg p.c) que puede exceder hasta alrededor del doble de la TWI.

Palabras clave

Cadmio, alimentos, detección, exposición, consumo, ingesta semanal tolerable, evaluación del riesgo.

Report of the Scientific Committee of the Spanish Agency of Food Safety and Nutrition (AESAN) in relation to the risk assessment of cadmium dietary exposure for Spanish population.

Abstract

Cadmium (Cd) is a heavy metal found as an environmental contaminant, both through natural occurrence and from industrial and agricultural sources. Foodstuffs are the main source of cadmium exposure for the non-smoking general population. Cd absorption after dietary exposure in humans is low (3-5 %) but Cd is efficiently retained in the kidney and liver in the human body, with a very long biological half-life ranging from 10 to 30 years. Cd is primarily toxic to the kidney, especially to the proximal tubular cells where it accumulates over time and may cause renal dysfunction. Cd can also cause bone demineralization, either through direct bone damage or indirectly as a result of renal dysfunction. After prolonged and/or high exposure the tubular damage may progress to decreased glomerular filtration rate, and eventually to renal failure. Cd levels in urine are widely accepted as a measure of the body burden and the cumulative amount in the kidneys. The IARC (International Agency for Research on Cancer) has classified Cd as a human carcinogen (Group 1) on the basis of occupational studies. Newer data on human exposure to Cd in the general population have been statistically associated with increased risk of cancer such as in the lung, endometrium, bladder, and breast.

A provisional tolerable weekly intake (PTWI) for cadmium of 7 µg/kg body weight (b.w.) per week was established by JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives), this PTWI was maintained pending further research. The EFSA CONTAM Panel (European Food Safety Authority) carried out a meta-analysis on a selected set of studies to evaluate the dose-response relationship between urinary cadmium and urinary β-2-microglobulin (B2M). B2M, a low molecular weight protein, is recognized as the most useful biomarker in relation to tubular effects. A Hill model was fitted to the dose-response relationship between urinary cadmium and B2M for subjects over 50 years of age and for the whole population. From the model, a BMDL5 (Benchmark dose lower limit) of 4 µg Cd/g creatinine was derived. A chemical-specific adjustment factor of 3.9, to account for inter-individual variation of urinary cadmium within the study populations, was applied, leading to a value of 1.0 µg Cd/g creatinine. In order to remain below 1 µg Cd/g creatinine in urine in 95% of the population by age 50, the average daily dietary cadmium intake should not exceed 0.36 µg Cd/kg b.w. corresponding to a weekly dietary intake of 2.52 µg Cd/kg b.w. The CONTAM Panel established a new TWI for cadmium of 2.5 µg/kg b.w./week.

The Scientific Committee of the Spanish Agency for Food Safety and Nutrition (AESAN) was asked by the AESAN to assess the risks to human health related to the presence of cadmium in foodstuffs. To provide an updated assessment of Cd exposure from foodstuffs, about 5,493 data covering the period from 2000 to 2010 on cadmium occurrence in various food commodities were analyzed. The food commodities were included into 15 food categories. The food commodities more representative were fish and seafood (54.3%), meat including offal (22.57%), vegetables, nuts and legumes (5.78%) and cereals and cereal products (4.05%). The number of samples with Cd levels <LOD were 2,156 (39.2%). Nine of the 15 food categories presented a number of samples (>60%) with Cd levels <LOD. For this reason, in the present report, Lower Bound (LB) and Upper Bound (UB) values were estimated. Sampling adjustment factors (SAF) calculated from the German Nutrition Survey with EFSA modifications were applied when aggregating food subcategory averages to category averages.

When SAF was applied, the adjusted occurrence mean level was calculated.

Statistical description of concentrations of cadmium for food categories was determined. For most foods only a small percentage of the analyzed samples exceeded the maximum level (ML), where specified. Samples which exceeded the ML were kidney (>17%), horse liver (>50%) and crustaceous (>14%). The dietary exposure assessment was based on the occurrence data on cadmium concentrations in food commodities as well as on consumption data reported for adults and for children. The mean exposure for adults (1.15-2.85 µg Cd/kg b.w./week) is close to, or slightly exceeding, the TWI of 2.5 µg Cd/kg b.w. Subgroups such as children (1.87-4.29 µg Cd/kg b.w./week) may exceed the TWI by about 2-fold.

Key words

Cadmium, food, occurrence, exposure, consumption, tolerable weekly intake, risk assessment.

Abreviaturas

AAS: Espectrofotometría de Absorción Atómica.

AESAN: Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición.

ANFACO: Asociación Nacional de Fabricantes de Conservas de Pescados y Mariscos.

B2M: β-2-Microglobulina.

BMD: *Benchmark Dose* (Dosis que origina un 10% de incremento de un efecto/respuesta medible).

BMDL5: Intervalo más bajo al 95% de confianza en la *benchmark dose*.

CSN: Consejo de Seguridad Nuclear.

EC: European Commission.

EFSA: Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria.

ENIDE: Encuesta Nacional de Ingesta Dietética Española.

FAAS: Espectrofotometría de Absorción Atómica (Llama).

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

GEMS/Food: *Global Environment Monitoring System-Food Contamination Monitoring and Assessment Programme*.

GFAAS: Espectrofotometría de Absorción Atómica (Horno de Grafito).

IARC: Agencia Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer.

IDA: Ingesta Diaria Admisible.

ISTP: Ingesta Semanal Tolerable Provisional.

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

JRC: *Joint Research Centre*.

LB: *Lower Bound* (estimación de límite inferior).

LOD: Límite de detección.

LOQ: Límite de cuantificación.

ML: Límite máximo legalmente establecido.

NOAEL: Nivel sin efecto adverso observable.

NOEL: Nivel sin efecto observable.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

p.c.: peso corporal.

PNRI: Plan Nacional de Investigación de Residuos.

PTMI: Ingesta Mensual Tolerable Provisional.

PTWI: Ingesta Semanal Tolerable Provisional.

SAF: Factor de ajuste de muestra.

TWI: Ingesta Semanal Tolerable.

UB: *Upper Bound* (estimación de límite superior).

UE: Unión Europea.

1. Introducción: información general

El cadmio (Cd), especialmente Cd inorgánico, es altamente tóxico para el hombre. La exposición es principalmente por inhalación e ingestión. El contenido de Cd en el agua es muy variable, existiendo diversas formas químicas inorgánicas potencialmente biodisponibles en el medio acuático tales como CdCO_3 , Cd(OH)_2 , CdS y otros compuestos inorgánicos insolubles unidos a Cd. En regiones altamente industrializadas, los ríos pueden estar contaminados con Cd y por ello entrar en las aguas de riego destinadas a fines agrícolas donde se acumula en los sedimentos. El uso en agricultura de fertilizantes fosfatos contribuye también a la presencia de concentraciones altas de Cd en el suelo (Pan et al., 2010). Debido a su alta transferencia agua-suelo-plantas, el Cd es un contaminante que se encuentra en la mayoría de los alimentos de consumo humano.

Los síntomas de la toxicidad por Cd dependen de la dosis y la duración de la exposición. La toxicidad aguda está asociada con dolor agudo abdominal, náuseas, vómitos, diarrea, dolor de cabeza y/o vértigo, y puede producirse la muerte en 24 horas o 1-2 semanas tras exposición, una vez instauradas lesiones hepática y renal. El NOEL (nivel sin efecto observable) de una dosis única oral se estima en 3 mg de Cd elemental/persona, y dosis letales oscilan en un intervalo de 350 a 8.900 mg (Bernard y Lauwerys, 1986).

Los síntomas de toxicidad crónica incluyen alteraciones respiratoria y cardiovascular, disfunción renal, desórdenes en el metabolismo del calcio, neurotoxicidad y enfermedades óseas tales como osteoporosis y fracturas óseas espontáneas. La enfermedad "itai-itai" inducida por Cd en Japón es un ejemplo de enfermedad ósea atribuida directamente a la exposición crónica de la población al Cd vía alimentos y agua.

El riñón es el órgano-diana tras la exposición a Cd y la lesión renal se caracteriza por una acumulación de Cd en los túbulos proximales. El primer signo de efectos tóxicos relacionados con Cd es una lesión tubular renal seguida de lesión glomerular que conduce a un aumento en la excreción urinaria de proteínas de bajo peso molecular (OMS, 1992) (Järup y Akesson, 2009) (Saturug et al., 2010), pero también existe

evidencia para afirmar que el Cd es un factor de riesgo en el desarrollo de la osteoporosis (U.S. Department of Health and Human Services, 2004). Bajos niveles de exposición a Cd se asocian a una menor densidad mineral ósea (Alfvén et al., 2000, 2004) (Honda et al., 2003) (Akesson et al., 2006) (Schutte et al., 2008) (Gallagher et al., 2008, 2010), observaciones realizadas en trabajadores expuestos a Cd (Nawrot et al., 2010).

El Cd también se considera un disruptor endocrino (Darbre, 2006) debido a su capacidad de unirse a los receptores celulares estrogénicos y mimetizar las acciones de los estrógenos. Existe evidencia de que la exposición a Cd puede conducir al desarrollo de cáncer de próstata y mama (Waalkes, 2003). La Agencia Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC) clasificó a los compuestos de Cd como carcinógeno humano (grupo 1) (IARC, 1993).

Pero en Europa algunos compuestos de Cd están clasificados como posiblemente carcinógenos (categoría 2; anexo 1 de la Directiva 67/548/EEC (UE, 1967)). El *Joint Research Centre* (JRC) considera que no existe evidencia científica suficiente para afirmar que el Cd actúa como un carcinógeno tras exposición oral (EC, 2007). Sin embargo, datos de ensayos de genotoxicidad y de toxicidad a largo plazo en animales experimentales y datos de estudios epidemiológicos no pueden omitirse para considerar al óxido de Cd como un posible carcinógeno por inhalación. Existen evidencias recientes que sugieren que el Cd puede jugar un papel en el desarrollo de otros tipos de cáncer, como cáncer testicular, de vejiga, páncreas y vesícula (Huff et al., 2007).

La ingesta de Cd en la dieta ha sido objeto de numerosos estudios. La absorción de Cd a través del tracto gastrointestinal es alrededor de un 5%, y se acumula principalmente en hígado y riñón. La semivida de eliminación del Cd en el ratón, rata, conejo y mono calculada es muy prolongada, de meses a años; en general corresponde con un 20-50% del índice de vida (Nordberg et al., 1985). En el hombre, Nordberg et al. (1985) calcularon valores de semivida de eliminación del Cd en riñón en un intervalo de 6 a 38 años, y de 4 a 19 años en hígado. La semivida plasmática de eliminación del Cd alcanza valores de 10 años (Järup et al., 1983).

La excreción urinaria de Cd depende de los valores de la concentración del elemento en sangre y riñón, y se asume que en el estado estacionario, la excreción total se aproxima a la ingesta diaria. Desde esta base, la excreción urinaria y fecal diaria se estiman en un 0,007-0,009% de la carga total, respectivamente (Kjellstrom y Nordberg, 1978) (Nordberg et al., 1985). La excreción urinaria de Cd en trabajadores expuestos se incrementa conforme aumentan los niveles corporales de Cd, pero la cantidad excretada del mismo solo representa una pequeña fracción de la carga o depósito corporal a menos que se instaure una lesión renal en cuyo caso la excreción urinaria de Cd aumenta considerablemente (Roels et al., 1981).

Debido a los posibles efectos tóxicos sobre los consumidores por la presencia de Cd en alimentos y a la reciente modificación de los valores de ingesta tolerable, la Dirección Ejecutiva de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) ha solicitado al Comité Científico una evaluación del riesgo de la exposición de la población española a cadmio por consumo de alimentos.

2. Evaluación del riesgo: antecedentes

La exposición a Cd a través de la dieta es motivo de preocupación creciente, lo que ha dado lugar a sucesivas evaluaciones. La Comisión Europea está revisando las

concentraciones máximas de Cd en los alimentos y solicitando una actualización de la evaluación del riesgo en los alimentos.

Siete tipos de alimentos constituyen el 40-80% de la ingesta total y se han propuesto los niveles máximos del Codex (MLs) con fines de evaluación del riesgo (OMS, 2006):

- Arroz: 0,4 mg/kg.
- Trigo y otros cereales: 0,2 mg/kg.
- Vegetales-raíces: 0,1 mg/kg.
- Tubérculos patatas y otros: 0,1 mg/kg.
- Vegetales, hojas: 0,2 mg/kg.
- Otros vegetales: 0,05 mg/kg.
- Moluscos ostras: 3 mg/kg.
- Otros moluscos: 1 mg/kg.

A efectos de establecer la seguridad de la ingesta del Cd, la FAO/WHO (*Food and Agriculture Organization/World Health Organization*) estableció una ingesta semanal tolerable provisional (PTWI/ISTP) para el Cd de 400-500 μg /persona/semana que corresponde a 7 μg Cd/semana/kg p.c. (OMS, 1989). Estos niveles se basaron en una concentración renal crítica de 100-200 μg Cd/g corteza renal, alcanzada tras la ingesta de Cd de 140-260 μg /día durante >50 años, o 2.000 mg sobre todo el tiempo de vida (OMS, 1989) y que corresponde a un límite urinario de 5-10 μg Cd/g creatinina. Sin embargo, se han observado efectos renales con contenidos en orina >0,5 μg Cd/g creatinina (Satarug y Moore, 2004).

Estos hallazgos apoyan el hecho de que la PTWI no proporcionaba suficiente protección para la salud y por ello debía disminuirse.

De todas formas, la ingesta total de Cd estimada para los siete tipos de alimentos y calculada a partir del consumo de alimentos descrito en el GEMS/dietas regionales se sitúa en un intervalo de 2,8 a 4,2 μg /kg p.c./semana, lo que corresponde a un 40-60 % de la PTWI (OMS, 2006).

La PTWI de 7 μg Cd/kg p.c./semana se mantuvo en el 64 *Meeting FAO/WHO* (OMS, 2006). Posteriormente, JECFA (2010) decidió expresar la ingesta tolerable como un valor mensual estableciendo una ingesta mensual tolerable provisional (PTMI) de 25 μg Cd/kg p.c.

El Reglamento (CE) N° 1881/2006 (UE, 2006) modificado por el Reglamento (UE) N° 420/2011 (UE, 2011) fija los contenidos máximos (ML) para el Cd en ciertos productos alimenticios, en particular en carne, vísceras, productos de la pesca, cereales, frutas y hortalizas (Tabla 1).

Los criterios para utilizar un determinado método de análisis para el control oficial deben contemplar el Reglamento (CE) N° 333/2007 (UE, 2007). Este requiere un límite de detección (LOD) menor de 1/10 del contenido máximo (ML) y un límite de cuantificación (LOQ) menor de 1/5 del ML. La técnica analítica de espectrofotometría de absorción atómica (AAS) en sus variedades de llama (FAAS) y la de cámara de grafito (GFAAS) es la habitualmente utilizada para la determinación de Cd.

Tabla 1. Contenidos máximos (ML) de Cd en alimentos establecidos en el Reglamento (CE) N° 1881/2006, modificado por el Reglamento (UE) N° 420/2011.

