

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 a través de la dieta

Número de referencia: AESAN-2021-003

Informe aprobado por el Comité Científico en su sesión plenaria de 17 de febrero de 2021

Grupo de trabajo

M^o Aránzazu Martínez Caballero (Coordinadora colaboradora externa), **Pilar Conchello Moreno** (colaboradora externa), **Carmen Rubio Armendáriz** y **Pau Talens Oliag**

Comité Científico

Carlos Alonso Calleja Universidad de León	Rosa María Giner Pons Universitat de València	Sonia Marín Sillué Universitat de Lleida	Magdalena Rafecas Martínez Universitat de Barcelona
Montaña Cámara Hurtado Universidad Complutense de Madrid	Elena González Fandos Universidad de La Rioja	José Alfredo Martínez Hernández Universidad de Navarra	David Rodríguez Lázaro Universidad de Burgos
Álvaro Daschner Hospital de La Princesa de Madrid	María José González Muñoz Universidad de Alcalá de Henares	Francisco José Morales Navas Consejo Superior de Investigaciones Científicas	Carmen Rubio Armendáriz Universidad de La Laguna
Pablo Fernández Escámez Universidad Politécnica de Cartagena	Esther López García Universidad Autónoma de Madrid	Victoria Moreno Arribas Consejo Superior de Investigaciones Científicas	María José Ruiz Leal Universitat de València
Carlos Manuel Franco Abuín Universidade de Santiago de Compostela	Jordi Mañes Vinuesa Universitat de València	María del Puy Portillo Baquedano Universidad del País Vasco	Pau Talens Oliag Universitat Politècnica de València

Secretario técnico

Vicente Calderón Pascual

Resumen

El Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) evaluó en el 2011 el riesgo de la exposición de la población española a cadmio. Desde entonces se han producido actualizaciones que incluyen la adopción de nuevos límites máximos de contenido de cadmio en productos alimenticios, y la realización por parte de la AESAN de dos nuevas encuestas de consumo de alimentos: ENALIA (Encuesta nacional de alimentación en la población infantil y adolescente) y ENALIA-2 (Encuesta nacional de alimentación en población adulta, mayores y embarazadas).

El Comité Científico ha realizado una nueva evaluación del riesgo de la exposición a cadmio de la población española a través de la dieta, tomando en consideración cerca de 3000 nuevos datos de presencia de cadmio en distintas categorías de alimentos recopilados en España entre los años 2014 y 2017.

La estimación de la ingesta dietética de cadmio se ha realizado mediante el cálculo determinista a partir del valor medio de contaminación correspondiente al límite inferior (*Lower Bound*, LB) y superior (*Upper Bound*, UB) calculado para cada alimento, de su consumo diario en diferentes grupos de edad (12-35 meses, 3-9 años, 10-17 años y 18-64 años) y del peso corporal asumido para cada uno de ellos.

Considerando los escenarios de contaminación LB y UB, en ambos casos se observa que el *cacao soluble* (215,3-215,3 µg Cd/kg), los moluscos (172,8-178,5 µg Cd/kg) y chocolate y derivados (114,0-116,7 µg Cd/kg) son los grupos de alimentos que presentan la concentración media de cadmio más elevada. En adultos la aportación principal a la ingesta de cadmio es debida a los moluscos. Sin embargo, el *cacao soluble*, aunque con un número de muestras de análisis reducido, se posiciona como el alimento que más contribuye a la ingesta de cadmio en los grupos de edad de 3 a 17 años, mientras que la *patata* es el alimento con mayor aportación de cadmio en la dieta de los niños de 12-35 meses. Los niños de 12 a 35 meses representan el grupo más vulnerable a la exposición a cadmio debido a un mayor consumo de alimentos en relación a su peso corporal. No obstante, considerando que es razonable asumir que la exposición dietética a cadmio real estará más próxima a la estimación derivada del uso del LB que del UB de contaminación, se podría concluir que la exposición a cadmio se encuentra dentro del margen de seguridad para todos los grupos de población en España.

Se observa una reducción de la exposición dietética a cadmio de la población adulta española desde 2010, del 26 % y 42 % en la estimación de límite inferior y superior, respectivamente, si bien las diferencias en los límites de cuantificación y en los datos de consumo de los estudios podrían influir en estos resultados.

Para todos los grupos de población, el consumo extremo de moluscos es la principal fuente dietética de cadmio. Aunque improbable, cualquier escenario de exposición crónica que incluya un consumo extremo de algún grupo de alimentos constituye un riesgo de exposición a cadmio por encima de la ingesta semanal tolerable (IST) establecida.

Palabras clave

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

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

Abstract

In 2011, the Scientific Committee of the Spanish Agency for Food Safety and Nutrition (AESAN) performed a risk assessment of the Spanish population's exposure to cadmium. Since then, there have been updates that include the adoption of new maximum limits of cadmium content in food products and two surveys on eating habits by AESAN: ENALIA (National Survey of the Eating Habits

of Children and Adolescents) and ENALIA-2 (National Survey of the Eating Habits of Adults, the Elderly, and Pregnant Women).

The Scientific Committee has performed a new risk assessment of the Spanish population's exposure to cadmium through diet, taking into consideration about 3000 new data points on the presence of cadmium in different categories of food, compiled between 2014 and 2017 in Spain.

The estimate of the dietary intake of cadmium was performed by means of a deterministic model of calculation based on the average contamination value for the lower bound (LB) and the upper bound (UB) of the daily consumption of each food product among different age groups (12-35 months, 3-9 years, 10-17 years, and 18-64 years), and the assumed body weight for each of them.

Considering the contamination scenarios LB and UB, in both cases it has been found that *soluble cocoa powder* (215.3-215.3 µg Cd/kg), molluscs (172.8-178.5 µg Cd/kg) and chocolate and chocolate-based products (114.0-116.7 µg Cd/kg) are the food groups that display the highest average concentration of cadmium. The main contributor to cadmium intake in adults are molluscs. Although there were fewer samples for analysis, *soluble cocoa powder* was found to be the main contributor to cadmium intake in age groups 3-17 years, whereas the *potato* contributes the highest amount of cadmium to the diet of children aged 12-35 months. Children between the ages of 12 to 35 months are especially vulnerable to cadmium exposure, as they consume a greater amount of food in relation to their body weight. Nevertheless, as it is reasonable to assume that real dietary exposure to cadmium would be closer to the estimate derived from the use of the LB rather than the UB of contamination, it may be concluded that cadmium exposure is within the safety margins for all population groups in Spain.

Lower dietary exposure to cadmium has been observed in Spanish adults from 2010 onwards, of 26 % and 42 % in the lower bound and upper bound estimates, respectively, although differences in the quantification limits and in the food consumption data of the studies may influence these results.

For all population groups, the extreme consumption of molluscs is the main dietary source of cadmium. Although unlikely, any scenario of chronic exposure which includes the extreme consumption of any food group constitutes a risk of cadmium exposure over and above the established tolerable weekly intake (TWI).

Key words

Cadmium, foods, exposure, consumption, tolerable weekly intake, risk assessment.

Cita sugerida

Comité Científico AESAN. (Grupo de Trabajo) Martínez, M.A., Conchello, P., Rubio, C. y Talens, P. 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 a través de la dieta. *Revista del Comité Científico de la AESAN*, 2020, 33, pp: 75-111.

1. Introducción

La Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC, 2012) ha clasificado al cadmio (Cd) como carcinógeno humano (Grupo 1). Asimismo, en Europa algunos compuestos de cadmio están clasificados como supuestos carcinógenos (Categoría 1B) (UE, 2008).

La exposición del hombre al cadmio, se deriva, principalmente (90 %), de la ingesta dietética de alimentos y agua de bebida contaminados con este metal. Por ello, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) ha establecido una ingesta dietética semanal tolerable (IST) de 2,5 µg Cd/kg p.c./semana (EFSA, 2011a) y se han fijado límites máximos de contenido de cadmio en alimentos a través del Reglamento (UE) N° 488/2014 (UE, 2014).

La preocupación mantenida por la exposición dietética a cadmio ha dado lugar a sucesivas evaluaciones a nivel europeo (Rose et al., 2010) (Vromman et al., 2010) (Millour et al., 2011) (Arnich et al., 2012) (Sand y Becker, 2012) (D'Amato et al., 2013) (Škrbić et al., 2013) (Marzec et al., 2014) (Schwarz et al., 2014) (Barone et al., 2015) (Berglund et al., 2015) (Jean et al., 2015) (Wennberg et al., 2017) (Filippini et al., 2018) (Jean et al., 2018) (Suomi et al., 2018), entre otros, y nacional (Rubio et al., 2006) (Martí-Cid et al., 2008) (AESAN, 2011a) (Martorell et al., 2011) (Domingo et al., 2012) (Perelló et al., 2015) (Marín-Martínez et al., 2016) (Marín et al., 2017) (Marín et al., 2018) (Núñez et al., 2018), entre otros.

En el contexto extra europeo cabría destacar la reciente evaluación de la *Food and Drug Administration* (FDA) (Spungen, 2019) y los estudios de (Al-Rmalli et al., 2012) (Chen et al., 2014) (Kim et al., 2014) (Zhong et al., 2015) (Chunhabundit, 2016) (Moon et al., 2016) (Muñoz et al., 2017) (Song et al., 2017) (Chen et al., 2018) (Kawada, 2018) (Huo et al., 2018) (Kim et al., 2018) (Liu et al., 2018) (Wang et al., 2018) (Zhang et al., 2018), entre otros.

El acceso del cadmio a la cadena trófica no ha dejado de ser objeto de estudio pues su minimización sigue siendo prioritaria en la prevención de la exposición dietética del hombre a este metal (Rizwan et al., 2017) (Engbersen et al., 2019) (Hamid et al., 2019) (Wang et al., 2019). En regiones altamente industrializadas, la contaminación de los ríos con cadmio facilita su acceso a las aguas de riego y su acúmulo en sedimentos. La alta transferencia agua-suelo-plantas de este metal le permite aparecer como contaminante en múltiples alimentos. El uso de fertilizantes fosfatos también ha contribuido a la presencia de concentraciones de cadmio en el suelo (Pan et al., 2010).

Si bien la absorción gastrointestinal de cadmio se estima en solo el 5 %, este metal se acumula, principalmente en hígado y riñón, alcanzando una semivida de eliminación en sangre de hasta 10 años. La concentración de cadmio en sangre es, por tanto, un marcador válido de una exposición reciente (Järup y Akesson, 2009). La excreción urinaria de cadmio depende de la concentración del elemento en sangre y riñón. La excreción urinaria y fecal diaria se estiman a un 0,007-0,009 % de la carga total, respectivamente (Kjellstrom y Nordberg, 1978) (Nordberg et al., 1985).

Respecto a su toxicidad, la enfermedad "itai-itai", atribuida directamente a la exposición dietética crónica a cadmio y descrita en Japón, se caracteriza por múltiples fracturas y distorsión de huesos largos junto con osteomalacia, osteoporosis y lesión renal (Järup et al., 1998). A pesar de que hay evidencias para afirmar que el cadmio es un factor de riesgo en el desarrollo de la osteoporosis (U.S. Department of Health and Human Services, 2004), un estudio reciente (Lavado García et al., 2017), sin embargo, cuestiona el impacto de la ingesta dietética de cadmio en la densidad ósea.

La toxicidad crónica del cadmio se asocia, además, con disrupción endocrina, alteraciones respiratorias y cardiovasculares, disfunción renal, desórdenes en el metabolismo del calcio y neurotoxicidad. El cadmio está considerado como un disruptor endocrino debido a su capacidad de unirse a los receptores celulares estrogénicos y mimetizar las acciones de los estrógenos (Darbre, 2006) (Buha et al., 2018). Sin embargo, el riñón destaca por ser el órgano-diana tras la exposición a cadmio y la lesión renal se caracteriza por la acumulación de cadmio en las células de los túbulos proximales originándose un descenso del índice de filtración glomerular y, eventualmente, fallo renal. El primer signo de toxicidad por cadmio 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) (Chen et al., 2018) (Kawada, 2018) (Starug, 2018). En la actualidad existe preocupación por el contenido de cadmio en algunos nanomateriales usados en biología, medicina, ingeniería y en productos de consumo, observándose una mayor bioacumulación en el tejido renal y nefrotoxicidad (Werlin et al., 2011). El riñón es el órgano diana de toxicidad para las nanopartículas, agravándose la toxicidad para el caso de nanopartículas conteniendo cadmio (Rana et al., 2018).