Productos alimenticios		Contenidos máximos (mg/kg peso fresco)
3.2.1.	Carne (excluidos los despojos) de bovinos, ovinos, cerdos y aves de corral	0,050
3.2.2.	Carne de caballo, excluidos los despojos	0,20
3.2.3.	Hígado de bovinos, ovinos, cerdos, aves de corral y caballos	0,50
3.2.4.	Riñones de bovinos, ovinos, cerdos, aves de corral y caballos	1,0
3.2.5.	Carne de pescado, excluidas las especies enumeradas en los puntos 3.2.6, 3.2.7 y 3.2.8	0,050
3.2.6.	Carne de los siguientes pescados: bonito (<i>Sarda sarda</i>) mojarra (<i>Diplodus vulgaris</i>) anguila (<i>Anguilla anguilla</i>) lisa (<i>Chelon labrosus</i>) jurel (<i>Trachurus species</i>) emperador (<i>Luvarus imperialis</i>) caballa (<i>Scomber species</i>) sardina (<i>Sardina pilchardus</i>) sardina (<i>Sardinops species</i>) atún (<i>Thunnus species, Euthynnus species, Katsuwonus pelamis</i>) acedía o lenguadillo (<i>Dicologlossa cuneata</i>)	0,10
3.2.7.	Carne de los siguientes pescados: melva (<i>Auxis species</i>)	0,20
3.2.8.	Carne de los siguientes pescados: anchoa (<i>Engraulis species</i>) ⁽¹⁾ pez espada (<i>Xiphias gladius</i>)	0,30
3.2.9.	Crustáceos: carne de los apéndices y del abdomen. En el caso de los cangrejos y crustáceos similares (<i>Brachyura</i> y <i>Anomura</i>), la carne de los apéndices.	0,50
3.2.10.	Moluscos bivalvos	1,0
3.2.11.	Cefalópodos (sin vísceras)	1,0
3.2.12.	Cereales, excluido el salvado, el germen, el trigo y el arroz	0,10
3.2.13.	Salvado, germen, trigo y arroz	0,20
3.2.14.	Habas de soja	0,20
3.2.15	Hortalizas y frutas, excluidas las hortalizas de hoja, las hierbas frescas, las hortalizas de hoja del género <i>Brassica</i> , las setas, los tallos jóvenes, las hortalizas de raíz y tubérculo y las algas marinas	0,050
3.2.16	Tallos jóvenes, hortalizas de raíz y tubérculo, excluidos los apionabos. En el caso de las patatas, el contenido máximo se aplica a las patatas peladas	0,10
3.2.17	Hortalizas de hoja, hierbas frescas, hortalizas de hoja del género <i>Brassica</i> , apionabos y las siguientes setas (27): <i>Agaricus bisporus</i> (champañón), <i>Pleurotus ostreatus</i> (seta de ostra) y <i>Lentinula edodes</i> (seta shiitake)	0,20

3.2.18.	Setas, excluidas las enumeradas en el punto 3.2.17	1,0
3.2.19.	Complementos alimenticios excluidos los complementos alimenticios enumerados en el punto 3.2.20	1,0
3.2.20	Complementos alimenticios compuestos exclusiva o principalmente de algas marinas desecadas, de productos a base de algas marinas o de moluscos bivalvos desecados	3,0

(1) En anchoas en salmuera y enlatadas se aplica un factor de transformación de 4,5 (AESAN, 2008a).

También el Real Decreto 1798/2010, por el que se regula la explotación comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano, y el Real Decreto 1799/2010, por el que se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas preparadas envasadas para el consumo humano, establecen los límites máximos permitidos de Cd (Tabla 2).

Tabla 2. Contenidos máximos permitidos de Cd en aguas minerales y envasadas.

Aguas minerales naturales	3 µg/l
Aguas de manantial	5 µg/l
Aguas de bebida envasadas distintas de las aguas minerales naturales y de manantial	5 µg/l

El Panel de Contaminantes en la Cadena Alimentaria (Panel CONTAM) de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2009a) re-evaluó la exposición dietética a Cd, y el análisis del riesgo sobre la base de una revisión de 35 estudios epidemiológicos. EFSA (2009a) presentó datos de consumo de alimentos de 16 Estados miembros sin incluir los de España. Se estimó el consumo medio en adultos para cada categoría de alimento como valor medio de los valores de los 16 Estados miembros (Tabla 3). Señala, además, que los grupos de alimentos que más contribuyen a la exposición de Cd por su alto consumo son los cereales y productos derivados, vegetales, nueces, legumbres, patatas, carne, leche y agua.

Tabla 3. Exposición a Cd para diferentes grupos de alimentos. Los datos de contenidos de Cd y de consumo se toman como valores medios de datos suministrados por los Estados miembros para cada categoría de alimento.

Categoría	Contenidos observados mg/kg	Consumo (valor medio) g/día	Exposición Cd µg/día	Exposición Cd µg/semana/kg p.c.
Cereales y productos derivados	0,0163	257	4,189	0,4887
Azúcar incluyendo chocolate	0,0264	43	1,135	0,1324
Grasas (vegetales y animales)	0,0062	38	0,236	0,0275
Vegetales, frutos secos, legumbres	0,0189	194	3,667	0,4278
Patatas o tubérculos	0,0209	129	2,696	0,3145
Frutas, zumos de frutas y verduras y refrescos	0,0010	439	0,439	0,0512
Café, té, cacao	0,0018	601	1,082	0,1262
Bebidas alcohólicas	0,0042	413	1,735	0,2024

Productos cárnicos y sucedáneos	0,0165	151	2,492	0,2907
Carne y productos cárnicos	0,0077	132	1,016	0,1185
Despojos y derivados	0,1263	24	3,031	0,3536
Platos mixtos a base de carne	0,0076	84	0,638	0,0744
Pescado y marisco	0,0268	62	1,662	0,1939
Huevos	0,0030	25	0,075	0,0085
Leche y productos lácteos	0,0039	287	1,119	0,1305
Miscelánea/Alimentos para dietas especiales	0,0244	14	0,342	0,0399
Agua del grifo	0,0004	349	0,140	0,0163

Fuente: (EFSA, 2009a).

La exposición dietética media en los países europeos se estimó en 2,3 µg Cd/kg p.c./semana (en un intervalo de 1,9 a 3,0 µg Cd/kg p.c./semana, asumiendo un peso corporal de 60 kg) y la exposición más elevada se estimó en 3,0 µg Cd/kg peso corporal por semana (en un rango de 2,5 a 3,9 µg Cd/kg p.c./semana). Debido al elevado consumo de cereales, nueces y otras semillas y legumbres, los vegetarianos tienen una mayor exposición que alcanza hasta 5,4 µg Cd/kg p.c./semana. El tabaco puede contribuir a una exposición similar a la de la dieta.

Un resumen de las diferentes exposiciones de Cd se presenta en la Tabla 4. La exposición oral es predominante en individuos no-fumadores con una pequeña contribución del aire en áreas contaminadas. Dietas extremas pueden doblar la exposición.

Tabla 4. Estimaciones de exposición semanal a Cd.

			Intervalo de exposición µg Cd/semana/kg p.c.	
			Adultos	Niños
Exposición a través de la dieta	Consumo medio de alimentos diversos	Oral	1,89-2,96	2,56-3,46
	Consumo alto de alimentos diversos	Oral	2,54-3,91	5,49
	Alimentos en áreas industriales	Oral	3,3-5,8 ⁽¹⁾	4,6 ⁽¹⁾
	Dietas extremas	Oral	2,27-4,64	
	Vegetarianos	Oral	5,47	
Exposición no-dieta	Polvo doméstico	Oral	0,076	0,607
	Aire	Inhalación	0,0024	0,0033 ⁽²⁾
	Tabaco	Inhalación	0,35-0,70 ⁽³⁾	

⁽¹⁾ Estimado usando un factor de 1,86 veces la exposición media.

⁽²⁾ Asumiendo un volumen diario de inhalación de 7 m³ y un peso corporal de 15 kg.

⁽³⁾ Asumiendo que la exposición puede aumentar en un 15-30% cuando se toman 20-40 cigarrillos/día.

Fuente: (EFSA, 2009a).

Las concentraciones de Cd en orina se aceptan como medida de acumulación en riñones. El Panel CONTAM realizó un meta-análisis (EFSA 2009b) de los ensayos seleccionados para evaluar la relación dosis-respuesta entre dichas concentraciones de Cd urinario y la cantidad de beta-2-microglobulina urinaria (B2M), una proteína de bajo peso molecular reconocida como el mejor biomarcador relacionado con los efectos tubulares. El modelo se fijó para la relación dosis-respuesta entre calcio urinario y B2M para individuos de 50 años de edad y todo tipo de población.

A partir de este modelo se calculó una “benchmark dose” (BMD) y el límite de confianza más bajo para un 5% de incremento de B2M (BMDL5) de 4 μg Cd/g creatinina, que aplicando un factor de ajuste o seguridad establecieron un valor de 1 μg Cd/g creatinina en orina como punto de referencia (RP) modificado en base al valor guía basado en la salud (HBGV) de la ingesta de Cd en dieta (EFSA, 2009a). Parece razonable asumir que se pueden observar menores alteraciones en biomarcadores renales con valores de 1 μg Cd/g creatinina. A efectos de protección de la salud pública es crucial determinar el punto de referencia (RP), es decir la exposición por debajo de la cual la probabilidad de efectos adversos es baja.

El método BMD se utiliza cada vez más para la evaluación del riesgo de contaminantes, define la exposición que corresponde a un cierto cambio en la respuesta en comparación a un control, es decir el nivel de exposición que corresponde a un incremento en la probabilidad de una respuesta adversa en comparación con una exposición cero o de fondo (U.S. EPA, 1995) (Filipsson et al., 2003) (EFSA, 2009c). El límite de confianza 95% más bajo de la BMD (BMDL) reemplaza cada vez más al nivel sin efecto adverso observable (NOAEL) en la evaluación del riesgo (EFSA, 2009a, 2009c) (U.S. EPA, 1995).

La principal ventaja del método BMD en comparación con el NOAEL es que utiliza la información de toda la curva dosis-respuesta. Además, el NOAEL requiere un grupo de referencia sin exposición que es menos válido en poblaciones donde todos los sujetos están sometidos a algún grado de exposición. También la BMD corresponde a una cierta respuesta o nivel de riesgo mientras el riesgo en el NOAEL no está identificado y puede diferir caso por caso.

Con el fin de mantener un nivel inferior a 1 μg Cd/g creatinina en orina en el 95% de la población de 50 años de edad, el Panel CONTAM estableció que la ingesta dietética media diaria de Cd no debería exceder a 0,36 μg Cd/kg p.c. que corresponde a una ingesta semanal tolerable (TWI) de 2,52 μg Cd/semana/kg p.c., unas tres veces inferior a la PTWI de 7 μg Cd/semana/kg p.c. (OMS, 2006). Para fijar esta TWI se tomó en cuenta la variabilidad de la absorción del Cd (1-10%) así como también la absorción más alta que comúnmente presenta la mujer en edad reproductora. Este valor propuesto de TWI (EFSA, 2009a) concuerda con una reciente estimación de la BMDL para el Cd asociado con osteoporosis en la mujer (Suwazono et al., 2010).

El Panel CONTAM (EFSA, 2009a) concluye que a efectos de minimizar el riesgo de efectos adversos, principalmente efectos renales, la exposición a Cd debería disminuir. Por ello, redujo la PTWI de 7 μg Cd/semana/kg p.c. a 2,5 μg Cd/semana/kg p.c.

La exposición media a Cd en adultos en la Unión Europea es baja y ligeramente puede exceder a la TWI de 2,5 μg Cd/semana/kg p.c. (Tabla 4). Sin embargo, algunos subgrupos tales como los vegetarianos, niños, fumadores y, en general, poblaciones que viven en áreas muy contaminadas pueden exceder hasta dos veces la TWI.

3. Evaluación del riesgo: situación actual

Recientemente, la Comisión Europea ha preguntado al Panel CONTAM si considera que el valor de TWI de 2,5 $\mu\text{g Cd/semana/kg p.c.}$ establecido (EFSA 2009a) sigue siendo apropiado o si debe modificarse en vista del valor de ingesta provisional mensual tolerable (PTMI) de 25 $\mu\text{g/kg p.c.}$ fijado por JECFA (2010) que corresponde a una TWI de 5,8 $\mu\text{g/semana/kg p.c.}$

Ambas evaluaciones de EFSA (2009a) y JECFA (2010) tienen dos componentes primarios, un modelo concentración-efecto que relaciona la concentración de Cd en orina con los contenidos de B2M, y un modelo toxicocinético que relaciona la concentración urinaria de Cd con la ingesta de Cd en dieta, pero difieren en algún grado en la metodología. Entre las diferencias se incluyen:

- la selección del RP para derivar del valor de HBGV,
- el tratamiento estadístico en el modelo concentración-efecto de los biomarcadores concentración urinaria de Cd y B2M, y
- el método para transformar la concentración urinaria de Cd en valores de ingesta de Cd en la dieta.

El Panel CONTAM (EFSA 2011a) se reitera en la necesidad de aplicar un factor de incertidumbre o seguridad y vuelve a confirmar el valor de 1 $\mu\text{g Cd/g creatinina}$ en orina establecido por EFSA (2009a) como el RP modificado. JECFA (2010) usa un valor de 5,24 $\mu\text{g Cd/g creatinina}$ en orina como RP.

Con el fin de mantener este RP modificado de 1 $\mu\text{g Cd/g creatinina}$ en orina, se calcula que la ingesta media de Cd en dieta no debe exceder 0,36 $\mu\text{g/kg p.c.}$ y esta ingesta diaria se usó para estimar la TWI de 2,5 $\mu\text{g/semana/p.c.}$ (EFSA, 2009a).

En base al estado actual de conocimiento, el Panel CONTAM concluye que el valor de la TWI de 2,5 $\mu\text{g Cd/semana/kg p.c.}$ establecido en 2009 se considera apropiado y debe mantenerse con el fin de asegurar un elevado grado de protección para los consumidores, incluyendo subgrupos de población tales como niños, vegetarianos o personas que viven en áreas altamente contaminadas. El Panel CONTAM se reafirma que con esta exposición es impropio que sucedan efectos adversos, pero que de todas formas es necesario reducir la exposición a Cd en la población (EFSA, 2011a).

También de nuevo el Panel CONTAM se reitera en la importancia de la selección de un factor de seguridad para el establecimiento final del HBGV. El valor establecido de la BMDL5 de 4 $\mu\text{g Cd/g creatinina}$ con un factor de seguridad en base a que el modelo se hizo con medidas medias geométricas y desviaciones estándar y por las variaciones individuales de los valores de Cd urinario y B2M en los grupos de estudio usados para el análisis de la BDM, deriva en un punto de referencia de 1 $\mu\text{g Cd/g creatinina}$ que debe mantenerse (EFSA, 2011a, 2011b).

4. Evaluación del riesgo: situación en España (2000-2007)

La AESAN recoge datos sobre la presencia de Cd en alimentos a nivel nacional, los cuales son enviados a EFSA. Durante los años 2000-2007, se recogieron un total de 3.552 datos en el territorio nacional (AESAN, 2008b).

Los datos de Cd recopilados por la AESAN se cruzaron con los datos de la dieta de la población española (AESAN, 2006). Para ello se tuvieron en cuenta los contenidos obtenidos para cada uno de los alimentos individuales y, en los casos en los que no se tenía información sobre algún alimento concreto se consideró el de alimentos

similares.

Las estimaciones de exposición diaria y semanal de Cd se presentan en las Tablas 5 y 6.

Tabla 5. Estimaciones de exposición diaria de Cd.

Ingesta estimada de Cd	Media µg Cd/kg p.c./día (%IDA)	Percentil 97,5 µg Cd/kg p.c./día (%IDA)
Niños (población de muestreo 900 niños, 2000-2007)	0,4518 (45,2%)	0,8017 (80,2%)
Adultos (población de muestreo 1.060 adultos, 2000-2007)	0,2905 (29,1%)	0,5531 (55,3%)

Tabla 6. Estimaciones de exposición semanal de Cd.

Exposición en dieta	Intervalo de exposición µg Cd/kg p.c./semana	
	Adultos	Niños
Consumo medio de alimentos diversos (oral)	2,03	3,15
Consumo alto de alimentos diversos (oral)	3,85	5,6

En un principio teniendo en cuenta un valor de la PTWI de 7 µg Cd/kg p.c./semana, PTWI que se corresponde con una ingesta diaria de 1 µg Cd/kg p.c. (IDA) o, lo que es lo mismo, 60 µg de Cd para una persona media de 60 kg de peso corporal al día, se concluyó que la ingesta de Cd para la población española se encuentra en unos niveles muy aceptables, siendo el valor medio bastante inferior a la ingesta semanal tolerable provisional (PTWI) establecida por el JECFA (45% en niños y 29% en adultos), situándose la ingesta de los consumidores extremos (percentil 97,5) también por debajo de esta PTWI (80% en niños y 55% en adultos) (AESAN 2008b).

Dado que la EFSA (2011a) ha re-evaluado la PTWI de 7 µg Cd/kg p.c./semana, y establece una nueva TWI de 2.5 µg Cd/kg p.c./semana, la AESAN ha solicitado al Comité Científico una re-evaluación del riesgo de la exposición de la población española a Cd por consumo de alimentos.

5. Evaluación del riesgo: situación en España (Re-evaluación 2000-2010)

5.1 Concentración de cadmio en alimentos

Para la elaboración de este informe se han utilizado los datos recopilados en el territorio nacional en el periodo 2000-2010, siendo muy diverso tanto el origen de las muestras como el tipo de alimento donde se analizó el contenido de Cd, incluyendo alimentos para los cuales no existe un límite máximo legislado en la actualidad a nivel europeo. Estos datos proceden de los programas de control realizados por las

Comunidades Autónomas, incluyendo el Plan Nacional de Investigación de Residuos (PNIR) en productos de origen animal, de ahí que no exista homogeneidad en cuanto al reparto por grupos. El sistema de recopilación de datos no fue el mismo en el periodo 2000-2007 que en el último periodo 2008-2010, por lo que los datos han sido revisados en su totalidad, armonizados y agrupados tomando como referencia la clasificación de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria establecida en la *Concise European Food Consumption Database* (EFSA, 2008a) que considera 15 grupos o categorías de alimentos (Tabla 7). Para la inclusión de los resultados en cada uno de esos grupos se han seguido los criterios del documento: "Guidance Document for the use of the Concise European Food Consumption Database in Exposure Assessment" (EFSA, 2008b). En la agrupación de los alimentos por categorías se ha tenido también en cuenta la existencia de límites máximos establecidos a fin de determinar el grado de cumplimiento de la legislación vigente. El total de resultados recopilados correspondientes al periodo 2000-2010 ha sido de 5.493 muestras (N) de distintos grupos de alimentos (Tabla 7), procedentes de 14 Comunidades Autónomas y otros laboratorios de la Administración (Laboratorio Agroalimentario, Sanidad Exterior, Centro Nacional de Alimentación, Instituto Español de Oceanografía) así como de la industria (Asociación Nacional de Fabricantes de Conservas de Pescados y Mariscos, ANFACO).

Tabla 7. Distribución por grupos de alimentos.

Grupo de alimentos		N	%
1	Cereales y productos derivados	223	4,05
2	Azúcar y dulces, incluyendo el chocolate	189	3,44
3	Grasas (vegetales y animales)	53	0,96
4	Verduras, frutos secos, legumbres	318	5,78
5	Patatas o tubérculos	26	0,47
6	Fruta	154	2,80
7	Zumos, refrescos y agua envasada	127	2,31
8	Café, té, cacao	60	1,09
9	Bebidas alcohólicas	42	0,76
10	Carne y despojos	1.240	22,57
11	Pescados y mariscos	2.983	54,30
12	Huevos	5	0,09
13	Leche y productos lácteos	55	1,00
14	Miscelánea	18	0,32
15	Agua de red	-	
Total		5.493	100

Los grupos de alimentos más representados fueron pescados y mariscos (54,3%), carne y despojos (22,57%), verduras, frutos secos y legumbres (5,78%) y cereales y productos derivados (4,05%). Las diferencias en el número de muestras de los distintos grupos de alimentos están relacionadas con el hecho de que se trata de muestras de control oficial y lógicamente estos análisis van dirigidos fundamentalmente a aquellos grupos de alimentos que tienen establecidos límites legales.

El 34,8% de los resultados ha sido proporcionado por laboratorios no acreditados o que no dan información sobre este aspecto. Se han utilizado varios métodos analíticos (en general adecuados para el análisis de Cd) que se especifican en cada resultado aunque no siempre se indica el laboratorio que ha realizado los análisis, ni tampoco se

menciona en todos los casos el límite de detección (LOD) y/o el límite de cuantificación (LOQ) de la técnica empleada.

Muchos grupos de alimentos muestran una considerable variación en el LOD del método empleado. Los LOD y recuperaciones para el Cd dependen de la matriz y del método utilizado y también hay que asumir diferencias inter-laboratorio. La sensibilidad del método suele ser establecida por el laboratorio para satisfacer los requerimientos legislativos en el control oficial, lo que puede originar deficiencias a efectos de calcular la exposición humana. De hecho, se observa que muchos resultados se expresan como <LOD (aunque la técnica sea capaz de proporcionar resultados cuantitativos). Siguiendo los mismos criterios de EFSA en sus evaluaciones (EFSA, 2009d), cuando el laboratorio refiere un LOD inaceptablemente alto los resultados no se consideran para los cálculos. Igualmente, las muestras con resultados muy altos ($\geq x10$ veces que cualquier otro resultado dentro de una categoría de alimentos) se han desechado, considerándolas como “outliers” (valores extremos) ya que dichos resultados influían notablemente en el valor de la media estimada.

El número total de muestras con resultados <LOD fue de 2.156, lo que representa un 39,2%. Sin embargo, en 9 de los 15 grupos de alimentos considerados el número de muestras con resultados inferiores al LOD era mayor del 60%. Cuando los resultados cuantificados son inferiores al 40% (más del 60% de las muestras <LOD) el GEMS/Food (*Global Environment Monitoring System-Food Contamination Monitoring and Assessment Programme*) (OMS, 2003) recomienda que se calculen estimaciones de límite inferior (*Lower Bound*, LB) y de límite superior (*Upper Bound*, UB). Este ha sido, por tanto, el criterio utilizado en este informe. La estimación de límite inferior (*Lower Bound*, LB) se obtiene asignando un valor de cero (mínimo posible) a todas las muestras cuyo resultado es inferior al LOD o al LOQ. La estimación de límite superior (*Upper Bound*, UB) se obtiene asignando el valor del LOD a los resultados <LOD y el LOQ a los referidos como <LOQ dependiendo de la información proporcionada por el laboratorio.

En aquellos grupos de alimentos donde se han considerado distintas categorías y se ha empleado posteriormente el grupo en su conjunto para la estimación de la ingesta diaria se han utilizado los “Factores de ajuste de muestra” (SAF: *Sampling Adjustment Factors*) calculados a partir del *German Nutrition Survey* (Mensink y Beitz, 2004) con ligeras modificaciones utilizadas por EFSA en recientes evaluaciones para ajustar la información a la estructura de la *Concise European Food Consumption Database* (EFSA, 2009a, 2009d). En los casos en que se ha aplicado el factor de corrección SAF, se han calculado las “medias ajustadas” que posteriormente se han utilizado en la estimación de la ingesta diaria. En las Tablas 8a y 8b se muestra un ejemplo del uso de los factores SAF para derivar la media ajustada de las sub-categorías y categorías de alimentos en un grupo determinado (EFSA, 2009d). A pesar de la conveniencia del uso de los factores SAF, para ajustar en los cálculos la contribución a la ingesta diaria de cada grupo de alimentos hay que tener en cuenta que el uso de los SAF lleva asociado, necesariamente, una cierta incertidumbre ya que los % de contribución a la dieta de cada grupo de alimentos puede variar de un país a otro. En este caso se han utilizado los SAF que EFSA ha considerado en sus últimas evaluaciones (EFSA, 2009a, 2009d, 2010).

Tabla 8a. Ejemplo de uso de los factores de ajuste de muestra (SAF) para calcular la media ajustada para sub-categorías de alimentos.

	Alimento	N	SAF	Media	Cálculo	Media ajustada
07.A.1	Zumos frutas	962	10%	0,0101	$(0,10/0,15) \times 0,0101$	0,0067+
07.A.2	Zumos vegetales	123	1%	0,01	$(0,01/0,15) \times 0,01$	0,0007+
07.A.3	Otros zumos	37	4%	0,0207	$(0,04/0,15) \times 0,0207$	0,0055=
07.A	Zumos	1.122	15%	0,0104	-	0,0129

Tabla 8b. Ejemplo de uso de los factores de ajuste de muestra (SAF) para calcular la media ajustada para categorías de alimentos.

	Alimento	N	SAF	Media	Cálculo	Media ajustada
07.A	Zumos	1.122	15%	0,0129(*)	$0,15 \times 0,0129$	0,0019+
07.B	Refrescos	349	15%	0,0132	$0,15 \times 0,0132$	0,0020+
07.C	Agua envasada	6.723	70%	0,0041	$0,7 \times 0,0041$	0,0029=
07	Total: zumos, refrescos y agua envasada	8.194	100%			0,0068

(*) Media ajustada derivada del cálculo para la sub-categoría en la Tabla 8a.

En las Tablas 9 a 22 se recogen los resultados (expresados en 9 columnas) para las distintas categorías de alimentos agregadas y detalladas. Los descriptores estadísticos incluyen mediana, media y máxima concentración así como los percentiles 5 (P5) y 95 (P95). Para cada uno de esos descriptores se presenta la estimación del límite inferior (LB) y la del límite superior (UB). La columna con el descriptor N representa el número de resultados aportados. La columna con el descriptor <LOD se expresa con el porcentaje de resultados inferiores al LOD o al LOQ. El SAF utilizado (que se indica en la última columna) se ha aplicado cuando se han agregado las categorías de alimentos. En la columna ML se representa el número de muestras (y el porcentaje de las mismas) que superan el límite máximo legalmente establecido a nivel europeo (Reglamentos (CE) N° 1881/2006, N° 629/2008 y (UE) N° 420/2011). Para aquellas categorías de alimentos en las que no existe un límite máximo legal establecido, se indica con (----).

5.1.1 Cereales y productos derivados

La categoría “Cereales y productos derivados” (223 muestras) comprende dos sub-categorías, de las cuales una de ellas se ha subdividido en 5 subclases (Tabla 9).

Tabla 9. Concentración de Cd (mg/kg) para la categoría de alimentos: “01. Cereales y productos derivados”.

Categoría de alimentos	N	<LOD	P5	Mediana	Media	P95	Max	>ML (%)	SAF
Total 01A. Platos mixtos a base de cereales	12	1 (8,3%)	LB 0,0005 UB 0,0010	LB 0,0040 UB 0,0050	LB 0,0046 UB 0,0079	LB 0,0102 UB 0,0251	LB 0,0130 UB 0,0400	---	23%

01B1. Salvado y germen de trigo	---	---	---	---	---	---	---	---	---
01B2. Productos derivados del trigo (Pan, pasta)	13	3 (23%)	LB 0,0000 UB 0,0035	LB 0,0100 UB 0,0100	LB 0,0110 UB 0,0110	LB 0,0198 UB 0,0198	LB 0,0210 UB 0,0210	-----	42%
01B3. Trigo (grano, harina)	41	11 (26,8%)	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0350 UB 0,0350	LB 0,0411 UB 0,0469	LB 0,0810 UB 0,0810	LB 0,4000 UB 0,4000	1 (2,4%)	2%
01B4. Arroz	68	46 (67,6%)	LB 0,0000 UB 0,0020	LB 0,0000 UB 0,0195	LB 0,0103 UB 0,0291	LB 0,0409 UB 0,0500	LB 0,3060 UB 0,3060	2 (2,9%)	9%
01B5. Cereales excluyendo salvado, germen, trigo y arroz	89	14 (15,7%)	LB 0,0000 UB 0,0020	LB 0,0110 UB 0,0170	LB 0,0227 UB 0,0252	LB 0,0884 UB 0,0884	LB 0,3000 UB 0,3000	1 (1,1%)	24%
Total 01B. Cereales y productos derivados	211	74 (35%)	LB 0,0000 UB 0,0020	LB 0,0080 UB 0,0210	LB 0,0220 UB 0,0300	LB 0,0725 UB 0,0725	LB 0,4000 UB 0,4000	4 (1,9%)	77%
Total Cereales (01A+01B)	223	75 (33,6%)	LB 0,0000 UB 0,0020	LB 0,0070 UB 0,0200	LB 0,0207 UB 0,0286	LB 0,0710 UB 0,0734	LB 0,4000 UB 0,4000	4 (1,8%)	100%

LOD: límite de detección. LB (*Lower bound*): estimación de límite inferior ($< \text{LOD}/\text{LOQ}=0$). UB (*Upper bound*): estimación de límite superior ($< \text{LOD}/\text{LOQ}=\text{LOD}/\text{LOQ}$). ML: límite máximo establecido (Reglamento (CE) N° 1881/2006, (CE) N° 629/2008 y (UE) N° 420/2011). ----: No existe límite máximo establecido. SAF (*Sampling Adjustment Factor*): factor de ajuste por consumo.

De la categoría 01A- "Platos mixtos a base de cereales" se han recogido pocos datos (Tabla 9). No hay límites establecidos para esta categoría si bien las concentraciones medias de Cd en las muestras analizadas son bajas en comparación con el resto de alimentos incluidos en la Tabla. En los alimentos de la categoría 01B, aunque el número de muestras no es muy elevado, están representadas las principales clases de alimentos para las que existen límites legales establecidos. En este grupo el porcentaje de muestras $< \text{LOD}$ es bajo (33,2%) por lo que las diferencias entre media y mediana no son importantes. Las mayores concentraciones de Cd se observan en el trigo (grano, harina). De cualquier forma el grado de incumplimiento de la legislación vigente es muy bajo ya que sólo un pequeño porcentaje de muestras superan los límites establecidos (Los valores máximos detectados se recogen en la columna "Max").

5.1.2. Azúcar y dulces

La categoría “Azúcar y dulces” comprende dos sub-categorías, aunque los datos disponibles sólo corresponden a una de ellas y los 189 resultados son en su totalidad de muestras de miel (Tabla 10). De los datos originales se han desechado 5 resultados muy superiores a la media de los resultados cuantificados de Cd y se han considerado “outliers” (valores extremos). Todos ellos procedían de un mismo laboratorio usando un método analítico no acreditado y no se indicaba el LOD/LOQ de la técnica. No se dispone de resultados para “Chocolate y productos derivados”, que suelen ser los que presentan mayores contenidos de Cd. Las concentraciones medias encontradas en la categoría “Azúcar y productos derivados” son similares a las encontradas por EFSA para esta categoría (EFSA, 2009a); si bien en este grupo se incluyen muchos otros alimentos, además de la miel (EFSA, 2008b) de los que no se dispone de resultados. Es por ello que estos resultados deben interpretarse con precaución debido a la baja representatividad de las muestras analizadas. Probablemente las concentraciones halladas sean inferiores a las que realmente corresponden a esta categoría de alimentos.

Si nos limitamos a los resultados reflejados en la Tabla 10, vemos cómo la gran mayoría de las muestras dan resultados <LOD (91%). Por otra parte, para esta categoría de alimentos no hay límites máximos establecidos en la legislación europea.

Tabla 10. Concentración de Cd (mg/kg) para la categoría de alimentos: “02. Azúcar y dulces”.