Existe evidencia de que la exposición a cadmio puede conducir al desarrollo de cáncer de próstata y mama incluso en post-menopausia (Waalkes, 2003) (Julin et al., 2012). Además, el cadmio podría jugar un papel en el desarrollo de otros tipos de cáncer, como cáncer testicular, de vejiga, páncreas y vesícula (Huff et al., 2007), de endometrio y de pulmón (Nawrot et al., 2015) si bien un reciente meta-análisis (Chen et al., 2016) cuestiona la relación del cadmio en este último caso.

En España, el Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) evaluó en el 2011 el riesgo de la exposición de la población española a cadmio en base a las concentraciones detectadas en los alimentos (entre 2000 y 2010) y a los patrones de consumo de la población española (adultos y niños de 7-12 años) (AESAN, 2011a).

Desde 2011, se han llevado a cabo una serie de actualizaciones tanto a nivel europeo como nacional que incluyen la adopción de nuevos límites máximos de contenido de cadmio en productos alimenticios, Reglamento (UE) N° 488/2014 (UE, 2014) y la realización por parte de la AESAN de dos nuevas encuestas de consumo de alimentos: ENALIA (Encuesta nacional de alimentación en la población infantil y adolescente) y ENALIA-2 (Encuesta nacional de alimentación en población adulta, mayores y embarazadas).

Conscientes de que AESAN dispone de cerca de 3000 nuevos datos de presencia de cadmio en distintas categorías de alimentos recopilados en España entre los años 2014 y 2017, se solicita al Comité Científico que realice una nueva evaluación del riesgo de la exposición a cadmio de la población española a través de la dieta, tomando en consideración estos nuevos datos, con el fin de contar con una visión más actualizada de la situación.

2. Evaluación del riesgo: antecedentes

En España, la evaluación de riesgos de AESAN del año 2011 tuvo en cuenta las concentraciones de cadmio de 5493 muestras de alimentos recogidas entre los años 2000 y 2010. Los alimentos se agruparon en 15 categorías tomando como referencia el sistema de clasificación FoodEx utilizado

en la *Concise European Food Consumption Database* de EFSA (EFSA, 2008). El número de muestras con concentraciones de cadmio inferiores al LOD (límite de detección) fue de 2156 (39,2 %).

La estimación de la exposición a cadmio en adultos se llevó a cabo teniendo en cuenta los consumos medios de alimentos recogidos en la Encuesta Nacional de Ingesta Dietética Española (ENIDE) (AESAN, 2011b), mientras que en el caso de los niños (7-12 años) se utilizaron los consumos medios obtenidos a partir del informe sobre el “Modelo de dieta española para la determinación de la exposición del consumidor a sustancias químicas” (AESAN, 2006).

Dado que 9 de las 15 categorías de alimentos consideradas presentaron un gran número de muestras (>60 %) con concentraciones de cadmio inferiores al LOD, se consideraron los límites superior (*Upper Bound*, UB) e inferior (*Lower Bound*, LB) de acuerdo con las recomendaciones del GEMS/Food (*Global Environment Monitoring System/Food Contamination Monitoring and Assessment Programme*) (OMS, 2003).

Los resultados obtenidos mostraron que en España la exposición media para adultos (población total) era de 1,155-2,85 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$, 1,28-3,35 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$ para “solo consumidores” y 2,06-3,95 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$ para “consumidores extremos”. Los niños (7-12 años) presentaban una exposición media semanal de 1,87-4,29 $\mu\text{g Cd/kg p.c.}$ (Tabla 1). Esta exposición media de cadmio estimada para España en 2011 era inferior a la ingesta semanal tolerable (IST) de 2,5 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$ establecida por EFSA (2011a) considerando la estimación de límite inferior (LB), pero la superaba tanto para la “población total” como para “solo consumidores” al considerar la estimación de límite superior (UB). En el caso de los “consumidores extremos” podría llegar a duplicar el valor de la IST, al igual que ocurría en el caso de los niños de 7-12 años. Asimismo, se indicaba que las diferencias entre la “población total” y “solo consumidores” no eran apreciables debido a que el mayor aporte de cadmio se debía a grupos de alimentos donde el porcentaje de “solo consumidores” era muy elevado. Los grupos de alimentos que contribuían mayoritariamente a la exposición dietética a cadmio eran en orden decreciente “Pescados y marisco”, “Cereales y productos derivados”, “Carnes y despojos” y “Verduras, frutos secos y legumbres”.

Tabla 1. Estimación de la exposición dietética a cadmio en la población española en el periodo 2000-2010

Ingesta ($\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$) Población total		Ingesta ($\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$) Solo consumidores	Ingesta ($\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$) Consumidores extremos
Adultos	Niños (7-12 años)	Adultos	Adultos
1,155 (LB) 2,849 (UB)	1,87 (LB) 4,29 (UB)	1,281 (LB) 3,346 (UB)	2,06 (LB) 3,95 (UB)

Fuente: (AESAN, 2011a).

Asimismo, siguiendo directrices de la Comisión Europea, en 2011 la AESAN publicó unas “Recomendaciones de consumo de crustáceos para reducir la exposición de cadmio” (AESAN, 2011c).

A nivel europeo, EFSA llevó a cabo en 2012 una evaluación de la exposición dietética a cadmio de la población europea. Para ello se analizaron datos de presencia de cadmio en 178 541 muestras

recopiladas por 22 Estados miembros de la Unión Europea (incluida España) entre los años 2003 y 2011 (EFSA, 2012). Se excluyeron los resultados con un límite de detección superior a 100 µg/kg o un límite de cuantificación superior a 200 µg/kg y los alimentos se agruparon según el sistema de clasificación FoodEx2 (EFSA, 2011b). El nivel medio de cadmio en 13 de las 144 categorías específicas de alimentos era superior a 100 µg/kg. Los resultados obtenidos por EFSA (2012) mostraron que la exposición media de la población europea (*Middle Bound*, MB) era de 2,04 µg Cd/kg p.c./semana y de 3,66 µg Cd/kg p.c./semana para el percentil 95. Las exposiciones a cadmio más elevadas y más bajas correspondieron al grupo de los niños de 1-3 años (*toddlers*) y al de los ancianos, respectivamente (Tabla 2). La estimación de las exposiciones dietéticas en el caso de los niños y los adultos (percentil 95) confirmó que la IST de 2,5 µg Cd/kg p.c./semana establecida podía verse superada (EFSA, 2012).

Tabla 2. Estimación de la exposición dietética a cadmio en la población europea para diferentes grupos de edad en el periodo 2003-2011

Grupos de edad	N*	Exposición dietética a Cd Consumo medio (µg Cd/kg p.c./semana)			Exposición dietética a Cd Percentil 95 (µg Cd/kg p.c./semana)		
		LB	MB	UB	LB	MB	UB
Niños (0-12 meses)	876	1,97	2,74	3,50	4,97	6,56	8,42
Niños(1-3 años)	1597	3,80	4,85	5,90	6,76	8,19	9,84
Otros niños (3-10 años)	8468	3,23	3,96	4,69	5,55	6,58	7,66
Adolescentes (10-18 años)	6329	1,87	2,20	2,54	3,66	4,17	4,70
Adultos (18-65 años)	30 788	1,41	1,70	1,98	2,72	3,09	3,50
Ancianos (65-75 años)	4056	1,30	1,56	1,82	2,47	2,82	3,18
Muy ancianos (> 75 años)	1614	1,38	1,63	1,89	2,56	2,87	3,21
Media ajustada		1,68	2,04	2,39	3,17	3,66	4,18

*N: número de participantes en las encuestas de consumo. **Fuente:** (EFSA, 2012).

Los grupos de alimentos que tuvieron mayor impacto sobre la exposición dietética europea a cadmio fueron los “Cereales y productos a base de cereales” (26,9 %), las “Hortalizas y productos vegetales” (16,0 %), y las “Raíces y tubérculos amiláceos” (13,2 %). Observando con más detalle las categorías de alimentos, las *patatas* (13,2 %), el *pan* y los *panecillos* (11,7 %), los productos de bollería fina (5,1 %), los productos de chocolate (4,3 %), las hortalizas de hoja (3,9 %) y los moluscos (3,2 %) fueron los que contribuyeron en mayor medida a la exposición dietética a cadmio (EFSA, 2012).

3. Evaluación del riesgo: situación en España (2014-2017)

El objetivo de este informe es evaluar la exposición a cadmio en la población española en base al consumo de alimentos publicado por ENALIA (Encuesta nacional de alimentación en la población infantil y adolescente) y ENALIA-2 (Encuesta nacional de alimentación en población adulta, mayores y embarazadas), ambas incluidas en la *Comprehensive European Food Consumption Database* de EFSA (2020), y a los datos actuales de contenidos de cadmio en los alimentos. El número total de

datos de cadmio en alimentos utilizados en este estudio asciende a 2965 y todos ellos corresponden al programa de control oficial llevado a cabo por las comunidades autónomas y Sanidad exterior, mediante técnicas de espectrometría de absorción atómica y espectrometría de masas con plasma de acoplado inductivamente, en el periodo de 2014 a 2017.

3.1 Contenidos de cadmio en los alimentos

Para su tratamiento, los datos se han distribuido en 16 grupos de alimentos basándose en el sistema de clasificación FoodEx2 de EFSA. Este sistema utilizado en la *Comprehensive European Food Consumption Database* de EFSA agrupa a los alimentos en 21 categorías principales (EFSA, 2011b). Los grupos de alimentos con mayor representación en este estudio se corresponden con "Pescado" y "Marisco" (38,6 % y 16,7 %, respectivamente), "Carne y derivados" (12,0 %) y "Vegetales y derivados" (11,7 %). Los grupos de alimentos con menor representación en el estudio (<1 %) son "Leche y derivados", "Grasas, aceites y derivados", "Zumos y néctares de frutas y vegetales", "Bebidas alcohólicas", "Café, cacao, té e infusiones" y "Azúcar, confitería y postres con base de agua". Además el estudio incluye 57 muestras de "Alimentos infantiles" (Tabla 3).

Tabla 3. Grupos de alimentos y número de muestras analizadas para cadmio		
Grupos de alimentos	N	Representatividad (%)
Cereales y derivados	221	7,5
Vegetales y derivados	346	11,7
Raíces o tubérculos feculentos y derivados	39	1,3
Legumbres, frutos secos, semillas oleaginosas y especias	55	1,9
Carne y derivados	357	12,0
Pescado	1145	38,6
Marisco	495	16,7
Fruta y derivados	127	4,3
Leche y derivados	2	0,1
Grasas, aceites y derivados	3	0,1
Zumos y néctares de frutas y vegetales	6	0,2
Agua y refrescos	64	2,2
Bebidas alcohólicas	8	0,3
Café, cacao, té e infusiones	7	0,2
Azúcar y derivados, confitería y postres con base de agua	33	1,1
Alimentos infantiles	57	1,9
Total	2965	100

Al haberse incrementado los límites máximos (ML) para algunos alimentos de acuerdo al Reglamento (UE) N° 488/2014 (UE, 2014), es posible que los laboratorios españoles de control oficial hayan acre-

ditado sus técnicas analíticas en base a estos nuevos límites máximos (ML) y, por ello, los límites de detección (LOD) y cuantificación (LOQ) de la presente evaluación para algunos alimentos sean más altos que los LOD y LOQ de las técnicas utilizadas en el periodo 2000-2010.