Categoría de alimentos	N	<LOD	P5	Mediana	Media	P95	Max	>ML (%)	SAF
02.1. Chocolate y productos derivados	---	---	---	---	---	---	---	---	33%
02.2. Azúcar y productos derivados (Miel, etc.)	189	172 (91%)	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0011 UB 0,0058	LB 0,0130 UB 0,0130	LB 0,0190 UB 0,0300	----	67%
Total 02. Azúcar y dulces (incluido chocolate)	189	172 (91%)	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0011 UB 0,0058	LB 0,0130 UB 0,0130	LB 0,0190 UB 0,0300	----	100%

LOD: límite de detección. LB (*Lower bound*): estimación de límite inferior (<LOD/LOQ=0). UB (*Upper bound*): estimación de límite superior (<LOD/LOQ=LOD/LOQ). ML: límite máximo establecido (Reglamento (CE) N° 1881/2006, (CE) N° 629/2008 y (UE) N° 420/2011). ----: No existe límite máximo establecido. SAF (*Sampling Adjustment Factor*): factor de ajuste por consumo.

5.1.3 Grasas animales y vegetales

La categoría “Grasas animales y vegetales” se ha considerado en conjunto (Tabla 11).

Tabla 11. Concentración de Cd (mg/kg) para la categoría de alimentos: “03. Grasas animales y vegetales.

Categoría de alimentos	N	<LOD	P5	Mediana	Media	P95	Max	>ML (%)	SAF
Total 03. Grasas	53	38 (71,7%)	LB 0,0000 UB 0,0100	LB 0,0000 UB 0,0100	LB 0,0106 UB 0,0177	LB 0,0516 UB 0,0516	LB 0,1040 UB 0,1040	-----	100%

LOD: límite de detección. LB (*Lower bound*): estimación de límite inferior (<LOD/LOQ=0). UB (*Upper bound*): estimación de límite superior (<LOD/LOQ=LOD/LOQ). ML: límite máximo establecido (Reglamento (CE) N° 1881/2006, (CE) N° 629/2008 y (UE) N° 420/2011). -----: No existe límite máximo establecido. SAF (*Sampling Adjustment Factor*): factor de ajuste por consumo.

Los resultados (Tabla 11) corresponden exclusivamente a muestras de aceite (oliva, girasol y pescado) no disponiendo de resultados de otras grasas de origen animal o vegetal.

Una gran parte de los resultados son inferiores al LOD (71,7%). La legislación europea no ha establecido límites máximos para este grupo de alimentos.

5.1.4 Verduras, frutos secos, legumbres

Los datos disponibles en esta categoría de alimentos se han subdividido en 5 sub-categorías (Tabla 12), de acuerdo con los grupos para los que existen límites máximos establecidos según se define en el Reglamento (CE) N° 1881/2006 y modificaciones posteriores.

Tabla 12. Concentración de Cd (mg/kg) para la categoría de alimentos: “04B. Verduras, frutos secos, legumbres”.

Categoría de alimentos	N	<LOD	P5	Mediana	Media	P95	Max	>ML (%)	SAF
04.B1. Hortalizas de hoja	46	44 (95,6%)	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0000 UB 0,0300	LB 0,0022 UB 0,0360	LB 0,0000 UB 0,0500	LB 0,1000 UB 0,1000	0	21%
04.B2. Otras hortalizas	114	92 (80,7%)	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0000 UB 0,0100	LB 0,0030 UB 0,0220	LB 0,0087 UB 0,0500	LB 0,0100 UB 0,1700	2 (1,7%)	59%
04.B3. Legumbres	50	37 (74%)	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0094 UB 0,0150	LB 0,0433 UB 0,0645	LB 0,2500 UB 0,2500	-----	13%
04.B4. Frutos secos y	29	8 (27,6%)	LB 0,0000	LB 0,0110	LB 0,1120	LB 0,4760	LB 0,5370	-----	5%

semillas oleaginosas			UB 0,0030	UB 0,0110	UB 0,1130	UB 0,4760	UB 0,5370		
04.B5. Setas	79	41 (51,9%)	LB 0,0000 UB 0,0019	LB 0,0000 UB 0,0300	LB 0,0900 UB 0,1081	LB 0,4740 UB 0,4740	LB 2,3400 UB 2,3400	2 (2,5 %)	2%
Total 04B. Verduras, frutos secos, legumbres	318	222 (69,8%)	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0000 UB 0,0300	LB 0,0371 UB 0,0520	LB 0,1708 UB 0,1706	LB 2,3400 UB 2,3400	4 (1,2 %)	100%

LOD: límite de detección. LB (*Lower bound*): estimación de límite inferior ($<LOD/LOQ=0$). UB (*Upper bound*): estimación de límite superior ($<LOD/LOQ=LOD/LOQ$). ML: límite máximo establecido (Reglamento (CE) N° 1881/2006, (CE) N° 629/2008 y (UE) N° 420/2011). ----: No existe límite máximo establecido. SAF (*Sampling Adjustment Factor*): factor de ajuste por consumo.

El número de resultados inferiores al límite de detección varía considerablemente entre las sub-categorías consideradas, desde un 27,6% para frutos secos y semillas oleaginosas hasta un 95,6% para las hortalizas de hoja. Globalmente el porcentaje de muestras con resultados $<LOD$ es alto (69,4%). Las mayores concentraciones de Cd se encuentran en frutos secos, aunque para estos alimentos no hay límites establecidos por la legislación europea. El resto de las categorías de alimentos presentan concentraciones menores de Cd y sólo un pequeño porcentaje (1,7-2,5%) de ellas superan los límites legales.

5.1.5 Patatas o tubérculos

En esta categoría se han considerado dos sub-categorías, aunque los datos disponibles se refieren exclusivamente a patatas. Sólo un 26,9% de las muestras dieron un resultado $<LOD$, aunque el número total de muestras es bastante reducido (Tabla 13). La legislación vigente establece un límite máximo para las patatas peladas. Veinte de las 26 muestras analizadas, corresponden a patatas peladas y en ningún caso se supera el límite legal.

Tabla 13. Concentración de Cd (mg/kg) para la categoría de alimentos: "05. Patatas o tubérculos".

Categoría de alimentos	N	<LOD	P5	Mediana	Media	P95	Max	>ML (%)	SAF
05.1.Patatas	26	7 (26,9%)	LB 0,0000 UB 0,0030	LB 0,0050 UB 0,0070	LB 0,0053 UB 0,0136	LB 0,0130 UB 0,0450	LB 0,0140 UB 0,0500	0	96%
05.2. Otros	--	--	--	--	--	--	--	--	4%
Total 05. Patatas o tubérculos	26	7 (26,9%)	LB 0,0000	LB 0,0050	LB 0,0053	LB 0,0130	LB 0,0140	0	100%

			UB 0,0030	UB 0,0070	UB 0,0136	UB 0,0450	UB 0,0500		
--	--	--	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	--	--

LOD: límite de detección. LB (*Lower bound*): estimación de límite inferior (<LOD/LOQ=0). UB (*Upper bound*): estimación de límite superior (<LOD/LOQ=LOD/LOQ). ML: límite máximo establecido (Reglamento (CE) N° 1881/2006, (CE) N° 629/2008 y (UE) N° 420/2011). ----: No existe límite máximo establecido. SAF (*Sampling Adjustment Factor*): factor de ajuste por consumo.

5.1.6 Frutas

Las frutas se han considerado en una única categoría. Como puede observarse, un porcentaje muy elevado de muestras tienen un resultado <LOD y todas las muestras analizadas están por debajo del límite legal establecido (Tabla 14).

Tabla 14. Concentración de Cd (mg/kg) para la categoría de alimentos: "06. Frutas".

Categoría de alimentos	N	<LOD	P5	Mediana	Media	P95	Max	>ML (%)	SAF
Total 06. Frutas	154	132 (85,7%)	LB 0,0000 UB 0,0040	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0015 UB 0,0215	LB 0,0073 UB 0,0500	LB 0,1000 UB 0,0500	0	100%

LOD: límite de detección. LB (*Lower bound*): estimación de límite inferior (<LOD/LOQ=0). UB (*Upper bound*): estimación de límite superior (<LOD/LOQ=LOD/LOQ). ML: límite máximo establecido (Reglamento (CE) N° 1881/2006, (CE) N° 629/2008 y (UE) N° 420/2011). ----: No existe límite máximo establecido. SAF (*Sampling Adjustment Factor*): factor de ajuste por consumo.

5.1.7 Zumos, refrescos y agua envasada

Esta categoría se ha subdividido en tres sub-categorías (Tabla 15). La práctica totalidad de las muestras analizadas muestran resultados <LOD (92,9%) (Tabla 15).

Tabla 15. Concentración de Cd (mg/kg o mg/l) para la categoría de alimentos: "07A. Zumos, refrescos y agua envasada".

Categoría de alimentos	N	<LOD	P5	Mediana	Media	P95	Max	>ML (%)	SAF
07A. 1. Zumos de frutas y verduras	109	100 (91,7%)	LB 0,0000 UB 0,0004	LB 0,0000 UB 0,0030	LB 0,0023 UB 0,0054	LB 0,0198 UB 0,0254	LB 0,0600 UB 0,0600	----	15%
07B. 2. Refrescos	4	4 (100%)	LB 0,0000 UB 0,0030	LB 0,0000 UB 0,0030	LB 0,0000 UB 0,0030	LB 0,0000 UB 0,0030	LB 0,0000 UB 0,0030	----	15%

07C. 3. Agua envasada	14	14 (100%)	LB 0,0000 UB 0,0010	LB 0,0000 UB 0,0010	LB 0,0000 UB 0,0010	LB 0,0000 UB 0,0010	LB 0,0000 UB 0,0010	---	70%
Total 07. Zumos, refrescos y agua envasada	127	118 (92,9%)	LB 0,0000 UB 0,0004	LB 0,0000 UB 0,0030	LB 0,0020 UB 0,0048	LB 0,0141 UB 0,0206	LB 0,0600 UB 0,0600	---	100%

LOD: límite de detección. LB (*Lower bound*): estimación de límite inferior ($<LOD/LOQ=0$). UB (*Upper bound*): estimación de límite superior ($<LOD/LOQ=LOD/LOQ$). ML: límite máximo establecido (Reglamento (CE) N° 1881/2006, (CE) N° 629/2008 y (UE) N° 420/2011). ---: No existe límite máximo establecido. SAF (*Sampling Adjustment Factor*): factor de ajuste por consumo.

Para los zumos y refrescos no hay límites máximos establecidos a nivel europeo. En cuanto al agua envasada el Real Decreto 1798/2010 y Real Decreto 1799/2010 fijan para estas aguas unas concentraciones máximas de Cd de 3-5 $\mu\text{g/l}$ (0.003-0,005 mg/l) (Ver Tabla 2). Aunque el número de muestras es bajo, los valores medios reflejados en la Tabla 15 no superan dichos límites. De los datos originales se han desechado 6 resultados por presentar valores extremadamente altos (500 veces superiores al límite legal establecido para esta agua según el Real Decreto 1798/2010), muy probablemente debido a un error en la transcripción de los resultados del laboratorio. En otros 4 resultados el LOD de la técnica era 25 veces superior a los valores medios del grupo, por lo que también se han considerado inaceptables para los cálculos estadísticos.

5.1.8 Café, té, cacao

Esta categoría se ha dividido en tres sub-categorías, aunque no se tienen datos de cacao (Tabla 16). Esto puede implicar una estimación por defecto del contenido en Cd del grupo en su conjunto, aunque probablemente no sea de mucha importancia si tenemos en cuenta el consumo de cacao respecto a los otros alimentos del grupo.

Tabla 16. Concentración de Cd para la categoría de alimentos: "08. Café, té, cacao".

Categoría de alimentos	N	<LOD	P5	Mediana	Media	P95	Max	>ML (%)	SAF
08. 1. Cacao	---	---	---	---	---	---	---	---	14%
08.2. Café	40	40 (100%)	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0000 UB 0,0050	---	60%
08.3. Té y otras infusiones	20	0 (0%)	LB 0,0000 UB 0,0000	LB 0,0004 UB 0,0004	LB 0,0005 UB 0,0005	LB 0,0011 UB 0,0011	LB 0,0027 UB 0,0027	---	26%

Total 8. Café, té y cacao	60	40 (66,6%)	LB 0,0000	LB 0,0000	LB 0,0000	LB 0,0007	LB 0,0030	---	100%
			UB 0,0001	UB 0,0050	UB 0,0035	UB 0,0050	UB 0,0050		

LOD: límite de detección. LB (*Lower bound*): estimación de límite inferior (<LOD/LOQ=0). UB (*Upper bound*): estimación de límite superior (<LOD/LOQ=LOD/LOQ). ML: límite máximo establecido (Reglamento (CE) N° 1881/2006, (CE) N° 629/2008 y (UE) N° 420/2011). ----: No existe límite máximo establecido. SAF (*Sampling Adjustment Factor*): factor de ajuste por consumo.

En los datos originales las muestras de té y otras infusiones daban unos valores muy elevados. En las muestras de café se especifica “extracto al 10%”, mientras que en todas las demás no se indica nada lo que hace suponer que se trata del producto en polvo. Por ello se han corregido los valores originales considerando la dilución correspondiente que suele utilizarse en las infusiones de té, manzanilla, poleo y tila.

Para este grupo no hay establecidos límites legales de contenido de Cd. Todas las muestras de café tienen resultados <LOD y en el conjunto de esta categoría el porcentaje de muestras <LOD es del 66,6% (Tabla 16).

5.1.9 Bebidas alcohólicas

Se han considerado tres sub-categorías, aunque el número de muestras en dos de ellas es claramente insuficiente, lo que podría suponer una alta incertidumbre. Casi la totalidad de las muestras dan resultados <LOD (97,6%) (Tabla 17). La legislación europea no contempla límites máximos para las bebidas alcohólicas.

Tabla 17. Concentración de Cd (mg/l) para la categoría de alimentos: “09. Bebidas alcohólicas”.

Categoría de alimentos	N	<LOD	P5	Mediana	Media	P95	Max	>ML (%)	SAF
09A. Cerveza	4	4 (100%)	LB 0,0000 UB 0,0100	LB 0,0000 UB 0,0100	LB 0,0000 UB 0,0100	LB 0,0000 UB 0,0100	LB 0,0000 UB 0,0100	----	79%
09B. Vinos	37	36 (97,3%)	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0018 UB 0,0051	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0070 UB 0,0070	----	20%
09C. Licores	1	1 (100%)	---- UB 0,0070	LB 0,0000 UB 0,0070	LB 0,0000 UB 0,0070	---- UB 0,0070	LB 0,0000 UB 0,0070	----	1%
Total 09. Bebidas alcohólicas	42	41 (97,6%)	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0016 UB 0,0056	LB 0,0000 UB 0,0100	LB 0,0070 UB 0,0100	----	100%

LOD: límite de detección. LB (*Lower bound*): estimación de límite inferior ($<LOD/LOQ=0$). UB (*Upper bound*): estimación de límite superior ($<LOD/LOQ=LOD/LOQ$). ML: límite máximo establecido (Reglamento (CE) N° 1881/2006, (CE) N° 629/2008 y (UE) N° 420/2011). ----: No existe límite máximo establecido. SAF (*Sampling Adjustment Factor*): factor de ajuste por consumo.

5.1.10 Carnes y despojos

La categoría “Carnes y despojos” se ha dividido en dos sub-categorías, cada una de las cuales se ha subdividido en 7 y 4 subclases respectivamente, con un total de 1.240 resultados (Tabla 18).

Para el establecimiento de las subclases se ha tenido en cuenta tanto la existencia de límites legales establecidos a nivel europeo como los criterios habitualmente seguidos por EFSA en sus últimas evaluaciones (EFSA, 2009a, 2009d, 2010).

Tabla 18. Concentración de Cd (mg/kg) para la categoría de alimentos: “10. Carnes y despojos”.

Categoría de alimentos	N	<LOD	P5	Mediana	Media	P95	Max	>ML (%)	SAF
10A.1. Platos mixtos a base de carne	60	54 (90%)	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0026 UB 0,0065	LB 0,0100 UB 0,0100	LB 0,1000 UB 0,1000	0	2%
10A.2. Carne de bovino, ovino y caprino	10	10 (100%)	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0000 UB 0,0500	LB 0,0000 UB 0,0328	LB 0,0000 UB 0,0500	LB 0,0000 UB 0,0500	0	20%
10A.3. Carne de cerdo	20	20 (100%)	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0000 UB 0,0119	LB 0,0000 UB 0,0500	LB 0,0000 UB 0,0500	0	42%
10A.4. Carne de conejo y pollo	20	20 (100%)	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0000 UB 0,0165	LB 0,0000 UB 0,0500	LB 0,0000 UB 0,0500	0	12,3%
10A.5. Carne de caballo	28	2 (7,1%)	LB 0,0007 UB 0,0023	LB 0,0060 UB 0,0060	LB 0,0489 UB 0,0491	LB 0,1932 UB 0,1932	LB 0,4300 UB 0,4300	1 (3,6%)	0,1%
10A.6. Carne de caza	32	29 (90,6%)	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0009 UB 0,0031	LB 0,0100 UB 0,0100	LB 0,0100 UB 0,0100	0	0,2%
10A.7. Productos cárnicos	41	39 (95,1%)	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0021 UB 0,0057	LB 0,0100 UB 0,0100	LB 0,0600 UB 0,0600	0	16%
Total 10A. Carnes y productos derivados	211	174 (82,4%)	LB 0,0000 UB	LB 0,0000 UB	LB 0,0070 UB	LB 0,0270 UB	LB 0,0430 UB	1 (0,47%)	92,6%

			0,0014	0,0050	0,0141	0,0500	0,4300		
10B.1. Hígado de caballo	58	0	LB 0,0451 UB 0,0451	LB 0,5060 UB 0,5060	LB 0,6584 UB 0,6584	LB 1,5267 UB 1,5267	LB 5,2750 UB 5,2750	29 (50%)	0,1%
10B.2. Hígado (resto)	801	83 (10,4%)	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0270 UB 0,0330	LB 0,0875 UB 0,0937	LB 0,1451 UB 0,1451	LB 15,0000 UB 15,0000	10 (1,2%)	5%
10B.3. Riñones	149	3 (2%)	LB 0,1040 UB 0,1040	LB 0,5100 UB 0,5100	LB 0,8535 UB 0,8545	LB 3,2760 UB 3,2760	LB 8,2800 UB 8,2800	26 (17,4%)	0,2%
10B.4. Otros	21	21 (100%)	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0000 UB 0,0097	LB 0,0000 UB 0,0500	LB 0,0000 UB 0,0500	---	2,1%
Total 10B. Despojos y productos derivados	1.029	107 (10,4%)	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0375 UB 0,0500	LB 0,2289 UB 0,2341	LB 0,9182 UB 0,9182	LB 15,0000 UB 15,0000	65 (6,3%)	7,4%
Total 10. Carnes y despojos	1.240	281 (22,6%)	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0260 UB 0,0340	LB 0,1913 UB 0,1966	LB 0,8220 UB 0,8220	LB 15,0000 UB 15,0000	66 (5,3%)	100%

LOD: límite de detección. LB (*Lower bound*): estimación de límite inferior ($< \text{LOD}/\text{LOQ}=0$). UB (*Upper bound*): estimación de límite superior ($< \text{LOD}/\text{LOQ}=\text{LOD}/\text{LOQ}$). ML: límite máximo establecido (Reglamento (CE) N° 1881/2006, (CE) N° 629/2008 y (UE) N° 420/2011). ----: No existe límite máximo establecido. SAF (*Sampling Adjustment Factor*): factor de ajuste por consumo.

En esta categoría observamos un amplio intervalo de resultados $< \text{LOD}$ en las diferentes subclases consideradas. En “carnes y productos derivados” la gran mayoría de los resultados ($\geq 90\%$) son $< \text{LOD}$, a excepción de la carne de caballo en la que sólo un 7,1% de los valores fueron $< \text{LOD}$. Por el contrario en “Despojos y productos derivados” el porcentaje de resultados $< \text{LOD}$ es tan sólo del 10,4%. Considerando la categoría “carnes y despojos” en su conjunto las muestras inferiores al LOD son el 22,6% (Tabla 18).

Las mayores concentraciones de Cd, como es lógico, se encuentran en despojos y especialmente en hígado de caballo y riñones. En este grupo de alimentos hay establecidos límites máximos para todas las subclases consideradas. En “carne y productos derivados” sólo un 0,47% de las muestras analizadas (que corresponde a una muestra de carne de caballo) superan los límites establecidos. Por el contrario, el grado de incumplimiento es mayor en “despojos y productos derivados” donde el 6,3% de las muestras superaron los límites legales establecidos. Destaca el hígado de caballo donde el 50% de ellas superan el límite legal de 0,5 mg/kg con una concentración media de 0,6584 mg/kg ($> \text{ML}$) y un valor máximo de 5,27 mg/kg. Del resto de muestras de hígado (vaca, oveja, cerdo y aves) sólo un 1,2% superan el límite

legal. Los riñones también presentan un alto grado de incumplimiento de la legislación vigente, con un 17,4% de las muestras por encima del ML.

5.1.11 Pescados y mariscos

Para esta categoría se han considerado dos sub-categorías “mariscos y productos a base de mariscos” y “pescados y productos a base de pescado” y a su vez se han distinguido 4 y 5 subclases en cada una de ellas, respectivamente (Tabla 19). Los criterios para la agrupación de los distintos alimentos incluidos han sido los mismos que en la categoría anterior, existencia de límites legalmente establecidos y otros criterios usados por EFSA (EFSA, 2009a, 2009d, 2010). En esta categoría sólo el 32,6% de las 2.983 muestras analizadas dieron resultados <LOD con porcentajes similares en las dos sub-categorías consideradas. En “pescados y productos a base de pescado” el 7,7% de las muestras dieron resultados superiores al ML, aunque las concentraciones medias de las diferentes subclases fueron siempre inferiores a los ML establecidos (Tabla 19).

Tabla 19. Concentración de Cd (mg/kg) para la categoría de alimentos: “11. Pescados y Mariscos “.

Categoría de alimentos	N	<LOD	P5	Mediana	Media	P95	Max	>ML (%)	SAF
11A.1. Moluscos (bivalvos y otros)	413	63 (15,2%)	LB 0,0000 UB 0,0100	LB 0,1300 UB 0,1300	LB 0,2596 UB 0,2660	LB 1,0280 UB 1,0280	LB 3,5000 UB 3,5000	21 (5,1%)	0,2%
11A.2. Crustáceos	266	95 (35,7%)	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0540 UB 0,0680	LB 0,3202 UB 0,3353	LB 1,0000 UB 1,0000	LB 20,6000 UB 20,6000	39 (14,7%)	0,1%
11A.3. Cefalópodos	345	149 (43,2%)	LB 0,0000 UB 0,0100	LB 0,0500 UB 0,1000	LB 0,1562 UB 0,1815	LB 0,6720 UB 0,6720	LB 2,2900 UB 2,2900	6 (1,7%)	3%
11A. 4. Otros	---	---	---	---	---	---	---	---	0,1%
Total 11A. Mariscos y productos a base de mariscos	1024	307 (30%)	LB 0,0000 UB 0,0091	LB 0,0845 UB 0,1000	LB 0,2405 UB 0,2555	LB 0,9100 UB 0,9100	LB 20,6000 UB 20,6000	66 (6,4%)	3,4%
11B.1. Carne de pescado, excluidas las especies enumeradas en los puntos siguientes	829	361 (43,5%)	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0070 UB 0,0100	LB 0,0445 UB 0,0538	LB 0,2200 UB 0,2200	LB 4,0900 UB 4,0900	117 (14,1%)	43%
11B.2. Carne de pescados incluidos en el grupo 3.2.6 (*)	643	242 (37,6%)	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0080 UB 0,0255	LB 0,0346 UB 0,0465	LB 0,1030 UB 0,1030	LB 5,5000 UB 5,5000	33 (5,1%)	52%

11B.3. Carne de pescados incluidos en el grupo 3.2.7 (*)	120	1 (0,8%)	LB 0,0460 UB 0,0460	LB 0,0835 UB 0,0835	LB 0,0878 UB 0,0880	LB 0,1450 UB 0,1450	LB 0,2500 UB 0,2500	1 (0,8%)	0,3%
11B.4. Carne de pescados incluidos en el grupo 3.2.8 (*)	367	62 (16,9%)	LB 0,0000 UB 0,0100	LB 0,0530 UB 0,0600	LB 0,1319 UB 0,1389	LB 0,5679 UB 0,5679	LB 0,9520 UB 0,9520	0	0,3%
11B.5. Platos preparados a base de pescado	---	---	---	---	---	---	---	---	1%
Total 11B. Pescado y productos a base de pescado	1.959	666 (34%)	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0100 UB 0,0300	LB 0,0604 UB 0,0695	LB 0,2800 UB 0,2800	LB 5,5000 UB 5,5000	151 (7,7%)	96,6%
Total 11. Pescados y mariscos	2.983	973 (32,6%)	LB 0,0000 UB 0,0050	LB 0,0180 UB 0,0500	LB 0,1222 UB 0,1334	LB 0,5322 UB 0,5322	LB 20,6000 UB 20,6000	217 (7,3%)	100%

LOD: límite de detección. LB (*Lower bound*): estimación de límite inferior (<LOD/LOQ=0). UB (*Upper bound*): estimación de límite superior (<LOD/LOQ=LOD/LOQ). ML: límite máximo establecido (Reglamento (CE) N° 1881/2006, (CE) N° 629/2008 y (UE) N° 420/2011). ----: No existe límite máximo establecido. SAF (*Sampling Adjustment Factor*): factor de ajuste por consumo. (*) Según se define en la Tabla 1.

Las mayores concentraciones de Cd se encontraron en “mariscos y productos a base de mariscos”, como era previsible. No obstante, el grado de incumplimiento de la legislación vigente fue menor que en “pescados”. Sólo un 6,4% de las muestras superaron los ML y las concentraciones medias de las tres subclases (moluscos, crustáceos y cefalópodos) fueron todas inferiores a los ML (Tabla 19).

5.1.12 Huevos

La categoría “Huevos” se presenta en la Tabla 20. Sólo se aportaron 5 resultados de esta categoría, por lo que resulta evidente la insuficiencia del muestreo. De las muestras analizadas el 80% fue <LOD (Tabla 20). En la legislación europea no hay establecidos límites máximos para esta categoría.

Tabla 20. Concentración de Cd (mg/kg) para la categoría de alimentos: “12. Huevos”.

Categoría de alimentos	N	<LOD	P5	Mediana	Media	P95	Max	>ML (%)	SAF
Total 12. Huevos	5	4 (80%)	LB 0,0000 UB 0,0020	LB 0,0000 UB 0,0020	LB 0,0015 UB 0,0031	LB 0,0060 UB 0,0064	LB 0,0075 UB 0,0075	-----	100%

LOD: límite de detección. LB (*Lower bound*): estimación de límite inferior ($<LOD/LOQ=0$). UB (*Upper bound*): estimación de límite superior ($<LOD/LOQ=LOD/LOQ$). ML: límite máximo establecido (Reglamento (CE) N° 1881/2006, (CE) N° 629/2008 y (UE) N° 420/2011). ----: No existe límite máximo establecido. SAF (*Sampling Adjustment Factor*): factor de ajuste por consumo.

5.1.13 Leche y derivados

En esta categoría de alimentos se han diferenciado tres grupos de alimentos: leche, productos lácteos y quesos, si bien sólo hay datos aceptables de leche ya que en los otros casos las muestras son poco representativas. La mayoría de las muestras (90,1%) dan resultados $<LOD$. No existen límites legales establecidos a nivel europeo (Tabla 21).

Tabla 21. Concentración de Cd (mg/kg o mg/l) para la categoría de alimentos: “13. Leche y derivados”.

Categoría de alimentos	N	<LOD	P5	Mediana	Media	P95	Max	>ML (%)	SAF
13.A. Leche	50	45 (90%)	LB 0,0000 UB 0,0004	LB 0,0000 UB 0,0030	LB 0,0007 UB 0,0058	LB 0,0068 UB 0,0300	LB 0,0100 UB 0,0400	----	57%
13.B. Productos lácteos	1	1 (100%)	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0000 UB 0,0014		30%
13.C. Quesos	4	4 (100%)	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0000 UB 0,0014	LB 0,0000 UB 0,0014	----	13%
Total 13. Leche y derivados	55	50 (90,9%)	LB 0,0000 UB 0,0004	LB 0,0000 UB 0,0030	LB 0,0006 UB 0,0054	LB 0,0051 UB 0,0300	LB 0,0100 UB 0,0400	----	100%

LOD: límite de detección. LB (*Lower bound*): estimación de límite inferior ($<LOD/LOQ=0$). UB (*Upper bound*): estimación de límite superior ($<LOD/LOQ=LOD/LOQ$). ML: límite máximo establecido (Reglamento (CE) N° 1881/2006, (CE) N° 629/2008 y (UE) N° 420/2011). ----: No existe límite máximo establecido. SAF (*Sampling Adjustment Factor*): factor de ajuste por consumo.

5.1.14 Miscelánea

La categoría “Miscelánea” incluye 16 categorías de alimentos (AESAN, 2011). Sólo tenemos datos de vinagre y pimentón que representan dentro del grupo un mínimo consumo (5,2% para el vinagre y 2,7% para “especias”). Además sólo se han analizado 18 muestras por que la representatividad de este grupo es muy dudosa y no

se va a tener en cuenta para estimar la ingesta diaria de Cd (Tabla 22). Para estimar el aporte de Cd a la ingesta diaria de este grupo consideraremos el valor medio europeo que encuentra EFSA (2009a).

Tabla 22. Concentración de Cd (mg/kg o mg/l) para la categoría de alimentos: “14. Miscelánea”.

Categoría de alimentos	N	<LOD	P5	Mediana	Media	P95	Max	>ML (%)	SAF
14.A. Miscelánea	18	7 (38,8%)	LB 0,0000 UB 0,0090	LB 0,0175 UB 0,0180	LB 0,1145 UB 0,1180	LB 0,3270 UB 0,3270	LB 0,4760 UB 0,4760	----	20%
14.B. Productos dietéticos	---	---	---	---	---	---	---	---	80%
Total 14. Miscelánea y productos dietéticos	18	7 (38,8%)	LB 0,0000 UB 0,0090	LB 0,0175 UB 0,0180	LB 0,1145 UB 0,1180	LB 0,3270 UB 0,3270	LB 0,4760 UB 0,4760	----	100%

LOD: límite de detección. LB (*Lower bound*): estimación de límite inferior (<LOD/LOQ=0). UB (*Upper bound*): estimación de límite superior (<LOD/LOQ=LOD/LOQ). ML: límite máximo establecido (Reglamento (CE) N° 1881/2006, (CE) N° 629/2008 y (UE) N° 420/2011). ----: No existe límite máximo establecido. SAF (*Sampling Adjustment Factor*): factor de ajuste por consumo.

5.1.15 Agua de red

No se dispone de datos de este grupo de alimentos considerado en la *Concise European Food Consumption Database*.