En el periodo 2014-2017, la frecuencia de cuantificación es del 32,8 % (973 muestras). Los valores de LOQ correspondientes a las muestras de alimentos considerados en este estudio oscilan entre 0,63 µg/kg (agua de bebida) y 200 µg/kg (pescado procesado y en conserva), si bien en el 89,3 % de las muestras el valor de LOQ se encuentra en el rango de 10-20 µg/kg.

Los grupos de “Café, cacao, té e infusiones”, “Marisco” y “Raíces o tubérculos feculentos y derivados” presentan el mayor porcentaje de muestras con contenidos de cadmio superiores al LOQ (100 %, 67,7 % y 64,1 %, respectivamente), seguido de “Azúcar, confitería y postres con base de agua” (57,6 %), “Legumbres, frutos secos, semillas oleaginosas y especias” (36,4 %), “Pescado” (36,2 %), “Alimentos infantiles” (22,8 %) y “Vegetales y derivados” (24,6 %). En el resto de los grupos de alimentos el cadmio se detecta por encima del LOQ en un porcentaje inferior al 10 % de las muestras. Específicamente hay que destacar algunos tipos de alimentos que presentan una frecuencia de cuantificación de cadmio superior al 60 % (vegetales procesados, *patatas* y moluscos), y especialmente chocolate y derivados, *hígado* y *cacao soluble* con una frecuencia de cuantificación del 73,1; 76,9 y 100 %, respectivamente (Tabla 4).

Dado que un porcentaje elevado de muestras de alimentos presentan un contenido de cadmio inferior al LOQ se ha calculado el valor medio de contaminación correspondiente al límite inferior (*Lower Bound*, LB) y superior (*Upper Bound*, UB) donde los valores inferiores al LOQ se han sustituido por el valor cero o por el valor del LOQ, respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4. Frecuencia de cuantificación y contenidos medios de cadmio expresados como límite inferior (LB) y límite superior (UB) en los diferentes grupos de alimentos en el periodo 2014-2017

Grupos de alimentos	N	>LOQ (%)	LOQ (µg/kg)	LB (µg/kg)	UB (µg/kg)
Cereales y derivados	221	9,0	10-25	2,9	15,0
Cereales y derivados primarios	192	6,3	10-25	2,2	14,4
Pan y productos similares	24	29,2	10-20	6,8	19,3
Cereales de desayuno	5	20,0	10-20	8,0	20,0
Vegetales y derivados	346	24,6	10-40	8,7	20,9
Bulbos	14	28,6	10-20	3,6	12,9
Vegetales de fruto	84	4,8	2-20	0,8	13,9
Vegetales de hoja	115	30,4	2-20	10,7	23,0
Vegetales de tallo	6	0,0	10-20	0,0	15,0
Hongos	84	42,9	10-40	17,0	29,1
Raíces y tubérculos no feculentos	21	14,3	2-20	4,1	13,2
Legumbres con vaina	6	0,0	10	0,0	10,0
Brasicáceas con flor	13	7,7	10-20	0,8	16,2
Vegetales procesados o preservados	3	66,7	20	44,7	51,3

Tabla 4. Frecuencia de cuantificación y contenidos medios de cadmio expresados como límite inferior (LB) y límite superior (UB) en los diferentes grupos de alimentos en el periodo 2014-2017

Raíces o tubérculos feculentos y derivados	39	64,1	10-20	18,2	24,0
<i>Patatas</i>	39	64,1	10-20	18,2	24,0
Legumbres, frutos secos, semillas oleaginosas y especias	55	36,4	10-100	39,3	76,6
Legumbres y semillas frescas	1	0,0	10	0,0	10,0
Legumbres secas	3	0,0	10-25	0,0	20,0
Especias (<i>pimentón</i>)	50	40,0	20-100	43,2	82,4
Legumbres, frutos secos, semillas oleaginosas, y especias procesadas	1	0,0	20	0,0	20,0
Carne y derivados	357	7,8	10-60	4,1	21,5
Carne de ave	49	0,0	10-60	0,0	14,9
Carne de mamífero	282	2,8	10-60	0,5	19,6
<i>Hígado</i>	26	76,9	10-50	50,6	55,2
Pescado	1145	36,2	10-200	23,9	36,1
Pescado fresco	876	31,4	10-200	17,1	28,8
Pescado procesado y en conserva	269	52,0	10-200	46,3	57,2
Marisco	495	67,7	10-200	130,9	137,8
Crustáceos	162	53,1	10-100	44,8	53,9
Moluscos	333	74,8	10-200	172,8	178,5
Fruta y derivados	127	4,7	1-40	0,3	14,4
Fruta fresca	108	5,6	1-20	0,3	13,4
Fruta procesada	19	0,0	10-40	0,0	20,5
Leche y derivados	2	0,0	12	0,0	12,0
<i>Leche de cabra</i>	2	0,0	12	0,0	12,0
Grasas, aceites y derivados	3	0,0	10	0,0	10,0
<i>Aceite de oliva</i>	3	0,0	10	0,0	10,0
Zumos y néctares de frutas y vegetales	6	0,0	10-20	0,0	13,0
Agua y refrescos	64	0,0	0,63-4	0,0	1,3
Agua de bebida	63	0,0	0,63-1,3	0,0	1,2
Refrescos	1	0,0	4	0,0	4,0
Bebidas alcohólicas	8	0,0	1-30	0,0	19,5
Café, cacao, té e infusiones	7	100,0	10	215,3	215,3
<i>Cacao soluble</i>	7	100,0	10	215,3	215,3

Tabla 4. Frecuencia de cuantificación y contenidos medios de cadmio expresados como límite inferior (LB) y límite superior (UB) en los diferentes grupos de alimentos en el periodo 2014-2017

Azúcar, confitería y postres con base de agua	33	57,6	1-100	89,8	96,2
Azúcar y otros edulcorantes	3	0,0	1-100	0,0	34,0
Chocolate y derivados	26	73,1	10-12	114,0	116,7
Postres con base de agua	4	0,0	10	0,0	10,0
Alimentos infantiles	57	22,8	2-20	3,4	9,1
Fórmulas de continuación	18	5,6	2-10	0,1	3,7
Alimentos infantiles procesados a base de cereales	23	47,8	4-10	7,8	12,7
Alimentos infantiles listos para consumir	16	6,3	2-20	0,6	10,3
Total	2965	32,8	0,63-200	-	-

En ambos escenarios de contaminación (LB y UB) se observa un patrón similar siendo “Café, cacao, té e infusiones” (215,3-215,3 $\mu\text{g Cd/kg}$), “Marisco” (130,9-137,8 $\mu\text{g Cd/kg}$) y “Azúcar, confitería y postres con base de agua” (89,8-96,2 $\mu\text{g Cd/kg}$) los grupos de alimentos que presentan el contenido de cadmio más elevado seguido del grupo de “Legumbres, frutos secos, semillas oleaginosas y especias” (39,3-76,6 $\mu\text{g Cd/kg}$).

El análisis pormenorizado por tipo de alimento muestra cuatro niveles de contaminación (considerando la concentración de cadmio expresada como LB):

- >200 $\mu\text{g/kg}$ (*cacao soluble*).
- 100-200 $\mu\text{g/kg}$ (moluscos, chocolate y derivados).
- 10-100 $\mu\text{g/kg}$ (*hígado*, pescado procesado y en conserva, crustáceos, vegetales procesados o preservados, *pimentón*, *patatas*, pescado fresco, hongos y vegetales de hoja).
- <10 $\mu\text{g/kg}$ (el resto de alimentos).

En el escenario de contaminación más conservador (UB) la concentración media de cadmio oscila entre 1,2 $\mu\text{g Cd/kg}$ (agua de bebida) y 215,3 $\mu\text{g Cd/kg}$ (*cacao soluble*).

El grupo de “Alimentos infantiles” presenta un nivel medio de concentración de 3,4-9,1 $\mu\text{g Cd/kg}$ destacando la concentración media detectada en los alimentos procesados a base de cereales (7,8-12,7 $\mu\text{g Cd/kg}$) frente a los alimentos infantiles listos para consumir (0,6-10,3 $\mu\text{g/kg}$) y las fórmulas de continuación (0,1-3,7 $\mu\text{g/kg}$).

3.2 Evaluación de la exposición dietética a cadmio

La estimación de la exposición dietética a cadmio se ha realizado mediante el cálculo determinista a partir del valor medio de concentración de cadmio correspondiente al límite inferior (*Lower Bound*, LB) y superior (*Upper Bound*, UB) calculado para cada alimento, de su consumo diario en diferentes grupos de edad (12-35 meses, 3-9 años, 10-17 años y 18-64 años) y del peso corporal asumido para

cada uno de ellos (13 kg, 28 kg, 53 kg y 73,2 kg, respectivamente). Los datos de consumo diario de alimentos se han obtenido de la encuesta ENALIA para los grupos de población de entre 1 a 17 años (agrupados en intervalos de 12-35 meses, 3-9 años y 10-17 años), y de la encuesta ENALIA 2 para el grupo de 18 a 64 años, ambas incluidas en la *Comprehensive European Food Consumption Database* de EFSA (2020).

Para estimar la exposición dietética a cadmio se han considerado dos posibles escenarios:

- Escenario de consumo medio: calculado a partir de los datos medios de consumo para cada alimento de “toda la población”. “Toda la población” se refiere a la incluida en la muestra para cada grupo de edad (haya consumido o no un alimento o grupo de alimentos).
- Escenario de consumo extremo: calculado a partir de los datos de consumo extremo (percentil 95) de “solo consumidores” (población incluida en la muestra para cada grupo de edad que ha consumido un alimento o grupo de alimentos) para los dos tipos de alimentos que más contribuyen a la ingesta y de los datos de consumo medio de “toda la población” para el resto de alimentos.

Las figuras 6.1-6.4 (del anexo) esquematizan la contribución de los distintos grupos de alimentos analizados a la ingesta dietética estimada de cadmio en la población española para cada uno de los cuatro segmentos de edad considerando el límite inferior (LB) de concentración de cadmio.

3.2.1 Evaluación de la exposición a cadmio en la población adulta (18-64 años)

En la tabla 5.1 (del anexo) se muestran los valores de ingesta diaria estimada de cadmio en los límites inferior (LB) y superior (UB), respectivamente, calculados para la población española adulta (18-64 años) considerando el consumo medio y el consumo extremo (P95) tanto para “toda la población” como para “solo consumidores”.

3.2.1.1 Escenario de consumo medio

En el escenario de consumo medio la ingesta de cadmio para “toda la población” adulta de 18-64 años (73,2 kg de peso corporal según ENALIA) se estima en un intervalo de 0,33 (LB) a 1,18 (UB) $\mu\text{g}/\text{kg p.c.}/\text{semana}$. Dicha ingesta es resultado de la suma de las contribuciones de diversos grupos de alimentos sin que exista claramente una fuente dietética específica (Tabla 5.1). Previamente, AESAN había estimado en 2011 la ingesta de la población adulta española en 1,155 (LB) - 2,849 (UB) $\mu\text{g Cd}/\text{kg p.c.}/\text{semana}$ y EFSA estimó en 2012 la ingesta de la población adulta europea en el escenario de consumo medio en 1,68 (LB) - 2,39 (UB) $\mu\text{g Cd}/\text{kg p.c.}/\text{semana}$.

En la Tabla 6.1 se expone la contribución de cada grupo de alimentos a la ingesta diaria de cadmio en adultos (18-64 años) para los dos escenarios de contaminación (LB y UB).

En el caso del límite inferior (LB) de concentración, el grupo de alimentos que contribuye en mayor grado a la exposición dietética a cadmio es “Pescado y Marisco” (31,1 %). El “Marisco” supone el 24,5 % de la ingesta alcanzando los moluscos el 23,1 % y de entre ellos el *calamar* aporta el 18,2 % de la ingesta estimada en el LB.

En segundo lugar se sitúa el grupo “Raíces o tubérculos feculentos y derivados” y, concretamente, la *patata* contribuye con el 21,6 % de la ingesta total de cadmio.