5.2 Resumen de las concentraciones de cadmio (medias observadas y ajustadas) en los diferentes grupos de alimentos

Para este informe se han usado las concentraciones medias, ajustadas en los casos necesarios usando los factores de ajuste SAF, de acuerdo con su contribución a la dieta, tal como se ha indicado anteriormente y que se especifican para cada clase/categoría de alimentos en las Tablas 9-22. De acuerdo con los criterios de EFSA (EFSA, 2009a) la decisión de usar las concentraciones medias se basa en la toxicidad crónica del Cd debido a su capacidad para acumularse en el organismo y asumiendo que el consumo a lo largo de toda la vida puede suponer cambios en las concentraciones de Cd en los alimentos consumidos. En la Tabla 23 se resumen los contenidos medios de Cd ajustados aplicando un factor de ajuste en comparación con las concentraciones medias observadas para cada uno de los grupos de alimentos considerados para la evaluación (datos recopilados en el periodo 2000-2010).

Tabla 23. Contenidos medios observados y ajustados de Cd en alimentos a nivel nacional (Datos AESAN, 2000-2010).

	Grupo de alimentos	%<LOD	Media observada (mg/kg)		Media ajustada (mg/kg)	
			LB	UB	LB	UB
1	Cereales y productos derivados	33,6%	0,0207	0,0286	0,0126	0,0158
2	Azúcar y dulces, incluyendo el chocolate	91%	0,0011	0,0058	0,0007	0,0038
3	Grasas (vegetales y animales)	71,7%	0,0106	0,0177	0,0106	0,0177
4	Verduras, frutos secos, legumbres	69,8%	0,0371	0,0520	0,0107	0,0300
5	Patatas o tubérculos	26,9%	0,0053	0,0136	0,0053	0,0136
6	Fruta	85,7%	0,0015	0,0215	0,0015	0,0215
7	Zumos, refrescos y agua envasada	92,9%	0,0020	0,0048	0,0003	0,0019
8	Café, té, cacao	66,6%	0,0000	0,0035	0,0001	0,0031
9	Bebidas alcohólicas	97,6%	0,0016	0,0056	0,0003	0,0089
10	Carne y despojos	22,6%	0,1913	0,1966	0,0093	0,0212
11	Pescados y mariscos	32,6%	0,1222	0,1334	0,0431	0,0541
12	Huevos	80%	0,0015	0,0031	0,0015	0,0031
13	Leche y productos lácteos	90,9%	0,0006	0,0054	0,0004	0,0039
14	Miscelánea	-	-	-	-	-
15	Agua de red	-	-	-	-	-

6. Consumo de alimentos

La exposición diaria al Cd a través de los alimentos está determinada no sólo por los contenidos de Cd en los alimentos, sino además y de forma muy importante por los patrones de consumo. Algunos alimentos con elevados contenidos de Cd son de muy bajo consumo en la población general y consecuentemente influyen poco en la ingesta total del elemento. Por el contrario otros grupos de alimentos con un contenido bajo de Cd pueden tener mayor importancia por su alto consumo o por ser objeto de consumo por grupos específicos de población.

El consumo de alimentos junto con la concentración del contaminante son los dos pilares básicos en que se apoya la evaluación de la exposición. Es por ello que es de la máxima importancia disponer de datos adecuados sobre el consumo de alimentos por la población objeto de estudio, ya que puede haber diferencias importantes entre países e incluso entre regiones dentro de un mismo país, por las diferencias en el patrón de consumo.

Cuando se trata de evaluar la exposición de la población de un país a un determinado contaminante a través de los alimentos es frecuente que no se disponga de la información necesaria que cubra tanto a la población general como a niños, vegetarianos u otras sub-poblaciones de interés. Es por ello que EFSA estableció la *EFSA Concise European Food Consumption Database* (EFSA, 2008a) para que sirviese de base en las evaluaciones de exposición a nivel europeo. Inicialmente se incluyó información de 16 países, entre los que no figura España. Para obtener resultados comparables los datos se agregaron en 15 amplios grupos de alimentos (Tabla 7). Los datos están recogidos por grupos de edad y peso corporal y en dicha base de datos se indican diferentes parámetros estadísticos tanto para la población general como para "sólo consumidores". Como la propia EFSA reconoce, esta base de datos tiene ciertas limitaciones debido a la amplitud de los grupos de alimentos considerados y a las diferentes metodologías empleadas por los países miembros para la obtención de los datos de consumo. EFSA considera que esta base de datos

es adecuada para estimar la exposición a partir de las concentraciones de contaminante encontradas, con un planteamiento conservador, cuando la exposición resulta inferior a los niveles de riesgo establecidos. En caso contrario, considera que habría que hacer ajustes más finos, usando factores SAF más apropiados, consumos específicos del país correspondiente, sub-categorías de alimentos, etc. (EFSA, 2008b).

En sus últimas evaluaciones EFSA ha considerado para los consumos de cada uno de los 15 grupos de alimentos, la mediana de los valores medios de los 16 países que aportaron información a la base de datos, que lógicamente constituye una buena referencia a efectos comparativos de evaluaciones específicas en un país determinado.

Recientemente, EFSA ha publicado la nueva *Comprehensive European Food Consumption Database* que intenta resolver algunas de las deficiencias de la base de datos anterior (EFSA, 2011c). En esta nueva base ya se incluyen datos de España y los grupos de alimentos se han aumentado a 20. Además, se han incluido datos de varios subgrupos dentro de cada uno de los 20 grupos principales. Otra novedad importante, es que en esta nueva base de datos se incluyen consumos para niños de diferentes edades lo que constituye, sin duda, un avance importante respecto a la información disponible hasta ahora.

Como se ha dicho anteriormente en este informe hemos seguido la clasificación de alimentos en 15 grupos de la *Concise European Food Consumption Database*, por dos razones. En primer lugar porque AESAN realizó un informe interno (AESAN, 2008b) sobre contenidos de Cd en alimentos utilizando dicha clasificación y en segundo lugar porque la última evaluación de EFSA sobre el Cd (EFSA, 2009a) siguió igualmente los mismos criterios. De esta manera podremos comparar los resultados obtenidos en esta evaluación con las realizadas previamente por EFSA a nivel europeo y por AESAN en España. Por ello, cuando se han utilizado datos de consumo de la *Comprehensive Database*, se han ajustado a los 15 grupos de la *Concise Database*.

Por otra parte, AESAN aprobó un documento sobre “Modelo de dieta española para la determinación de la exposición del consumidor a sustancias químicas” (AESAN, 2006) basado en un estudio previo del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN, 2002) donde se recogen de forma muy detallada los patrones de consumo de la población española incluyendo adultos y niños de 7-12 años así como datos sobre población general y solo consumidores. No obstante, aunque los distintos alimentos están bien representados, falta alguna información importante, por ejemplo “agua de red” y si bien en el caso de “población general” se da la información de consumo del grupo de alimentos y de cada uno de los que lo componen, en el apartado de “solo consumidores” no se da la información para el total de cada grupo de alimentos (sólo se indica para cada alimento en particular), lo que imposibilita utilizar estos datos en la evaluación general del grupo si consideramos “solo consumidores” que es la información que utiliza EFSA en este tipo de evaluaciones.

Muy recientemente la AESAN ha publicado una nueva encuesta nutricional para la población adulta española que es sin duda la más completa que se ha hecho en nuestro país (AESAN, 2011). Sin embargo no incluye datos sobre población infantil ni otras sub-poblaciones que podrían ser de interés (vegetarianos, embarazadas, etc.). Ello nos ha obligado a considerar también los datos de la *Comprehensive Database* cuando ha sido necesario tal como se ha comentado anteriormente.

En la Tablas 24 y 25 se muestra un resumen de los consumos para la población española según distintas fuentes (agencias reguladoras) y que han sido utilizadas en

este informe. Como puede verse en la Tabla 24, no hay grandes diferencias entre las distintas fuentes consultadas para el consumo de adultos considerando tanto la población general como solo consumidores.

En este informe vamos a utilizar los consumos de adultos de la última encuesta española (AESAN, 2011), por considerar que es lo que más se ajusta a la situación actual de nuestro país y a la vista de que las diferencias de la población total respecto a “solo consumidores” no son demasiado importantes. Para el escenario de “consumidores extremos” utilizaremos el percentil 95 (P95) de consumo recogido en el mismo estudio. Como peso medio de un adulto se ha utilizado el que se indica en el modelo de dieta española (AESAN, 2006).

Los niños representan siempre un caso difícil de evaluar ya que los consumos pueden variar mucho según el intervalo de edad considerado. Aunque en la Tabla 25 se presentan los datos que figuran actualmente para niños en España en la *Comprehensive Database* y al parecer muchos de los datos que allí se recogen proceden del estudio del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN, 2002), se observan diferencias apreciables cuando comparamos con los datos de AESAN (2006) que en principio proceden de la misma fuente. Tal vez se deba a la agrupación de los datos por grupos de edad empleados en dicha base de datos. Por ello en este estudio vamos a utilizar los datos de niños 7-12 años (toda la población) que se recogen en el “modelo de dieta española” (AESAN, 2006), donde disponemos de información precisa sobre el peso medio de la población estudiada.

Tabla 24. Consumo medio de alimentos (g/día) para adultos según distintas fuentes (agencias reguladoras).

	Grupo de alimentos	ENIDE (AESAN, 2011) Población total	ENIDE (AESAN, 2011) Solo consumidores	EFSA (2009a) Solo consumidores	European Comprehensive Database (España) Solo consumidores	(AESAN, 2006) Población total (68,48 kg p.c.)
		g/día	g/día	g/día	g/día	g/día
1	Cereales y productos derivados	194,6	195,05	257	251,9	188,64
2	Azúcar y dulces, incluyendo el chocolate	14,97	18,94	43	19,4	18,23
3	Grasas (vegetales y animales)	34,93	34,99	38	37,5	37,41
4	Verduras, frutos secos, legumbres	184,93	203	194	267,25	217,58
5	Patatas o tubérculos	83,72	109,46	129	80	61,84
6	Fruta	213,01	240,78	153	198,4	213,88
7	Zumos, refrescos y agua envasada	575,98	1465,28	438,5	677,45	575,98
8	Café, té, cacao	95,06	111,32	601	102,4	95,06
9	Bebidas alcohólicas	146,64	242,92	413	188,8	69,22
10	Carne y despojos	163,84	165,88	150,5	185,05	189,14
11	Pescados y mariscos	89,19	99,88	62	87,7	96,07
12	Huevos	31,40	39,42	25	32,5	31,21
13	Leche y productos lácteos	304,88	309,95	287	411	350,52
14	Miscelánea	43,43	82,04	14	191,8	43,43
15	Agua de red	625,16	839,52	349	575,3	625,16

Tabla 25. Consumo medio de alimentos (g/día) para niños según distintas fuentes (agencias reguladoras).

<i>Concise European Food Consumption Database</i>		Niños 1-3 años ⁽¹⁾		Otros niños 3-9 años ⁽¹⁾		Adolescentes 10-17 años ⁽¹⁾		(AESAN, 2006) 7-12 años 34,48 kg
		Todos	Solo consumidores	Todos	Solo consumidores	Todos	Solo consumidores	Todos
1	Cereales y productos derivados	95	147,3	192,6	253,6	257,7	360,13	185,36
2	Azúcar y dulces, incluyendo el chocolate	8,8	21,4	15,75	21,9	18,56	25,3	16,29
3	Grasas (vegetales y animales)	9,9	10,5	18,55	19,5	28	28,3	30,31
4	Verduras, frutos secos, legumbres	88	118	104,6	147,7	148,4	264,76	118,45
5	Patatas o tubérculos	43,1	56,32	57,5	78,5	71,23	91,36	61,61
6	Fruta	79,4	112,5	100,35	130,2	121,56	155,26	143,36
7	Zumos, refrescos y agua envasada	211,8	641,3	258,2	731,8	269,39	845,5	269,39 ⁽²⁾
8	Café, té, cacao	0	0	2,5	151,2	8,85	211,86	9,69
9	Bebidas alcohólicas	0	0	0,1	13,8	11,63	83,9	0,33
10	Carne y despojos	79,5	106,3	131,3	180,4	186,3	299,86	179,55
11	Pescados y mariscos	26,3	74,5	32,05	75,5	44,53	119,33	64,71
12	Huevos	24,6	34,8	24,7	49,6	30,3	52,2	24,34
13	Leche y productos lácteos	542,1	583,4	497,5	549,9	434,7	493	428,38
14	Miscelánea	80,9	155,2	25,5	89,6	24,39	70,6	24,39 ⁽²⁾
15	Agua de red	218,2	463,8	380,5	461,7	544,4	619,8	544,4 ⁽²⁾

⁽¹⁾ *The EFSA Comprehensive European Food Consumption Database* (EFSA, 2011c). ⁽²⁾ Al no disponer de datos nuestros asumimos los valores de EFSA para adolescentes.

7. Exposición humana a cadmio

La estimación de la ingesta dietética diaria de Cd se ha basado en las concentraciones detectadas de Cd en los alimentos (Tabla 23) usando las concentraciones medias observadas y ajustadas para obtener así los límites inferior y superior en cada categoría de alimentos. Igualmente se ha basado en los datos de consumo de alimentos para adultos y niños recogidos en los estudios de AESAN (2006, 2011) como se muestra en las Tablas 24 y 25. Aunque se sabe que la dieta es la principal fuente que contribuye a la ingesta diaria de Cd, no hay que descartar la contribución del humo de cigarrillos y otras fuentes adicionales.

7.1 Contribución de los diferentes grupos de alimentos a la ingesta de cadmio

La presencia generalizada del Cd en todos los alimentos hace que un grupo determinado pueda contribuir de forma importante a la ingesta diaria bien por tener altas concentraciones de Cd o por ser objeto de un consumo de alimento elevado aun presentando bajas concentraciones de Cd.

En la Tabla 26 se muestra la contribución a la ingesta diaria de los diferentes grupos de alimentos considerados en adultos (toda la población). Los consumos medios (expresados en g/día) multiplicados por las concentraciones medias de Cd (expresadas en mg/kg) dan los resultados de ingesta expresados en µg Cd/día.

Los grupos de alimentos que más contribuyen a la ingesta diaria de Cd son “pescados y mariscos” (17,3-33,9%), “carne y despojos” (12,4-13,4%), “cereales y productos derivados” (11-21,6%) y “verduras, frutos secos, legumbres” (17,4-19,9%). El porcentaje de contribución varía según se considere el límite inferior (LB) o el límite superior (UB). No obstante si nos fijamos en el porcentaje de muestras inferiores al LOD en esos grupos, los resultados más fiables corresponderían a los tres primeros, ya que en el grupo de “verduras, legumbres y frutos secos” casi un 70% de las muestras son inferiores al LOD. Según este criterio el primer lugar correspondería a “pescados y mariscos” y el segundo a “cereales y derivados”. Estos dos grupos se utilizarán para la estimación de “consumidores extremos”. Estos resultados muestran una situación algo distinta en España respecto a la media europea (EFSA, 2009a) donde los grupos que más contribuyen son “cereales y derivados” y “vegetales, legumbres y frutos secos”.

Tabla 26. Estimación de la exposición a Cd (adultos) por diferentes grupos de alimentos.