El grupo de “Vegetales y derivados” supone el 18,2 %, siendo los vegetales de hoja los principales contribuyentes del grupo (6,6 %); en el grupo de “Cereales y derivados” (15,4 %) destaca el *pan blanco de trigo* que aporta el 14,7 % de la ingesta de cadmio.

Hay que resaltar aquellos alimentos que presentando concentraciones de cadmio elevadas no contribuyen de manera significativa a la ingesta diaria de cadmio en el LB a causa de su bajo consumo en este grupo de edad (18-64 años), tal es el caso del *cacao soluble* (6,6 %), chocolate y derivados (3,7 %), hongos (2,0 %), crustáceos (1,4 %), *hígado* (0,6 %) y especias (0,0 %).

Considerando el escenario de contaminación más conservador (límite superior de concentración, UB) se observan algunas diferencias en la contribución porcentual de los grupos de alimentos a la ingesta diaria de cadmio en adultos respecto a los resultados obtenidos aplicando el límite de contaminación LB. En general, al aplicar el UB se observa una contribución a la ingesta más homogénea, dada la baja frecuencia de cuantificación en diversos grupos de alimentos que provoca que en muchas ocasiones se apliquen los valores del LOQ en la estimación de la ingesta de cadmio. “Vegetales y derivados” y “Fruta y derivados” con el 19,1 % y el 15,3 %, respectivamente, de la ingesta en el UB son los dos grupos de alimentos que más contribuyen a la exposición dietética a cadmio en los adultos seguidos por “Pescado y Marisco” (13,7 %), “Cereales y derivados” (13,3 %) y “Carne y derivados” (12,5 %) (Tabla 6.1).

3.2.1.2 Escenario de consumo extremo

Considerando valores de consumo extremo (P95) para todos los grupos de alimentos en “toda la población” adulta se estima una ingesta de cadmio de 1,24 (LB) y 5,21 (UB) $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$. Esta ingesta máxima es lógicamente superior a la estimada en el escenario de consumo medio (0,33-1,18 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$) y similar a la estimada por EFSA en 2012 para adultos en el P95 (3,17 (LB) y 4,18 (UB) $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$) (Tabla 5.1).

Los valores de ingesta calculados para adultos “solo consumidores” (P95) presentan un perfil diferente al observado en el escenario de consumo medio. En este caso los valores de ingesta más elevados se asocian con el consumo extremo de “Pescado y Marisco” (48,05 (LB) - 88,35 (UB) $\mu\text{g Cd/día}$) seguido de “Vegetales y derivados” (14,41 (LB) - 36,58 (UB) $\mu\text{g Cd/día}$) (Tabla 5.1).

Asumir un consumo extremo (P95) para todos los grupos de alimentos en “toda la población” llevaría a estimar la ingesta diaria en un escenario poco probable. Por ello, se ha considerado como escenario de exposición de consumo extremo la ingesta máxima calculada partir de los datos de consumo P95 de “solo consumidores” para los dos tipos de alimentos que más contribuyen a la ingesta total de cadmio (moluscos y *patatas*) y de los datos de consumo medio de “toda la población” para el resto de los alimentos. En este escenario se estima una ingesta de cadmio que oscila entre 3,07 y 4,12 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$ (Tabla 7).

3.2.2 Evaluación de la exposición dietética a cadmio en la población infantil y adolescente

En las Tablas 5.2, 5.3 y 5.4 se muestran los valores de ingesta calculados para la población infantil y adolescente de 12-35 meses, 3-9 años y 10-17 años, respectivamente, considerando el consumo medio y el consumo extremo (P95) tanto para “toda la población” como “solo consumidores”. Los

pesos corporales considerados, según ENALIA, para cada grupo de edad han sido 13 kg para niños de 12-35 meses, 28 kg para niños de 3-9 años y 53 kg para adolescentes de 10 a 17 años.

3.2.2.1 Escenario de consumo medio

En el escenario de consumo medio, la ingesta de cadmio se estima en 1,37-4,60 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$ para “toda la población” infantil de 12-35 meses (Tabla 5.2); 1,18-2,96 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$ para “toda la población” infantil de 3-9 años (Tabla 5.3) y 0,76-1,93 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$ para “toda la población” adolescente de 10-17 años (Tabla 5.4). AESAN (2011), en su evaluación de la exposición dietética de la población española de 7-12 años entre 2000 y 2010 estimó la ingesta en el escenario de consumo medio en 1,87 (LB) - 4,29 (UB) $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$.

En las Tablas 6.2, 6.3 y 6.4 se exponen las contribuciones de cada grupo de alimento a la ingesta diaria de cadmio en los dos escenarios de contaminación (LB y UB).

3.2.2.1.1 Niños de 12-35 meses

Para los niños de 12-35 meses (Tabla 6.2), el grupo de alimentos que contribuye en mayor grado a la exposición dietética de cadmio en el límite inferior de concentración (LB) son “Raíces o tubérculos feculentos y derivados (*patatas*)” que suponen el 38,8 % de la ingesta dietética de cadmio. En este grupo de edad de 12 a 35 meses, destaca también el *cacao soluble* que aporta el 20,4 % de la ingesta dietética de cadmio.

En el grupo de “Pescado y Marisco” destacan los moluscos que suponen el 16,5 % de la ingesta total, dicha ingesta se asocia principalmente con el consumo de *calamar* (12,2 %).

Hay que resaltar que los “Alimentos infantiles”, entre los que se incluyen fórmulas de continuación, alimentos procesados a base de cereales y alimentos listos para consumir, no contribuyen de manera significativa, a causa de su baja contaminación, a la ingesta diaria de cadmio en este grupo de población infantil (6,3 %).

Considerando el escenario de contaminación más conservador (límite superior de concentración, UB) los grupos de alimentos con menor frecuencia de cuantificación por encima del LOQ adquieren más importancia en la contribución porcentual a la ingesta diaria de cadmio. Así, además de “Raíces o tubérculos feculentos y derivados” (15,3 %), los grupos de “Fruta y derivados” con el 16,6 %; “Vegetales y derivados” con el 12,2 %; y “Carne y derivados” con el 11,2 % de la ingesta total son los grupos más destacados. Dentro del grupo de “Alimentos infantiles” (13,2 %) cabe destacar la contribución de los alimentos listos para consumir con el 6,3 %, del total de la ingesta de cadmio en niños de 12 a 35 meses (Tabla 6.2).

3.2.2.1.2 Niños de 3 a 9 años

Para los niños de 3-9 años (Tabla 6.3), los tipos de alimentos que contribuyen en mayor grado a la exposición dietética a cadmio en el caso del límite inferior de concentración (LB) son *cacao soluble* (30,4 %) y moluscos (21,2 %). Asimismo, hay que destacar también la contribución de las *patatas* a la ingesta total con el 19,3 %. El grupo de “Cereales y derivados” aporta el 11,0 % del total de la ingesta destacando el *pan blanco de trigo* con el 8,9 %.

En el escenario de contaminación más conservador (UB) también el *cacao soluble* es uno de los principales tipos de alimentos en lo que respecta a la contribución a la ingesta total de cadmio aportando el 12,1 %, junto con “Vegetales y derivados” con un 13,2 %, “Frutas y derivados” con un 12,9 % y “Cereales y derivados” con un 12,8 %. Para este grupo de población y en este escenario de contaminación, el grupo “Raíces o tubérculos feculentos y derivados” ven disminuida su contribución a la ingesta total hasta el 10,1 %. Los moluscos con un 8,7 % y el pescado fresco con un 5,5 % son los alimentos que más contribuyen a la ingesta de cadmio en el grupo de “Pescado y Marisco” (15,3 %) en este escenario UB (Tabla 6.3).

3.2.2.1.3 Adolescentes (10-17 años)

Para los adolescentes de 10 a 17 años (Tabla 6.4), el grupo de alimentos que contribuye en mayor grado a la exposición alimentaria de cadmio en el caso del límite inferior de concentración (LB) es “Pescado y Marisco” (27 %), en el grupo destacan los moluscos (21,2 %) y, especialmente, el *calamar* (16,7 %). Otros alimentos que contribuyen en gran medida a la ingesta de cadmio son el *cacao soluble* con un 25,8 % de contribución y las *patatas* con el 19 %. En los “Cereales y derivados” destaca el *pan blanco de trigo* por aportar el 12,8 % del total de la ingesta de cadmio. “Legumbres, frutos secos, semillas oleaginosas y especias”, “Carne y derivados”, “Grasas, aceites y derivados”, “Zumos y néctares de frutas y vegetales”, “Agua y refrescos” y los “Alimentos para jóvenes” no suponen aporte de cadmio en el escenario LB.

En caso del escenario de contaminación más conservador (UB), los “Cereales y derivados” se posiciona como el grupo de alimentos que más cadmio aportan a la dieta de los adolescentes llegando a alcanzar el 16,7 % de la ingesta total debido al 13,1 % que aporta el pan y productos similares (Tabla 6.4).

3.2.2.2 Escenario de consumo extremo

3.2.2.2.1 Niños de 12-35 meses

Para los niños de 12-35 meses, considerando valores de consumo extremo (P95) en “toda la población” (Tabla 5.2), se observa que la ingesta media de cadmio oscila entre 5,38 (LB) y 19,60 (UB) $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$. Al igual que en adultos, esta ingesta máxima es muy superior a la ingesta de 1,37 (LB) - 4,60 (UB) $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$ estimada en el escenario de consumo medio (Tabla 5.2).

La evaluación de EFSA del año 2012 estimó la ingesta de cadmio para niños de 1-3 años, de 13 kg de peso corporal en el escenario P95, en 6,76 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$ (12,55 $\mu\text{g/día}$) en el LB y 9,84 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$ (18,27 $\mu\text{g/día}$) en el UB (EFSA, 2012). Por lo que observamos la población infantil española en consumo extremos presenta una ingesta dietética estimada de cadmio similar a la europea.

Los valores de ingesta diaria de cadmio más elevados en “toda la población” de niños de 12 a 35 meses son aquellos asociados con un consumo extremo (P95) de “Raíces o tubérculos feculentos y derivados (*patatas*)” (2,85 (LB) - 3,76 (UB) $\mu\text{g Cd/día}$), de “Pescado y Marisco” (2,77 (LB) - 4,95 (UB) $\mu\text{g Cd/día}$) y de “Café, cacao, té e infusiones (*cacao soluble*)” (2,34 (LB) - 2,34 (UB) $\mu\text{g Cd/día}$). Un consumo extremo de “Vegetales y derivados” y “Cereales y derivados” para “toda la población” de este grupo de edad supone una ingesta de 1,05 (LB) - 4,8 (UB) y 0,19 (LB) - 1,27 (UB) $\mu\text{g Cd/día}$, respectivamente (Tabla 5.2).

En niños de 12-35 meses “solo consumidores” (P95), las ingestas de cadmio (LB-UB) más elevadas se asocian al consumo extremo de los grupos “Pescado y Marisco” (30,16 (LB) - 54,28 (UB) $\mu\text{g Cd/día}$) y “Vegetales y derivados” (4,7 (LB) - 18,38 (UB) $\mu\text{g Cd/día}$) y por tipo de alimento al *calamar* (7,65 (LB) - 7,75 (UB) $\mu\text{g Cd/día}$), *cacao soluble* (3,77 (LB) - 3,77 (UB) $\mu\text{g Cd/día}$) y *patatas* (2,94 (LB) - 3,87 (UB) $\mu\text{g Cd/día}$) (Tabla 5.2).

Para la estimación de la ingesta máxima en el escenario de consumo extremo se han utilizado los datos de consumo del P95 de “solo consumidores” para los dos tipos de alimentos que más contribuyen a la ingesta de cadmio en el conjunto de la población (*cacao soluble* y *patatas*) y los datos de consumo medio de la “población total” de 12-35 meses para el resto de alimentos. En este escenario se estima una ingesta de cadmio que oscila entre 4,17 y 7,72 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$ (Tabla 7).

3.2.2.2 Niños de 3-9 años

Considerando valores de consumo extremo (P95) en “toda la población” (Tabla 5.3), la ingesta de cadmio se estima en 17,42 (LB) - 49,85 (UB) $\mu\text{g Cd/día}$ o (4,36-12,46 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$) siendo una vez más hasta cuatro veces la ingesta estimada para el consumo medio (4,71-11,85 $\mu\text{g Cd/día}$ o 1,18-2,96 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$).

En el caso de “solo consumidores” (P95) el grupo “Pescado y Marisco” se posiciona en primer lugar aportando 63,65-103 $\mu\text{g Cd/día}$ en los escenarios LB y UB, respectivamente (Tabla 5.3).

Para la estimación de la ingesta en el escenario de consumo extremo se han utilizado los datos de consumo del P95 de “solo consumidores” para *cacao soluble* y moluscos, y los datos de consumo medio de la “población total” de 3-9 años para el resto de alimentos. En este escenario se estima una ingesta de cadmio que oscila entre 12,02 y 14,50 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$ (Tabla 7).

3.2.2.3 Adolescentes de 10-17 años

Tomando valores de consumo extremo (P95) en “toda la población”, la ingesta de cadmio se estima en 20,05 (LB) - 57,82 (UB) $\mu\text{g Cd/día}$ para la población adolescente de 54 kg de peso medio, es decir, 2,65 (LB) - 7,64 (UB) $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$. En línea con lo observado para los anteriores grupos poblacionales, esta ingesta máxima es casi cuatro veces la ingesta probable de 5,78 (LB) - 14,58 (UB) $\mu\text{g Cd/día}$ estimada para el escenario de consumo medio de los adolescentes (Tabla 5.4).

Al igual que en los niños de 3-9 años, el consumo extremo de moluscos representa la ingesta más elevada de cadmio también en el caso de “solo consumidores” en los adolescentes con 36,58 (LB) - 38,58 (UB) $\mu\text{g Cd/día}$.

Para la estimación de la ingesta en el escenario de consumo extremo se han utilizado los datos de consumo del P95 de “solo consumidores” para *cacao soluble* y moluscos, y los datos de consumo medio de “toda la población” de 10-17 años para el resto de alimentos. En este escenario se estima una ingesta de cadmio que oscila entre 5,85 y 7,3 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$ (Tabla 7).

3.3 Caracterización del riesgo

La caracterización del riesgo (Tabla 7) se ha llevado a cabo en relación a la actual ingesta semanal tolerable (IST) de 2,5 $\mu\text{g Cd/kg p.c./semana}$ adoptada a nivel europeo (EFSA, 2011a).

En la Tabla 7 se exponen los valores medios de ingesta calculados para toda la población adulta, infantil y adolescente, en diferentes escenarios de exposición (consumo medio y consumo extremo), así como la contribución porcentual de los grupos de alimentos a la IST, tanto para el LB como el UB de contaminación por cadmio. Sin embargo, en todos los casos y, teniendo en cuenta la frecuencia de cuantificación de cadmio por encima del LOQ, es razonable asumir en esta evaluación del riesgo que la exposición dietética a cadmio real estará más próxima a la estimación del límite inferior (LB) de contaminación que del límite superior (UB).

Para la población adulta (18-64 años) el valor medio de ingesta calculado en el escenario de exposición más probable (consumo medio) se encuentra por debajo de la IST en un porcentaje comprendido entre el 14,3 % y 48,3 % de la misma para adultos (Tabla 7). En adolescentes (10-17 años) la exposición dietética a cadmio más probable (consumo medio) se sitúa entre el 30,5 % y 77,0 % de la IST. Sin embargo, la ingesta dietética más probable de cadmio para población de niños de 3-9 años y 12-35 meses sólo es inferior a la IST si consideramos la estimación de límite inferior (LB), pues al considerar el límite superior (UB) de contaminación la ingesta estimada para ambos grupos de niños supera la IST, llegando casi a duplicarla en el caso de niños de 12 a 35 meses en este escenario UB (Tabla 7).

En el escenario de consumo extremo (Tabla 7) se excede la IST en todos los grupos de edad y en ambos escenarios (LB y UB) de contaminación. Para adultos (18-64 años) la ingesta estimada con el límite inferior (LB) es 1,2 veces superior a la IST y para adolescentes (10-17 años) duplica la IST. En los grupos de menor edad, 12-36 meses y 3-9 años, la ingesta semanal estimada en el escenario de consumo extremo es 1,5 y 5 veces superior a la IST, respectivamente.

3.4 Incertidumbres

a) Datos analíticos:

- Los datos disponibles proceden de programas de control realizados por las comunidades autónomas y Sanidad exterior, por lo que no hay homogeneidad en el reparto por grupos, ya que dichos controles van dirigidos fundamentalmente a verificar el cumplimiento de la legislación vigente.
- En algunos grupos de alimentos se incluye un gran número de alimentos individuales o subgrupos mientras que en otros grupos sólo se dispone de resultados para un alimento específico. Además, el escaso número de muestras de algunos alimentos obliga a estimar el contenido de cadmio del grupo a partir de datos poco representativos.
- El alto número de resultados inferiores al LOD/LOQ, el 67,2 % del total de muestras, ha obligado a considerar, siguiendo las recomendaciones de EFSA, una estimación de límite inferior y de límite superior, lo que implica una cierta incertidumbre especialmente cuando, como en la presente evaluación, la exposición en el límite superior resulta cercana o supera los valores de referencia establecidos (IST).

b) Datos de consumo:

- En algunos grupos de alimentos resulta difícil ajustar los datos de consumo con los datos de presencia de cadmio, ya que los criterios usados para la agrupación de alimentos no suelen coincidir con la clasificación utilizada en el control oficial. Ello obliga a no considerar algunos resultados, disminuyendo el número de datos disponibles en un determinado grupo de alimentos.

Conclusiones del Comité Científico

El cadmio continúa siendo un contaminante alimentario prevalente por lo que el seguimiento y control de sus niveles, y la evaluación de la exposición dietética siguen siendo necesarios. La frecuencia de cuantificación de cadmio en los alimentos consumidos en España se mantiene elevada (32,8 %).

Considerando el rango de concentración (LB-UB), se observa que el *cacao soluble* (215,3-215,3 µg Cd/kg), los moluscos (172,8-178,5 µg Cd/kg) y el chocolate y derivados (114,0-116,7 µg Cd/kg) son los alimentos que presentan la concentración media de cadmio más elevada.

En general, los grupos de alimentos "Pescado y Marisco", "Raíces o tubérculos feculentos y derivados", y "Café, cacao, té e infusiones" integran los alimentos que hacen una aportación mayoritaria a la ingesta de cadmio.

Otros alimentos con niveles significativos de cadmio, pero inferiores, son *hígado*, pescado procesado y en conserva, crustáceos, vegetales procesados y especias (*pimentón*), contribuyendo de manera menos significativa a la ingesta de cadmio.

En adultos la aportación principal a la ingesta de cadmio se deriva del consumo de moluscos. Sin embargo, el *cacao soluble*, aunque con un número de muestras analizadas reducido, se posiciona como el alimento que más contribuye a la ingesta de cadmio en los grupos de edad de 3 a 17 años. En niños de 12-35 meses la *patata* es el alimento con mayor aportación a la exposición dietética a cadmio.

En el escenario de consumo medio, la ingesta semanal de cadmio estimada entre el límite inferior (LB) y superior (UB) del rango de concentraciones detectadas en los alimentos, se encuentra dentro de la IST establecida de 2,5 µg Cd/kg p.c./semana. Únicamente en niños (12-35 meses y 3-9 años) la exposición media podría superar la IST si se considera el límite superior de concentración (UB).

Los niños de 12 a 35 meses representan el grupo más vulnerable a la exposición a cadmio debido al consumo de alimentos en relación a su menor peso corporal. No obstante, considerando que es razonable asumir que la exposición dietética a cadmio real estará más próxima a la estimación derivada del uso del límite inferior (LB) que del límite superior (UB) de concentración, se podría concluir que la exposición a cadmio se encuentra dentro del margen de seguridad para todos los grupos de población en España.

Se observa una reducción de la exposición dietética a cadmio de la población adulta española respecto a la estimada en la evaluación de 2011, del 26 % y 42 % en la estimación del límite inferior y superior, respectivamente, si bien las diferencias en los límites de cuantificación y en los datos de consumo de las dos evaluaciones podrían influir en estas diferencias.

Para todos los grupos de población, el consumo extremo de moluscos es la principal fuente dietética de cadmio. En el caso de los crustáceos se considera necesario destacar que, si bien las estimaciones muestran un aporte de cadmio a la ingesta total inferior al de otros alimentos, la contribución de este grupo podría incrementarse en función de la modalidad de consumo del crustáceo. En algunos países, entre ellos España, es habitual el consumo de "otras partes", concretamente aquella denominada como "carne oscura" además de la parte "blanca". La cabeza de gambas, langostinos, cigalas, entre otras, y el cuerpo de los crustáceos como el cangrejo, entre otros, con concentraciones de cadmio frecuentemente superiores a los de la parte "blanca" son también

ingeridos/consumidos. Es por ello que, este Comité Científico considera oportuno mantener la recomendación de limitar el consumo de la carne oscura de los crustáceos emitida por AESAN en su Recomendación sobre el consumo de crustáceos.

Aunque improbable, cualquier escenario de exposición crónica que incluya un consumo extremo de algún grupo de alimentos constituye un riesgo de exposición por encima de la IST establecida.

Los datos de exposición a cadmio para la población española aquí evaluados así como la identificación de los grupos de alimentos que contribuyen a ella informan sobre prioridades en la mitigación de la exposición y orientan la gestión y comunicación del riesgo.

Este Comité se reafirma en la necesidad de realizar estimaciones y evaluaciones de la exposición dietética a este y otros metales a partir de los datos de sus presencia en alimentos representativos de la dieta y de datos de consumo fiables de distintos grupos de la población española. Ello ayudaría a superar las dificultades e incertidumbres que implica hacer evaluaciones de riesgo basadas en un número limitado de resultados analíticos y permitiría evaluar tendencias de la exposición de los consumidores a los distintos contaminantes.

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.
- AESAN (2011a). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. 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. *Revista del Comité Científico de la AESAN*. 15. pp. 57-102.
- AESAN (2011b). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Encuesta Nacional de Ingesta Dietética Española (ENIDE).
- AESAN (2011c). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Recomendaciones de consumo de crustáceos para reducir la exposición de cadmio. Disponible en: https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/web/para_el_consumidor/ampliacion/consumo_crustaceos.htm [acceso: 8-02-21].
- Al-Rmalli, S.W., Jenkins, R.O. y Haris, P.I. (2012). Dietary intake of cadmium from Bangladeshi foods. *Journal of Food Science*, 77 (1), pp: T26-33.
- Arnich, N., Sirot, V., Rivière, G., Jean, J., Noël, L., Guérin, T. y Leblanc, J.C. (2012). Dietary exposure to trace elements and health risk assessment in the 2nd French Total Diet Study. *Food and Chemical Toxicology*, 50 (7), pp: 2432-2449.
- Barone, G., Storelli, A., Garofalo, R., Busco, V.P., Quaglia, N.C., Centrone, G. y Storelli, M.M. (2015). Assessment of mercury and cadmium via seafood consumption in Italy: estimated dietary intake (EWI) and target hazard quotient (THQ). *Food Additives & Contaminants: Part A*, 32 (8), pp: 1277-1286.
- Berglund, M., Larsson, K., Grandér, M., Casteleyn, L., Kolossa-Gehring, M., Schwedler, G., Castaño, A., Esteban, M., Angerer, J., Koch, H.M., Schindler, B.K., Schoeters, G., Smolders, R., Exley, K., Sepai, O., Blumen, L., Horvat, M., Knudsen, L.E., Mørck, T.A., Joas, A., Joas, R., Biot, P., Aerts, D., De Cremer, K., Van Overmeire, I., Katsonouri, A., Hadjipanayis, A., Cerna, M., Krskova, A., Nielsen, J.K., Jensen, J.F., Rudnai, P., Kozepesy, S., Griffin, C., Nesbitt, I., Gutleb, A.C., Fischer, M.E., Ligočka, D., Jakubowski, M., Reis, M.F., Namorado, S., Lupsa, I.R., Gurzau, A.E., Halzlova, K., Jajcay, M., Mazej, D., Tratnik, J.S., López, A., Cañas, A., Lehmann, A., Crettaz, P., Den Hond, E. y Govarts, E. (2015). Exposure determinants of cadmium in European mothers and their children. *Environmental Research*, 141, pp: 69-76.