		% <LOD	Consumo (AESAN, 2011) Toda la población g/día	Consumo (AESAN, 2011) Solo consumidores g/día	Concentración de Cd Media ajustada (mg/kg)		Ingesta Diaria (µg Cd/día) Toda la población		Ingesta Diaria (µg Cd/día) Solo consumidores	
					LB	UB	LB	UB	LB	UB
1	Cereales y productos derivados	33,2%	194,6	195,05	0,0126	0,0158	2,4520	3,0747	2,4576	3,0818
2	Azúcar y dulces, incluyendo el chocolate	91%	14,97	18,94	0,0007	0,0038	0,0105	0,0569	0,0133	0,0720
3	Grasas (vegetales y animales)	71,7%	34,93	34,99	0,0106	0,0177	0,3703	0,6183	0,3709	0,6193
4	Verduras, frutos secos, legumbres	69,4%	184,93	203	0,0107	0,0300	1,9788	5,5479	2,1721	6,0900
5	Patatas o tubérculos	26,9%	83,72	109,46	0,0053	0,0136	0,4437	1,1386	0,5801	1,4887
6	Fruta	85,7%	213,01	240,78	0,0015	0,0215	0,3195	4,5797	0,3612	5,1768
7	Zumos, refrescos y agua envasada	92,9%	575,98	1465,28	0,0003	0,0019	0,1728	1,0944	0,4396	2,7840
8	Café, té, cacao	66,6%	95,06	111,32	0,0001	0,0031	0,0095	0,2947	0,0111	0,3451
9	Bebidas alcohólicas	97,6%	146,64	242,92	0,0003	0,0089	0,0440	1,3051	0,0729	2,1620
10	Carne y despojos	22,6%	163,84	165,88	0,0093	0,0212	1,5237	3,4734	1,5427	3,5167
11	Pescados y mariscos	32,6%	89,19	99,88	0,0431	0,0541	3,8441	4,8252	4,3048	5,4035
12	Huevos	80%	31,4	39,42	0,0015	0,0031	0,0471	0,0973	0,0591	0,1222
13	Leche y productos lácteos	90,1%	304,88	309,95	0,0004	0,0039	0,1220	1,1890	0,1240	1,2088
14	Miscelánea ⁽¹⁾	38,8%	43,43	82,04	-	-	0,0000 ⁽¹⁾	0,3400 ⁽¹⁾	0,0000 ⁽¹⁾	0,3400 ⁽¹⁾
15	Agua de red ⁽²⁾	-	625,16	839,52	-	0,0004 ⁽²⁾	0,0000	0,2501	0,0000	0,3358
Total µg Cd/día							11,3378	27,8852	12,5094	32,7466
Total µg Cd/kg p.c./día (68,48 kg peso corporal del hombre adulto)							0,165	0,407	0,183	0,478
Total µg Cd/kg p.c./semana (% TWI)							1,155 (46,2%)	2,849 (114%)	1,281 (51,2%)	3,346 (134%)
Ingesta Semanal Tolerable (TWI)							2,5 µg Cd/kg p.c./semana			

LB: Estimación de límite inferior; UB: Estimación de límite superior. ⁽¹⁾ Al no disponer de valores fiables para este grupo se considera la ingesta diaria de 0-0,34 µg Cd/día (EFSA, 2009a). ⁽²⁾ No se dispone de resultados para el agua de red, por lo que se utilizará la concentración de Cd hallada por EFSA (2009a).

7.2 Ingesta de cadmio (consumidor medio y consumidor extremo)

Como puede observarse en la Tabla 26, la exposición media para adultos (toda la población española) es de 1,155-2,849 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$ asumiendo un peso medio corporal del hombre de 68,48 kg (AESAN, 2006) y si consideramos la población “solo consumidores” la exposición semanal a Cd se sitúa en un intervalo de 1,281-3,346 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$. Las diferencias entre población total y solo consumidores no son apreciables debido a que el mayor aporte de Cd se debe a grupos de alimentos donde el porcentaje de solo consumidores es muy elevado.

La exposición de consumidores extremos se ha estimado siguiendo las directrices de EFSA (2008b) sumando el percentil 95 de “solo consumidores” para los dos grupos de alimentos que más contribuyen a la ingesta de Cd y la exposición media (población total) para las otras categorías de alimentos. En este caso la exposición media resultante es de 2,06-3,95 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$.

En la Tabla 27 se muestra una comparación de la ingesta media estimada en esta evaluación y en diferentes estudios previamente publicados. Los resultados obtenidos para España en el presente informe son muy similares a los obtenidos por EFSA en su evaluación del 2009 (EFSA, 2009a). Las diferencias con otros estudios pueden estar relacionadas con una mayor desagregación en los grupos de alimentos con muestras más representativas que pueden originar estimaciones más bajas de la ingesta de Cd a través de los alimentos. Además las diferencias en los resultados de la Tabla 27 podrían estar relacionadas con la diferente metodología utilizada para la obtención de los datos de consumo.

En cuanto a la evaluación realizada en el 2008 por AESAN (informe interno) los resultados son similares. Con los datos del periodo 2000-2007 la ingesta diaria de Cd fue de 0,29 $\mu\text{g/kg p.c./día}$ para adultos frente a 0,165-0,407 $\mu\text{g/kg p.c./día}$ estimados en el presente informe.

Tabla 27. Comparación de la ingesta semanal de Cd (adultos) en diferentes estudios.

Estudio	Ingesta semanal media ($\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$)
Exposición media, solo consumidores (Presente evaluación)	1,3-3,5
Consumidor extremo (Presente evaluación)	2,1-3,9
Exposición media (EFSA, 2009a) (Cd)	1,9-3,0
Consumidor extremo (EFSA, 2009a) (Cd)	2,5-3,9
(FAO/WHO, 2006)	2,8-4,2
(EC, 2004)	0,7-2,9
Suecia, 2008 (mujeres) (*)	1,6
Italia, 2001, 2002 (*)	1,9

Alemania, 2002 (*)	1,2
Cataluña, 2003 (España) (*)	1,5
Reino Unido, 2006 (*)	1,3-1,5
Islas Canarias, 2006 (España) (*)	1,1
EEUU, 2003 (*)	1,5

(*) Tomado de EFSA (2009a).

7.3 Sub-grupos específicos de población: niños

Como se ha indicado anteriormente la estimación de la ingesta para niños se ha realizado a partir de los datos de consumo de AESAN (2006) por ser la información más completa disponible, aunque sólo incluye niños de 7 a 12 años. En la Tabla 28 se recogen los resultados obtenidos para esta población en España.

Tabla 28. Estimación de la exposición a Cd (niños) por diferentes grupos de alimentos.

	%<LOD	Consumo (AESAN, 2006) g/día	Concentración de Cd Media ajustada (mg/kg)		Ingesta Diaria (µg Cd/día)		
			LB	UB	LB	UB	
1	Cereales y productos derivados	33,2%	185,36	0,0126	0,0158	2,3355	2,9287
2	Azúcar y dulces, incluyendo el chocolate	91%	16,29	0,0007	0,0038	0,0114	0,0619
3	Grasas (vegetales y animales)	71,7%	30,31	0,0106	0,0177	0,3213	0,5365
4	Verduras, frutos secos, legumbres	69,4%	118,45	0,0107	0,0300	1,2674	3,5535
5	Patatas o tubérculos	26,9%	61,61	0,0053	0,0136	0,3265	0,8379
6	Fruta	85,7%	143,36	0,0015	0,0215	0,2150	3,0822
7	Zumos, refrescos y agua envasada	92,9%	269,39	0,0003	0,0019	0,0808	0,5118
8	Café, té, cacao	66,6%	9,69	0,0001	0,0031	0,0010	0,0300
9	Bebidas alcohólicas	97,6%	0,33	0,0003	0,0089	0,0001	0,0029
10	Carne y despojos	22,6%	179,55	0,0093	0,0212	1,6698	3,8065
11	Pescados y mariscos	32,6%	64,71	0,0431	0,0541	2,7890	3,5008
12	Huevos	80%	24,34	0,0015	0,0031	0,0365	0,0755
13	Leche y productos lácteos	90,1%	428,38	0,0004	0,0039	0,1714	1,6707
14	Miscelánea ⁽¹⁾	38,8%	24,39	-	-	0	0,3400 ⁽¹⁾
15	Agua de red ⁽²⁾	-	544,4	-	0,0004 ⁽²⁾	0	0,2178
Total µg Cd/día						9,2258	21,1567
Total µg Cd/kg p.c./día (34,48 kg peso corporal del niño)						0,267	0,613
Total µg Cd/kg p.c./semana (% TWI)						1,87 (74,8%)	4,29 (171,6%)

Ingesta Semanal Tolerable (TWI) 2,5 µg Cd/kg p.c./semana	2,5 µg
---	---------------

LB: estimación de límite inferior; UB: estimación de límite superior.

⁽¹⁾⁽²⁾ En estos casos, puesto que no disponemos de información suficiente, asumimos los valores utilizados por EFSA (2009a).

Respecto a los adultos la ingesta de Cd en niños de 7-12 años es un 50-60% mayor, de forma similar a lo que encuentra EFSA (2009a) debido, básicamente, al mayor consumo de alimentos en relación al peso corporal.

En relación a los resultados encontrados por AESAN (2008b) para el periodo 2000-2007, igual que ocurría en adultos, la exposición estimada es similar con una ingesta diaria en el periodo 2000-2007 de 0,45 µg Cd/kg p.c./día frente a los 0,267-0,613 µg Cd/kg p.c./día calculados para el periodo 2000-2010.

8. Caracterización del riesgo

La ingesta dietética media de Cd para adultos (población total) en España es de 1,15 - 2,85 µg Cd/kg p.c./semana y para “consumidores extremos” se ha estimado en el intervalo de 2,06-3,95 µg Cd/kg p.c./semana. Dicha exposición media es inferior a la Ingesta Semanal Tolerable (TWI) de 2,5 µg Cd/kg p.c./semana si consideramos la estimación de límite inferior (LB), pero la supera tanto en la población total como en “solo consumidores” al considerar la estimación de límite superior (UB). En consumidores extremos podría llegar casi a duplicar el valor de la TWI al igual que ocurre en el caso de los niños de 7-12 años.

La situación para la población española es similar a la encontrada por EFSA para el conjunto de la población europea (EFSA, 2009a) y también es equiparable a la de otros países de nuestro entorno.

Estos resultados hay que interpretarlos con precaución ya que, en primer lugar, la superación de la TWI en algún caso en particular no llevaría necesariamente a efectos adversos. En segundo lugar, el análisis de los datos utilizados en este informe revela que la gran mayoría de las muestras analizadas estaban por debajo del LOD de la técnica y además un porcentaje mínimo de dichas muestras superan los límites máximos (ML) legalmente establecidos a nivel europeo.

Teniendo en cuenta los resultados utilizados para la presente evaluación es razonable asumir que la exposición real estaría más próxima a la estimación del límite inferior, por lo que la ingesta semanal de Cd en la población española se encontraría dentro de los límites recomendados actualmente (PTWI), si bien en algunos casos concretos podría superarse.

No obstante hay que reconocer que la reciente disminución de la PTWI para el Cd de 7 a 2,5 µg/kg p.c./semana indica claramente la necesidad de reducir en lo posible la exposición de la población al Cd, con principal atención en los niños.

9. Incertidumbres

La evaluación de las incertidumbres en la evaluación de la exposición dietética a Cd en la población española se ha hecho siguiendo las directrices de EFSA (2006) para

las evaluaciones de exposición dietética detectándose las siguientes principales incertidumbres:

a) Representatividad del muestreo. Ha sido uno de los principales problemas encontrados:

- Se dispone de datos de la mayoría de las Comunidades Autónomas por lo que, en principio, podrían considerarse representativos del país, aunque el número de datos aportados varía mucho de unas Comunidades a otras. Los datos disponibles proceden principalmente de programas de control realizados por las comunidades autónomas y el PNIR, por lo que no hay homogeneidad en el reparto por grupos, ya que dichos controles van dirigidos fundamentalmente al control del cumplimiento de la legislación vigente.
- Como puede verse en la Tabla 7 sólo los grupos de "carne y despojos" y "pescados y mariscos" tienen un número suficiente de muestras y esos dos grupos suponen el 77% del total de muestras analizadas. En todos los demás casos podría considerarse insuficiente el número de muestras. No obstante, hay que tener en cuenta que precisamente esos dos grupos son los que más contribuyen a la ingesta dietética de Cd. El escaso número de muestras que tenemos en la mayoría de los grupos de alimentos resta validez a algunos descriptores estadísticos calculados (por ejemplo, el P95).
- En algunos grupos de alimentos se incluye un gran número de alimentos individuales o subgrupos y el escaso número de muestras de muchos de ellos obliga a estimar el contenido de Cd del grupo a partir de datos poco representativos (en ocasiones sólo se dispone de resultados para un alimento específico).

b) Aspectos analíticos. Es otro aspecto en el que se detectan deficiencias:

- El 34,8% de los resultados han sido proporcionados por laboratorios no acreditados o que no dan información sobre este aspecto. No se suele especificar el laboratorio que ha realizado los análisis y normalmente se indica la Comunidad Autónoma. Podría darse el caso de que participase más de un laboratorio en una Comunidad Autónoma. Ese hecho podría llevar a que en una misma Comunidad se especificasen distintos LOD/LOQ. También podría ser por el amplio periodo de análisis de las muestras (2000-2010), a lo largo del cual podrían haber variado las técnicas y/o los laboratorios o métodos utilizados en una misma Comunidad.
- Los LOD/LOQ referidos en muchos resultados son inaceptablemente altos. Esto es consecuencia del objetivo principal de estos análisis (control oficial) y supone ciertas deficiencias cuando estos resultados se utilizan para una evaluación de la exposición, lo que obliga a no considerar algunos resultados, disminuyendo aún más el número de datos disponibles en un determinado grupo de alimentos.
- Otra práctica habitual es despreciar los valores excesivamente altos respecto a los alimentos del grupo. EFSA suele descartar los valores diez veces mayores a la media de los resultados del grupo, criterio seguido en este informe. Aun así, se han mantenido algunos resultados más de diez veces superiores a la media del grupo, para evitar reducir excesivamente el número de datos lo que ha dado lugar en algunos grupos a una sobrestimación del contenido de Cd.
- También es destacable el alto número de resultados <LOD/LOQ, el 39,2% del

total de muestras, sin embargo, en 9 de los 15 grupos de alimentos el número de muestras <LOD/LOQ fue mayor del 60%. Ello ha obligado a considerar, siguiendo las recomendaciones de EFSA, una estimación de límite inferior y de límite superior, lo que naturalmente implica una cierta incertidumbre especialmente cuando, como en la presente evaluación, la exposición resulta cercana o supera los valores de referencia establecidos (TWI).

- Otro factor de incertidumbre a considerar es la utilización de los "Factores de ajuste de muestra" (SAF). Aunque es imprescindible tener en cuenta la contribución real de cada alimento o subgrupo de alimentos en una categoría determinada en cuanto al aporte de cadmio, en esta evaluación se han utilizado los factores SAF de Alemania (igual que ha hecho EFSA en sus recientes evaluaciones) que aunque pueden considerarse válidos no sabemos si representan exactamente la situación en España.

c) Consumos:

- Para adultos hemos utilizado la última encuesta de alimentación del 2011 realizada por AESAN en España (Encuesta Nacional de Ingesta Dietética Española, ENIDE) que pensamos representa perfectamente la situación actual de la población española. Sin embargo, para niños sólo disponemos de datos fiables para el grupo de edad de 7-12 años (AESAN, 2006) por lo que otros grupos de edad donde la relación consumo/peso corporal se hace más importante no estarían bien representados en este informe. Igualmente no disponemos de datos de España para otros subgrupos de población (embarazadas, vegetarianos, etc.).
- Otro problema es ajustar los datos de consumo con los datos de presencia de Cd en los diferentes grupos de alimentos, ya que los criterios usados para la agrupación de alimentos no suelen coincidir con la clasificación utilizada para realizar los análisis. Ello obliga a hacer algunos ajustes que pueden influir, evidentemente, en la estimación de la exposición.