- Buha, A., Matovic, V., Antonijevec, B., Bulat, Z., Curcic, M., Renieri, E.A., Tsatsakis, A.M., Schweitzer, A. y Wallace, D. (2018). Overview of Cadmium Thyroid Disrupting Effects and Mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, 19 (5), pp: 1-19.
- Chen, M.Y., Chan, B.T., Lam, C.H., Chung, S.W., Ho, Y.Y. y Xiao, Y. (2014). Dietary exposures to eight metallic contaminants of the Hong Kong adult population from a total diet study. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 31 (9), pp: 1539-1549.
- Chen, C., Xun, P., Nishijo, M. y He, K. (2016). Cadmium exposure and risk of lung cancer: a meta-analysis of cohort and case-control studies among general and occupational populations. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 26 (5), pp: 437-444.
- Chen, X., Wang, Z., Zhu, G., Ding, X. y Jin, T. (2018). The references level of cadmium intake for renal dysfunction in a Chinese population. *Scientific Reports*, 8 (1), pp: 9011.
- Chunhabundit, R. (2016). Cadmium Exposure and Potential Health Risk from Foods in Contaminated Area, Thailand. *Toxicological Research*, 32 (1), pp: 65-72.
- D'Amato, M., Turrini, A., Aureli, F., Moracci, G., Raggi, A., Chiaravalle, E., Mangiacotti, M., Cenci, T., Orletti, R., Candela, L., di Sandro, A. y Cubadda, F. (2013). Dietary exposure to trace elements and radionuclides: the methodology of the Italian Total Diet Study 2012-2014. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanità*, 49 (3), pp: 272-280.
- 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.
- Domingo, J.L., Perelló, G. y Giné Bordonaba, J. (2012). Dietary intake of metals by the population of Tarragona County (Catalonia, Spain): results from a duplicate diet study. *Biological Trace Element Research*, 146 (3), pp: 420-425.
- EFSA (2008). Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. The EFSA Concise European Food Consumption Database.
- EFSA (2011a). Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on tolerable weekly intake for cadmium. *EFSA Journal*, 9 (2): 1975, pp: 1-19.
- EFSA (2011b). Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. Evaluation of the FoodEx, the food classification system applied to the development of the EFSA Comprehensive European Food Consumption Database. *EFSA Journal*, 9 (3): 1970, pp: 1-27.
- EFSA (2012). Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. Cadmium dietary exposure in the European population. *EFSA Journal*, 10 (1): 2551, pp: 1-37.
- EFSA (2020). Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. Comprehensive European The EFSA Food Consumption Database. Disponible en: <https://www.efsa.europa.eu/en/food-consumption/comprehensive-database> [acceso: 8-02-21].
- Engbersen, N., Gramlich, A., López, M., Schwarz, G., Hattendorf, B., Gutiérrez, O. y Schulin, R. (2019). Cadmium accumulation and allocation in different cacao cultivars. *Science of the Total Environment*, 678: pp: 660-670.
- Filippini, T., Cilloni, S., Malavolti, M., Violi, F., Malagoli, C., Tesauro, M., Bottecchi, I., Ferrari, A., Vescovi, L. y Vinceti, M. (2018). Dietary intake of cadmium, chromium, copper, manganese, selenium and zinc in a Northern Italy community. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 50, pp: 508-517.
- Hamid, Y., Tang, L., Sohail, M.I., Cao, X., Hussain, B., Aziz, M.Z., Usman, M., He, Z.L. y Yang, X. (2019). An explanation of soil amendments to reduce cadmium phytoavailability and transfer to food chain. *Science of the Total Environment*, 660, pp: 80-96.
- Huff, J., Lunn, R.M., Waalkes, M.P., Tomatis, L. y Infante, P.F. (2007). Cadmium-induced cancers in animals and in humans. *International Journal Occupational Environmental Health*, 13 (2), pp: 202-212.
- Huo, J., Huang, Z., Li, R., Song, Y., Lan, Z., Ma, S., Wu, Y., Chen, J. y Zhang, L. (2018). Dietary cadmium exposure assessment in rural areas of Southwest China. *PLoS One*, 13 (8), pp: e0201454.

- IARC (2012). *Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer. Arsenic, Metals, Fibras, and Dusts. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 100C.*
- Järup, L., Berglund, M., Elinder, C.G., Nordberg, G. y Vahter, M. (1998). Health effects of cadmium exposure - a review of the literature and a risk estimate. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 24 (1), pp: 1-51.
- Järup, L. y Akesson, A. (2009). Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 238, pp: 201-208.
- Jean, J., Sirot, V., Vasseur, P., Narbone, J.F., Leblanc, J.C., Volatier, J.L. y Riviere, G. (2015). Impact of a modification of food regulation on cadmium exposure. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 73, pp: 478-483.
- Jean, J., Sirot, V., Hulin, M., Le Calvez, E., Zinck, J., Noël, L., Vasseur, P., Nesslany, F., Gorecki, S., Guérin, T. y Rivière, G. (2018). Dietary exposure to cadmium and health risk assessment in children - Results of the French infant total diet study. *Food and Chemical Toxicology*, 115, pp: 358-364.
- Julin, B., Wolk, A., Bergkvist, L., Bottai, M. y Akesson, A. (2012). Dietary cadmium exposure and risk of postmenopausal breast cancer: a population-based prospective cohort study. *Cancer Research*, 72 (6), pp: 1459-1466.
- Kawada, T. (2018). Cadmium intake and chronic kidney disease. *Clinical Nutrition*, 37 (5), pp: 1779.
- 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.
- Kim, D.W., Woo, H.D., Joo, J., Park, K.S., Oh, S.Y., Kwon, H.J., Park, J.D., Hong, Y.S., Sohn, S.J., Yoon, H.J., Hwang, M.S. y Kim, J. (2014). Estimated long-term dietary exposure to lead, cadmium, and mercury in young Korean children. *European Journal of Clinical Nutrition*, 68 (12), pp: 1322-1326.
- Kim, D.W., Woo, H.D., Joo, J., Park, K.S., Oh, S.Y., Kwon, H.J., Park, J.D. y Hong, Y.S. (2018). Estimated long-term dietary exposure to lead, cadmium, and mercury in young Korean children. *Environmental Science and Pollution Research*, 25 (19), pp: 18762-18771.
- Lavado-García, J.M., Puerto-Parejo, L.M., Roncero-Martín, R., Moran, J.M., Pedrera-Zamorano, J.D., Aliaga, I.J., Leal-Hernández, O. y Canal-Macias, M.L. (2017). Dietary Intake of Cadmium, Lead and Mercury and Its Association with Bone Health in Healthy Premenopausal Women. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14 (12), pp: 1437.
- Liu, P., Zhang, Y., Su, J., Bai, Z., Li, T. y Wu, Y. (2018). Maximum cadmium limits establishment strategy based on the dietary exposure estimation: an example from Chinese populations and subgroups. *Environmental Science and Pollution Research*, 25 (19), pp: 18762-18771.
- Marín-Martínez, R., Barber, X., Cabrera-Vique, C., Carbonell-Barrachina, Á.A., Vilanova, E., García-Hernández, V.M., Roche, E. y Garcia-Garcia, E. (2016). Aluminium, nickel, cadmium and lead in candy products and assessment of daily intake by children in Spain. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 9 (1), pp: 66-71.
- Marín, S., Pardo, O., Báguena, R., Font, G. y Yusà, V. (2017). Dietary exposure to trace elements and health risk assessment in the region of Valencia, Spain: a total diet study. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 34 (2), pp: 228-240.
- Marín, S., Pardo, O., Sánchez, A., Sanchis, Y., Vélez, D., Devesa, V., Font, G. y Yusà, V. (2018). Assessment of metal levels in foodstuffs from the Region of Valencia (Spain). *Toxicology Reports*, 5, pp: 654-670.
- Martí-Cid, R., Llobet, J.M., Castell, V. y Domingo, J.L. (2008). Dietary intake of arsenic, cadmium, mercury, and lead by the population of Catalonia, Spain. *Biological Trace Element Research*, 125 (2), pp: 120-132.
- Martorell, I., Perelló, G., Martí-Cid, R., Llobet, J.M., Castell, V., Domingo, J.L. (2011). Human exposure to arsenic, cadmium, mercury, and lead from foods in Catalonia, Spain: temporal trend. *Biological Trace Element Research*, 142 (3), pp: 309-322.
- Marzec, Z., Koch, W., Marzec, A. y Żukiewicz-Sobczak, W. (2014). Dietary exposure to cadmium, lead and nickel among students from south-east Poland. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 21 (4), pp: 825-828.

- Millour, S., Noël, L., Kadar, A., Chekri, R., Vastel, C., Sirot, V., Leblanc, J.C. y Guérin, T. (2011). Pb, Hg, Cd, As, Sb and Al levels in foodstuffs from the 2nd French total diet study. *Food Chemistry*, 126 (4), pp:1787-1799.
- Moon, C.S., Yang, H.R., Nakatsuka, H. e Ikeda, M. (2016). Time trend of cadmium intake in Korea. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 21 (3), pp: 118-128.
- Muñoz, O., Zamorano, P., García, O. y Bastías, J.M. (2017). Arsenic, cadmium, mercury, sodium, and potassium concentrations in common foods and estimated daily intake of the population in Valdivia (Chile) using a total diet study. *Food and Chemical Toxicology*, 109 (Pt 2), pp: 1125-1134.
- Nawrot, T.S., Martens, D.S., Hara, A., Plusquin, M., Vangronsveld, J., Roels, H.A. y Staessen, J.A. (2015). Association of total cancer and lung cancer with environmental exposure to cadmium: the meta-analytical evidence. *Cancer Causes Control*, 26 (9), pp: 1281-1288.
- Nordberg, G.F., Kjellstrom, T. y Nordberg, M. (1985). Kinetics and metabolism. En libro: *Cd and health: A toxicological and epidemiological appraisal*. Vol I: Exposure. Dose and Metabolism. CRC Press. Friberg LEC, Kjellstrom T, et al., Boca Raton. FL, pp: 103-178.
- Núñez, R., García, M.Á., Alonso, J. y Melgar, M.J. (2018). Arsenic, cadmium and lead in fresh and processed tuna marketed in Galicia (NW Spain): Risk assessment of dietary exposure. *Science of the Total Environment*, 627, pp: 322-331.
- 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 Program (GEMS/Food).
- Pan, J., Plant, J.A., Voulvoulis, N., Oates, J. y Ihlenfeld, C. (2010). Cadmium levels in Europe: implications for human health. *Environmental Geochemistry and Health*, 32, pp: 1-12.
- Perelló, G., Vicente, E., Castell, V., Llobet, J.M., Nadal, M. y Domingo, J.L. (2015). Dietary intake of trace elements by the population of Catalonia (Spain): results from a total diet study. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 32 (5), pp: 748-755.
- Rana, K., Verma, Y., Rani, V. y Rana, S.V.S. (2018). Renal toxicity of nanoparticles of cadmium sulphide in rat. *Chemosphere*, 193, pp: 142-150.
- Rizwan, M., Ali, S., Adrees, M., Ibrahim, M., Tsang, D.C.W., Zia-Ur-Rehman, M., Zahir, Z.A., Rinklebe, J., Tack, F.M.G. y Ok, Y.S. (2017). A critical review on effects, tolerance mechanisms and management of cadmium in vegetables. *Chemosphere*, 182, pp: 90-105.
- Rose, M., Baxter, M., Brereton, N. y Baskaran, C. (2010). Dietary exposure to metals and other elements in the 2006 UK Total Diet Study and some trends over the last 30 years. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 27 (10), pp: 1380-1404.
- Rubio, C., Hardisson, A., Reguera, J.I., Revert, C., Lafuente, M.A. y González-Iglesias, T. (2006). Cadmium dietary intake in the Canary Islands, Spain. *Environmental Research*, 100 (1), pp: 123-129.
- Sand, S. y Becker, W. (2012). Assessment of dietary cadmium exposure in Sweden and population health concern including scenario analysis. *Food and Chemical Toxicology*, 50 (3-4), pp: 536-544.
- 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.
- Satarug, S. (2018). Dietary Cadmium Intake and Its Effects on Kidneys. *Toxics*, 6 (15), pp: 1-23.
- Schwarz, M.A., Lindtner, O., Blume, K., Heinemeyer, G. y Schneider, K. (2014). Cadmium exposure from food: the German LExUKon project. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 31 (6), pp: 1038-1051.
- Škrbić, B., Živančev, J. y Mrmoš, N. (2013). Concentrations of arsenic, cadmium and lead in selected foodstuffs from Serbian market basket: estimated intake by the population from the Serbia. *Food and Chemical Toxicology*, 58, pp: 440-448.

- Song, Y., Wang, Y., Mao, W., Sui, H., Yong, L., Yang, D., Jiang, D., Zhang, L. y Gong, Y. (2017). Dietary cadmium exposure assessment among the Chinese population. *PLoS One*, 12 (5), pp: e0177978.
- Spungen, J.H. (2019). Children's exposures to lead and cadmium: FDA total diet study 2014-16. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 36 (6), pp: 893-903.
- Suomi, J., Tuominen, P., Niinistö, S., Virtanen, S.M. y Savela, K. (2018). Dietary heavy metal exposure of Finnish children of 3 to 6 years. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 35 (7), pp: 1305-1315.
- UE (2008). Reglamento (CE) N° 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) N° 1907/2006. DO L 353 de 31 de diciembre de 2008, pp: 1-1355.
- UE (2014). Reglamento (UE) N° 488/2014 de la Comisión. de 12 de mayo de 2014. que modifica el Reglamento (EC) N° 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios. DO L 138 de 13 de mayo de 2014, pp: 75-79.
- 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.
- Vromman, V., Waegeneers, N., Cornelis, C., De Boosere, I., Van Holderbeke, M., Vinx, C., Smolders, E., Huyghebaert, A. y Pussemier, L. (2010). Dietary cadmium intake by the Belgian adult population. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 27 (12), pp:1665-1673.
- Waalkes, M.P. (2003). Cadmium carcinogenesis. *Mutation Research*, 533, pp: 107-120.
- Wang, Z., Pan, L., Liu, G., Zhang, H., Zhang, J., Jiang, J., Xiao, Y., Bai, W., Jiao, R. y Huang, W. (2018). Dietary exposure to cadmium of Shenzhen adult residents from a total diet study. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 35 (4), pp: 706-714.
- Wang, P., Chen, H., Kopittke, P.M. y Zhao, F.J. (2019). Cadmium contamination in agricultural soils of China and the impact on food safety. *Environmental Pollution*, 249, pp: 1038-1048.
- Wennberg, M., Lundh, T., Sommar, J.N. y Bergdahl, I.A. (2017). Time trends and exposure determinants of lead and cadmium in the adult population of northern Sweden 1990-2014. *Environmental Research*, 159, pp: 111-117.
- Werlin, R., Priester, J., Mielke, R. et al. (2011). Biomagnification of cadmium selenide quantum dots in a simple experimental microbial food chain. *Nature Nanotech*, 6, pp: 65-71.
- Zhang, W., Liu, Y., Liu, Y., Liang, B., Zhou, H., Li, Y., Zhang, Y., Huang, J., Yu, C. y Chen, K. (2018). An Assessment of Dietary Exposure to Cadmium in Residents of Guangzhou, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15 (3), pp: E556.
- Zhong, M.S., Jiang, L., Han, D., Xia, T.X., Yao, J.J., Jia, X.Y. y Peng, C. (2015). Cadmium exposure via diet and its implication on the derivation of health-based soil screening values in China. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 25 (4), pp: 433-442.

Anexo I

Tabla 5.1. Ingesta diaria estimada de cadmio en la población española (18-64 años). Estimación de límite inferior (LB) y de límite superior (UB)

Grupos de alimentos	Ingesta estimada de Cd (µg/día) (Toda la población)				Ingesta estimada de Cd (µg/día) (Solo consumidores)			
	Consumo medio		Consumo P95		Consumo medio		Consumo P95	
	LB	UB	LB	UB	LB	UB	LB	UB
Cereales y derivados <i>(Pan blanco de trigo)</i>	0,57 <i>(0,51)</i>	1,65 <i>(1,31)</i>	1,48 <i>(1,31)</i>	5,26 <i>(3,39)</i>	1,59 <i>(0,59)</i>	4,90 <i>(1,52)</i>	3,78 <i>(1,44)</i>	10,86 <i>(3,71)</i>
Vegetales y derivados	0,63	2,36	2,73	10,38	5,61	14,02	14,41	36,58
Raíces o tubérculos feculentos y derivados	0,75	0,98	2,48	3,26	1,03	1,35	2,68	3,54
Legumbres, frutos secos, semillas oleaginosas y especias	0,00	0,05	0,00	0,21	0,05	1,83	0,10	3,75
Carne y derivados	0,02	1,55	0,01	8,35	8,30	15,53	9,59	24,17
Pescados, mariscos	1,08	1,69	3,97	6,61	21,92	48,57	48,05	88,35
Pescado fresco	0,14	0,56	0,12	2,19	7,65	29,02	11,79	42,50
Crustáceos	0,05	0,07	0,23	0,29	2,57	2,80	4,72	5,20
Moluscos <i>(Calamar)</i>	0,80 <i>(0,63)</i>	0,82 <i>(0,64)</i>	3,39 <i>(3,17)</i>	3,43 <i>(3,22)</i>	9,68 <i>(4,49)</i>	10,42 <i>(4,55)</i>	27,50 <i>(15,95)</i>	29,03 <i>(16,16)</i>
Pescado y marisco procesado	0,09	0,24	0,23	0,70	2,01	6,33	4,03	11,62
Fruta y derivados	0,06	1,89	0,42	8,87	0,47	19,45	0,82	37,34
Leche y derivados	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	2,4	0,00	3,48
Grasas, aceites y derivados	0,00	0,15	0,00	0,33	0,00	0,16	0,00	0,33
Zumos y néctares de frutas y vegetales	0,00	0,52	0,00	2,93	0,00	5,98	0,00	8,96
Agua y refrescos	0,00	0,52	0,00	2,42	0,00	1,96	0,00	4,30
Bebidas alcohólicas	0,00	0,60	0,00	3,77	0,00	3,04	0,00	7,86
Café, cacao, té e infusiones <i>(Cacao soluble)</i>	0,23 <i>(0,23)</i>	0,23 <i>(0,23)</i>	1,29 <i>(1,29)</i>	1,29 <i>(1,29)</i>	0,89 <i>(0,89)</i>	0,89 <i>(0,89)</i>	2,28 <i>(2,28)</i>	2,28 <i>(2,28)</i>
Azúcar, confitería y postres con base de agua <i>(Chocolate negro)</i>	0,13 <i>(0,09)</i>	0,16 <i>(0,09)</i>	0,60 <i>(0,60)</i>	0,77 <i>(0,60)</i>	2,74 <i>(1,41)</i>	3,24 <i>(1,41)</i>	5,24 <i>(2,76)</i>	6,39 <i>(2,76)</i>
Total (µg/día)	3,47	12,63	12,98	54,45	42,59	123,32	86,94	238,19
Total (µgkg p.c./semana)	0,33	1,18	1,24	5,21	4,07	11,79	8,31	22,78
Peso corporal medio: 73,2 kg								

Tabla 5.2. Ingesta diaria estimada de cadmio en la población española (12-35 meses). Estimación de límite inferior (LB) y de límite superior (UB)

Grupos de alimentos	Ingesta estimada de Cd ($\mu\text{g}/\text{día}$) (Toda la población)				Ingesta estimada de Cd ($\mu\text{g}/\text{día}$) (Solo consumidores)			
	Consumo medio		Consumo P95		Consumo medio		Consumo P95	
	LB	UB	LB	UB	LB	UB	LB	UB
Cereales y derivados (Arroz)	0,04 (0,02)	0,28 (0,09)	0,19 (0,1)	1,27 (0,42)	0,93 (0,06)	3,57 (0,28)	1,19 (0,14)	5,37 (0,61)
Vegetales y derivados	0,26	1,04	1,05	4,8	1,41	6,92	4,7	18,38
Raíces o tubérculos feculentos y derivados	0,99	1,31	2,85	3,76	1,21	1,6	2,94	3,87
Legumbres, frutos secos, semillas oleaginosas y especias	0,00	0,04	0,00	0,24	0,00	0,52	0,00	1,25
Carne y derivados	0,00	0,96	0,00	4,03	0,08	5,33	0,13	10,53
Pescados, mariscos	0,52	1,08	2,77	4,95	14,7	28,5	30,16	54,28
Pescado fresco	0,07	0,59	0,08	2,16	6,66	19,37	9,09	29,59
Crustáceos	0,02	0,03	0,15	0,19	0,2	0,25	0,55	0,68
Moluscos (Calamar)	0,42 (0,31)	0,43 (0,31)	2,50 (2,29)	2,53 (2,32)	7,73 (2,65)	7,93 (2,68)	20,3 (7,65)	20,73 (7,75)
Pescado y marisco procesado	0,01	0,03	0,03	0,07	0,10	0,94	0,23	3,28
Fruta y derivados	0,03	1,42	0,09	5,26	0,38	12,2	0,79	23,53
Leche y derivados	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	3,72	0,00	3,72
Grasas, aceites y derivados	0,00	0,07	0,00	0,2	0,00	0,09	0,00	0,2
Zumos y néctares de frutas y vegetales	0,00	0,45	0,00	3,67	0,00	4,63	0,00	9,56
Agua y refrescos	0,00	0,19	0,00	0,5	0,00	0,55	0,00	1,01
Bebidas alcohólicas	-	-	-	-	-	-	-	-
Café, cacao, té e infusiones (Cacao soluble)	0,52	0,52	2,34	2,34	1,57	1,57	3,77	3,77
Azúcar, confitería y postres con base de agua (Chocolate negro)	0,03 (0,02)	0,04 (0,02)	0,00 (0,00)	0,05 (0,00)	2,58 (0,4)	3,03 (0,42)	4,42 (1,16)	5,22 (1,21)
Alimentos infantiles	0,16	1,13	0,71	5,33	0,46	7,17	0,9	10,91
Total ($\mu\text{g}/\text{día}$)	2,55	8,54	10	36,4	23,32	79,4	49	151,6
Total ($\mu\text{gkg p.c./semana}$)	1,37	4,60	5,38	19,60	12,56	42,75	26,38	81,63
Peso corporal medio: 13 kg								

Tabla 5.3. Ingesta diaria estimada de cadmio en la población española (3-9 años). Estimación de límite inferior (LB) y de límite superior (UB)