Conclusiones del Comité Científico

El Comité Científico de la AESAN ha realizado una evaluación del riesgo de la exposición de la población española a Cd por consumo de alimentos teniendo en cuenta sus contenidos en los alimentos y los patrones de consumo. En concreto se han utilizado los datos de contenidos de Cd de 5.493 muestras de distintos grupos de alimentos recopilados durante el periodo 2000-2010 procedentes de 14 Comunidades Autónomas y otros laboratorios de la Administración, clasificados en 15 grupos o categorías de alimentos.

Teniendo en cuenta las incertidumbres detectadas en el proceso de evaluación, el Comité considera que sería necesario disponer de información más precisa (datos analíticos y de consumo) para poder hacer una valoración adecuada de la ingesta dietética de Cd en la población española. Con los datos disponibles se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Para la mayoría de los alimentos, un alto porcentaje de las muestras analizadas estuvieron por debajo de los límites máximos establecidos (ML) para Cd a nivel europeo. Los mayores incumplimientos se observaron en riñones, hígado de caballo y crustáceos (todos ellos alimentos cuyo consumo es poco significativo en la población general). De cualquier forma las

- concentraciones medias de Cd de los diferentes grupos de alimentos (a excepción del hígado de caballo) fueron siempre inferiores al ML.
2. Los grupos de alimentos que contribuyen mayoritariamente a la exposición dietética a Cd son en orden decreciente “pescados y mariscos”, “cereales y productos derivados”, “carne y despojos” y “verduras, frutos secos y legumbres”.
 3. La ingesta media dietética para adultos en España es de 1,15-2,85 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$ para toda la población, de 1,28-3,35 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$ para solo consumidores, y de 2,06-3,95 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$ para consumidores extremos. La exposición media para niños (7-12 años) se estima en 1,87-4,29 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$.
 4. La exposición a Cd en adultos es inferior a la Ingesta Semanal Tolerable (TWI) de 2,5 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$, si se considera la estimación de límite inferior (LB), pero supera a la TWI si se considera el límite superior (UB). En niños (7-12 años) la estimación de límite inferior (LB) está por debajo de la TWI, pero podría llegar casi a duplicarla si se considera el límite superior (UB). Estos resultados son muy similares a los encontrados para la población europea por EFSA en 2009.
 5. Teniendo en cuenta los resultados utilizados en la presente evaluación es razonable asumir que la exposición real a Cd estaría más próxima a la estimación del límite inferior (LB), por lo que podría considerarse que la ingesta semanal de Cd en la población española se encuentra dentro de los límites recomendados en la actualidad (TWI).

Comentario final

Normalmente en las evaluaciones de riesgo se adopta una postura "conservadora" haciendo muchas asunciones que si al final no se supera la ingesta diaria (o semanal) tolerable se dan por aceptables. Sin embargo, cuando se superan dichas ingestas, como es el caso del Cd, se requiere hacer un análisis más fino, lo que exige disponer de información mucho más precisa sobre concentraciones del contaminante en el mayor número posible de alimentos, resultados analíticos adecuados a este fin y datos de consumo igualmente detallados y fiables.

En nuestro caso y teniendo en cuenta todas las deficiencias encontradas (recogidas en su mayor parte en el apartado de incertidumbres) aunque el resultado final indica que la población española podría estar expuesta a niveles de Cd superiores a la TWI establecida en la actualidad, ello no implicaría necesariamente un riesgo apreciable para la población. Algunos argumentos en ese sentido serían:

- a) Falta de representatividad de los datos analíticos.
- b) Porcentaje muy elevado de muestras $< \text{LOD/LOQ}$ lo que implica que la situación real estaría más cercana a la estimación de límite inferior y de esta forma no se superaría la TWI.
- c) No hay acuerdo unánime respecto a dicha TWI. EFSA ha aceptado recientemente la TWI de 2,5 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$ y sin embargo, JECFA sigue manteniendo una TWI de 5,8 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$. Si consideramos esta última el resultado de la evaluación es totalmente distinto.
- d) Sólo un pequeño porcentaje de muestras supera los límites máximos (ML)

legalmente establecidos a nivel europeo y los valores medios de los diferentes grupos de alimentos nunca superan dichos límites. No es razonable que si los alimentos analizados cumplen la legislación vigente (que se ha establecido en ciertos niveles para salvaguardar la salud de la población), su consumo represente un riesgo para la salud, siendo además la situación que resulta para España similar a la de cualquier otro país europeo (según los datos de EFSA).

Referencias

- AESAN (2006). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Modelo de dieta española para la determinación de la exposición del consumidor a sustancias químicas. Disponible en: http://www.aesan.msc.es/AESAN/docs/docs/notas_prensa/modelo_dieta_espanola.pdf [acceso: 10-11-11].
- AESAN (2008a). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Factores de transformación de metales pesados. http://www.aesan.msc.es/AESAN/web/cadena_alimentaria/subdetalle/factores_transformacion.shtml [acceso: 9-1-12].
- AESAN (2008b). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Informe resumen de datos de cadmio 2000-2007.
- AESAN (2011). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición Encuesta Nacional de Ingesta Dietética Española (ENIDE).
- Akesson, A., Bjellerup, P., Lundh, T., Lidfeldt, J., Nerbrand, C., Samsioe, G., Skerfving, S. y Vahter, M. (2006). Cadmium-induced effects on bone in a population-based study of women. *Environmental Health Perspectives*, 114, pp: 830-834.
- Alfvén, T., Elinder, C.G., Carlsoon, M.D., Grubb, A., Hellstrom, L., Persson, B., Petterson, C., Spang, G., Schutz, A. y Järup, L. (2000). Low-level cadmium exposure and osteoporosis. *Journal of Bone and Mineral Research*, 15, pp: 1579-1586.
- Alfvén, T., Elinder, C.G., Hellstrom, L., Lagarde, F. y Järup, L. (2004). Cadmium exposure and distal forearm fractures. *Journal of Bone and Mineral Research*, 19, pp: 900-905.
- Bernard, A. y Lauwerys, R. (1986). Present status and trends in biological monitoring of exposure to industrial-chemicals. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 28 (8), pp: 558-562.
- CSN (2002). Consejo de Seguridad nuclear. Estudio sobre dietas y hábitos alimentarios en la población española. Colección documentos CSN. Referencia Doc. 05.01.
- Darbre, P.D. (2006). Metalloestrogens. An emerging class of inorganic xenoestrogens with potential to add to the oestrogenic burden of the human breast. *Journal of Applied Toxicology*, 26, pp: 191-197.
- EC (2004). European Commission. SCOOP Report of task 3.2.11: Assessment of the dietary exposure to arsenic, cadmium, lead and mercury of the population of the EU Member States.
- EC (2007). European Commission. European Union Risk Assessment Report. Cadmium Metal and oxide. CAS No: 7440-43-9. EINECS No: 231-152-8. Disponible

en:<http://ecb.jrc.it/home.php?CONTENU=/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/>
{acceso: 10-11-11}.

EFSA (2008a). European Food Safety Authority. The EFSA Concise European Food Consumption Database. Disponible en: <http://www.efsa.europa.eu/en/datexfoodcdb/datexfoodb.htm> [acceso: 10-11-11].

EFSA (2008b). European Food Safety Authority Guidance Document for the use of the Concise European Food Consumption Database in Exposure Assessment. Disponible en: <http://www.efsa.europa.eu/en/datexfoodcdb/datexfoodb.htm> [acceso: 10-11-11].

EFSA (2009a). European Food Safety Authority. Scientific opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on cadmium in food. *The EFSA Journal*, 980, pp: 1-139.

EFSA (2009b). European Food Safety Authority. Technical Report of EFSA prepared by assessment Methodology Unit on meta-analysis of dose-effect relationship of cadmium for benchmark dose evaluation. *The EFSA Journal/EFSA Scientific Report*, 254, pp: 1-62.

EFSA (2009c). European Food Safety Authority. Guidance of the Scientific Committee on Use of the benchmark dose approach in risk assessment. *The EFSA Journal*, 1150, pp: 1-72.

EFSA (2009d). European Food Safety Authority. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on Arsenic in Food. *The EFSA Journal*, 7 (10), pp: 1-198.

EFSA (2010). European Food Safety Authority. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on Lead in Food. *The EFSA Journal*, 8 (4):1570, pp: 1-147.

EFSA (2011a). European Food Safety Authority. Scientific opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on request from the European Commission on tolerable weekly intake for cadmium. *The EFSA Journal*, 1975, pp: 1-19.

EFSA (2011b). European Food Safety Authority. Comparison of the approaches taken by EFSA and JECFA to establish a HBGV for cadmium. *The EFSA Journal*, 2006, pp: 1-28.

EFSA (2011c). European Food Safety Authority. The EFSA Comprehensive European Food Consumption Database. Disponible en: <http://www.efsa.europa.eu/en/datexfoodcdb/datexfoodb.htm> [acceso: 10-11-11].

FAO/WHO (2006). Food and Agriculture Organization/World Health Organization Evaluation of certain food contaminants: 64th report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series 930, Geneva.

Filipsson, A.F., Sand, S., Nilsson, J. y Victorin, K. (2003). The benchmark dose method-review of available models, and recommendations for application in health risk assessment. *Critical Reviews in Toxicology*, 33, pp: 505-542.

Gallagher, C.M., Kovach, J.S. y Meliker, J.R. (2008). Urinary cadmium and osteoporosis in U.S. women \geq 50years of age: NHANES 1988-1994 and 1999-2004. *Environmental Health Perspectives*, 116, pp: 1338-1343.

Gallagher, C.M., Moonga, B.S. y Kovach, J.S. (2010). Cadmium, follicle-stimulating hormone, and effects on bone in women age 42-60 years, NHANES III.

- Environmental Research*, 110, pp: 105-111.
- Honda, R., Tsuritani, I., Noborisaka, Y., Suzuki, H., Ishizaki, M. y Yamada, Y. (2003). Urinary cadmium excretion is correlated with calcaneal bone mass in Japanese women living in an urban area. *Environmental Research*, 91, pp: 63-70.
- Huff, J., Lunn, R.M., Waalkes, M.P., Tomatis, L. e Infante, P.F. (2007.) Cadmium-induced cancers in animals and in humans. *International Journal Occupational Environmental Health*, 13 (2), pp: 202-212.
- IARC (1993). International Agency for Research on Cancer. Beryllium, Cadmium, Mercury, and Exposures in the Glass Manufacturing Industry. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 58, pp: 8-12.
- Järup, L., Roggenfelt, A., Elinder, C.G., Nogawa, K. y Kjellstrom, T. (1983). Biological half-time of cadmium in the blood of workers after cessation of exposure. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 9 (4), pp: 327-331.
- Järup, L. y Akesson, A. (2009). Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 238, pp: 201-208.
- JECFA (2010). Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Seventy-third meeting, Geneva, 8-17 June 2010. Summary and Conclusions. Issued 24. Disponible en:<http://www.fao.org/ag/agn/agns/jecfa/JECFA73%20Summary%20Report%20Final.pdf> [acceso: 10-11-11].
- Kjellström, T. y Nordberg, G.F. (1978). A kinetic model of cadmium metabolism in the human being. *Environmental Research*, 16 (1-3), pp: 248-269.
- Mensink, G.B. y Beitz, R. (2004). Food and nutrient intake in East and West Germany, 8 years after the reunification. The German Nutrition Survey 1998. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58 (7), pp: 1000-1010.
- Nawrot, T., Geusens, P., Nulens, T. y Nemery, B. (2010). Occupational cadmium exposure and calcium excretion, bone density and osteoporosis in men. *Journal of Bone and Mineral Research*, 25, pp: 1441-1445.
- Nordberg, G.F., Kjellstrom, T. y Nordberg, M. (1985). Kinetics and metabolism. In: Cd and health: A toxicological and epidemiological appraisal. Vol I: Exposure, Dose and Metabolism. CRC Press, Friberg, L.E.C., Kjellstrom, T. et al., Boca Raton, FL, pp. 103-178.
- OMS (1989). Organización Mundial de la Salud. Cadmium. Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants. Who food additives series 24.
- OMS (1992). Organización Mundial de la Salud. Renal effects and Low Molecular Weight Proteinuria. Environmental Health Criteria, 134: Cadmium. World Health Organisation, Geneva, pp.136-146.
- OMS (2003). Organización Mundial de la Salud. Instructions for electronic submission of data on chemical contaminants in food and the diet. Global Environmental Monitoring System-Food Contamination Monitoring and Assessment Programm (GEMS/Food). Disponible en:
<http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/en/gemsmanual.pdf> [acceso: 11-11-11].
- OMS (2006). Organización Mundial de la Salud. Evaluation of certain food contaminants. WHO Technical Report Series 930. World Health Organisation, Geneva.

- Pan, J., Plant, J.A., Voulvoulis, N., Oates, J. e Ihlenfeld, C. (2010). Cadmium levels in Europe: implications for human health. *Environmental Geochemistry and Health*, 32, pp: 1-12.
- Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano. BOE de 19 de enero de 2011, pp: 6111-6133.
- Real Decreto 1799/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas preparadas envasadas para el consumo humano. BOE de 20 de enero de 2011, pp: 6292-6304.
- Roels, H.A., Lauwerys, R.R., Buchet, J.P., Bernard, A., Chettle, D.R., Harvey, T.C. y Al-Haddad, I.K. (1981). In vivo measurement of liver and kidney cadmium in workers exposed to this metal: its significance with respect to cadmium in blood and urine. *Environmental Research*, 26 (1), pp: 217-240.
- Satarug, S. y Moore, M.R. (2004). Adverse health effects of chronic exposure to low-level cadmium in foodstuffs and cigarette smoke. *Environmental Health Perspectives*, 112, pp: 1099-1103.
- Satarug, S., Garrett, S.H., Sens, M.A. y Sens, D.A. (2010). Cadmium, environmental exposure and health outcomes. *Environmental Health Perspectives*, 118, pp: 182-190.
- Schutte, R., Nawrot, T.S., Richard, T., Thijs, L., Vanderschueren, D., Kuznetsova, T., Van Hecke, E., Roels, H.A. y Staessen, J.A. (2008). Bone resorption and environmental exposure to cadmium in women: a population study. *Environmental Health Perspectives*, 116, pp: 777-783.
- Suwazono, Y., Sand, S., Vahter, M., Skerfving, S., Lidfeldt, J. y Akesson, A. (2010). Benchmark dose for cadmium-induced osteoporosis in women. *Toxicology Letters*, 197, pp: 123-127.
- UE (1967) Directiva 67/548/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1967, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de las sustancias peligrosas. DO L 196 de 16 de agosto de 1967, pp: 1-98.
- UE (2006). Reglamento (CE) N° 1881/2006, por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. DO L 364 de 20 de diciembre de 2006, pp: 5-24.
- UE (2007). Reglamento (CE) N° 333/2007, por el que establecen los métodos de muestreo y análisis para el control oficial de los niveles de plomo, cadmio, mercurio, estaño inorgánico, 3-MCPD y benzo(a)pireno en los productos alimenticios. DO L 88 de 29 de marzo de 2007, pp: 29-38.
- UE (2008). Reglamento (CE) N° 629/2008 que modifica el Reglamento (CE) N° 1881 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. DO L 173 de 3 de julio de 2008, pp: 6-9.
- UE (2011). Reglamento (CE) N° 420/2011 que modifica el Reglamento (CE) N° 1881 por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. Official Journal L 111 de 30 de abril de 2011, pp: 3-6.
- U.S. Department of Health and Human Services (2004). Bone Health and Osteoporosis: A Report of the Surgeon General. U.S. Department of Health and Human Services, Office of the Surgeon General, Rockville, MD.

U.S. EPA (1995). The use of the Benchmark Dose (BMD) Approach in Health risk assessment. Final Report. Risk Assessment Forum, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

Waalkes, M.P. (2003). Cadmium carcinogenesis. *Mutation Research*, 533, pp: 107-120.