Grupos de alimentos	Ingesta estimada de Cd ($\mu\text{g}/\text{día}$) (Toda la población)				Ingesta estimada de Cd ($\mu\text{g}/\text{día}$) (Solo consumidores)			
	Consumo medio		Consumo P95		Consumo medio		Consumo P95	
	LB	UB	LB	UB	LB	UB	LB	UB
Cereales y derivados (Pan blanco de trigo)	0,52 (0,42)	1,52 (1,10)	1,65 (1,18)	5,05 (3,04)	1,06 (0,48)	4,25 (1,24)	2,63 (1,25)	10,71 (3,24)
Vegetales y derivados	0,49	1,57	2,26	7,90	5,74	14,81	14,29	38,20
Raíces o tubérculos feculentos y derivados	0,91	1,20	2,70	3,55	1,15	1,52	2,80	3,70
Legumbres, frutos secos, semillas oleaginosas y especias	0,00	0,06	0,00	0,49	0,08	0,89	0,11	1,73
Carne y derivados	0,00	1,38	0,00	5,73	2,12	10,27	2,17	18,91
Pescados, mariscos	1,21	1,81	6,08	8,00	28,71	53,39	63,65	103,00
Pescado fresco	0,13	0,65	0,09	1,64	7,56	28,96	11,18	43,78
Crustáceos	0,06	0,07	0,26	0,33	4,76	5,26	10,58	11,68
Moluscos (Calamar)	1,00 (0,73)	1,03 (0,74)	5,52 (4,82)	5,59 (4,88)	16,18 (4,78)	17,46 (4,85)	41,48 (14,27)	44,29 (14,46)
Pescado y marisco procesado	0,02	0,06	0,21	0,44	0,20	1,71	0,41	3,25
Fruta y derivados	0,02	1,53	0,13	7,81	0,40	15,57	0,86	30,34
Leche y derivados	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00	6,00
Grasas, aceites y derivados	0,00	0,11	0,00	0,26	0,00	0,12	0,00	0,27
Zumos y néctares de frutas y vegetales	0,00	0,73	0,00	5,13	0,00	5,90	0,00	10,16
Agua y refrescos	0,00	0,29	0,00	1,25	0,00	0,91	0,00	1,71
Bebidas alcohólicas	-	-	-	-	-	-	-	-
Café, cacao, té e infusiones (Cacao soluble)	1,43	1,43	4,04	4,04	1,94	1,94	4,31	4,31
Azúcar, confitería y postres con base de agua (Chocolate con leche)	0,12 (0,08)	0,15 (0,08)	0,54 (0,54)	0,57 (0,57)	3,25 (0,68)	3,79 (0,71)	6,00 (1,63)	7,33 (1,70)
Alimentos infantiles	0,01	0,05	0,02	0,07	0,16	2,87	0,42	5,59
Total ($\mu\text{g}/\text{día}$)	4,71	11,85	17,42	49,85	44,61	119,93	97,24	241,96
Total ($\mu\text{gkg p.c./semana}$)	1,18	2,96	4,36	12,46	11,15	29,98	24,31	60,49
Peso corporal medio: 28 kg								

Tabla 5.4. Ingesta diaria estimada de cadmio en la población española (10-17 años). Estimación de límite inferior (LB) y de límite superior (UB)

Grupos de alimentos	Ingesta estimada de Cd ($\mu\text{g}/\text{día}$) (Toda la población)				Ingesta estimada de Cd ($\mu\text{g}/\text{día}$) (Solo consumidores)			
	Consumo medio		Consumo P95		Consumo medio		Consumo P95	
	LB	UB	LB	UB	LB	UB	LB	UB
Cereales y derivados (Pan blanco de trigo)	0,88 (0,74)	2,43 (1,91)	2,45 (1,76)	7,42 (4,56)	2,98 (0,81)	7,56 (2,10)	7,06 (1,82)	16,68 (4,70)
Vegetales y derivados	0,57	1,70	3,08	8,58	8,10	17,80	19,25	43,50
Raíces o tubérculos feculentos y derivados	1,10	1,45	3,18	4,20	1,37	1,81	3,30	4,35
Legumbres, frutos secos, semillas oleaginosas y especias	0,00	0,06	0,00	0,25	0,07	0,94	0,10	2,12
Carne y derivados	0,00	1,81	0,01	6,98	0,34	10,44	0,41	21,07
Pescados, mariscos	1,56	2,25	6,34	8,58	31,99	61,74	60,63	106,80
Pescado fresco	0,21	0,77	0,11	1,97	10,15	35,31	14,39	51,93
Crustáceos	0,06	0,08	0,32	0,40	1,32	1,47	2,16	2,52
Moluscos (Calamar)	1,23 (0,97)	1,26 (0,98)	5,69 (5,00)	5,76 (5,06)	15,44 (6,33)	16,57 (6,42)	36,36 (16,83)	38,58 (17,05)
Pescado y marisco procesado	0,06	0,14	0,22	0,45	5,08	8,39	7,72	13,77
Fruta y derivados	0,05	1,78	0,41	9,77	0,51	19,38	0,92	37,16
Leche y derivados	-	-	-	-	-	-	-	-
Grasas, aceites y derivados	0,00	0,14	0,00	0,34	0,00	0,15	0,00	0,35
Zumos y néctares de frutas y vegetales	0,00	0,92	0,00	5,13	0,00	7,26	0,00	14,34
Agua y refrescos	0,00	0,39	0,00	1,81	0,00	1,36	0,00	2,96
Bebidas alcohólicas	-	-	-	-	-	-	-	-
Café, cacao, té e infusiones (Cacao soluble)	1,49	1,49	4,31	4,31	2,16	2,16	4,84	4,84
Azúcar, confitería y postres con base de agua (Chocolate negro)	0,13 (0,05)	0,15 (0,05)	0,27 (0,00)	0,45 (0,00)	4,67 (2,49)	5,15 (2,49)	12,34 (6,81)	13,35 (6,81)
Alimentos para jóvenes	0,00	0,01	0,00	0,00	0,10	3,98	0,21	4,29
Total ($\mu\text{g}/\text{día}$)	5,78	14,58	20,05	57,82	52,29	139,73	109,06	271,81
Total ($\mu\text{gkg p.c./semana}$)	0,76	1,93	2,65	7,64	6,91	18,45	14,40	35,90

Peso corporal medio: 53 kg

Tabla 6.1 Contribución de los alimentos a la ingesta de cadmio en la población adulta (18-64 años). Estimación de límite inferior (LB) y de límite superior (UB) en base a los consumos medios de “toda la población”

Grupos de alimentos	LB		UB	
	Ingesta Cd (µg/día)	% de la ingesta diaria	Ingesta Cd (µg/día)	% de la ingesta diaria
Cereales y derivados	0,57	15,4	1,65	13,3
Cereales y derivados primarios	0,04	1,2	0,29	2,3
Pan y productos similares (Pan blanco de trigo)	0,51 (0,51)	14,7 (14,7)	1,31 (1,31)	10,6 (10,6)
Cereales de desayuno	0,02	0,6	0,05	0,4
Vegetales y derivados	0,63	18,2	2,36	19,1
Bulbos	0,04	1,2	0,18	1,5
Vegetales de fruto	0,06	1,7	0,92	7,4
Vegetales de hoja	0,23	6,6	0,70	5,7
Vegetales de tallo	0,00	0,0	0,03	0,2
Hongos	0,07	2,0	0,10	0,8
Raíces y tubérculos no feculentos	0,03	0,9	0,10	0,8
Legumbre con vaina	0,00	0,0	0,06	0,5
Brasicáceas de flor	0,00	0,0	0,04	0,3
Vegetales procesados	0,20	5,8	0,23	1,9
Raíces o tubérculos feculentos y derivados (Patatas)	0,75	21,6	0,98	7,9
Legumbres, frutos secos, semillas oleaginosas y especias	0,00	0,0	0,05	0,4
Legumbres y semillas frescas	0,00	0,0	0,01	0,1
Legumbres secas	0,00	0,0	0,04	0,3
Especias	0,00	0,0	0,00	0,0
Carne y derivados	0,02	0,6	1,55	12,5
Carne de ave	0,00	0,0	0,58	4,7
Carne de mamífero	0,00	0,0	0,94	7,6
Hígado	0,02	0,6	0,03	0,2
Pescados, mariscos	1,08	31,1	1,69	13,7
Pescado fresco	0,14	4,0	0,56	4,5
Crustáceos	0,05	1,4	0,07	0,6
Moluscos (Calamar)	0,80 (0,63)	23,1 (18,2)	0,82 (0,64)	6,6 (5,2)
Pescado procesado y en conserva	0,09	2,6	0,24	1,9
Fruta y derivados	0,06	1,7	1,89	15,3
Fruta fresca	0,06	1,7	1,82	14,7
Fruta procesada	0,00	0,0	0,07	0,6

Tabla 6.1 Contribución de los alimentos a la ingesta de cadmio en la población adulta (18-64 años). Estimación de límite inferior (LB) y de límite superior (UB) en base a los consumos medios de “toda la población”

Grupos de alimentos	LB		UB	
	Ingesta Cd (µg/día)	% de la ingesta diaria	Ingesta Cd (µg/día)	% de la ingesta diaria
Leche y derivados	0,00	0,0	0,01	0,1
Leche (<i>cabra</i>)	0,00	0,0	0,01	0,1
Grasas, aceites y derivados	0,00	0,0	0,15	1,2
Zumos y néctares de frutas y vegetales	0,00	0,0	0,52	4,2
Agua y refrescos	0,00	0,0	0,52	4,2
Agua de bebida	0,00	0,0	0,31	2,5
Refrescos	0,00	0,0	0,21	1,7
Bebidas alcohólicas	0,00	0,0	0,60	4,9
Café, cacao, té e infusiones (<i>Cacao soluble</i>)	0,23	6,6	0,23	1,9
Azúcar, confitería y postres con base de agua	0,13	3,7	0,16	1,3
Azúcar y otros edulcorantes (<i>Miel</i>)	0,00	0,0	0,03	0,2
Chocolate y derivados	0,13	3,7	0,13	1,1
Postres con base de agua	0,00	0,0	0,00	0,0
Total	3,47	100,0	12,36	100,0

Tabla 6.2 Contribución de los alimentos a la ingesta de cadmio en la población infantil (12-35 meses). Estimación de límite inferior (LB) y de límite superior (UB) en base a los consumos medios de “toda la población”

Grupos de alimentos	LB		UB	
	Ingesta Cd (µg/día)	% de la ingesta diaria	Ingesta Cd (µg/día)	% de la ingesta diaria
Cereales y derivados	0,04	1,6	0,28	3,3
Cereales y derivados primarios	0,04	1,6	0,13	1,5
Pan y productos similares	0,00	0,0	0,01	0,1
Cereales de desayuno	0,00	0,0	0,14	1,6
Vegetales y derivados	0,26	10,2	1,04	12,2
Bulbos	0,03	1,2	0,11	1,3
Vegetales de fruto	0,01	0,4	0,37	4,3
Vegetales de hoja	0,08	3,1	0,17	2,0
Vegetales de tallo	0,00	0,0	0,04	0,5
Hongos	0,00	0,0	0,01	0,1
Raíces y tubérculos no feculentos	0,05	2,0	0,16	1,9
Legumbre con vaina	0,00	0,0	0,06	0,7
Brasicáceas de flor	0,00	0,0	0,02	0,2
Vegetales procesados	0,09	3,5	0,10	1,2
Raíces o tubérculos feculentos y derivados (Patatas)	0,99	38,8	1,31	15,3
Legumbres, frutos secos, semillas oleaginosas y especias	0,00	0,0	0,04	0,5
Legumbres y semillas frescas	0,00	0,0	0,03	0,4
Legumbres secas	0,00	0,0	0,01	0,1
Especias	-	-	-	-
Legumbres, frutos secos, semillas, procesados	-	-	-	-
Carne y derivados	0,00	0,0	0,96	11,2
Carne de ave	0,00	0,0	0,46	5,4
Carne de mamífero	0,00	0,0	0,49	5,7
Hígado	0,00	0,0	0,01	0,1
Pescados, mariscos	0,52	20,4	1,08	12,5
Pescado fresco	0,07	2,7	0,59	6,9
Crustáceos	0,02	0,8	0,03	0,4
Moluscos (Calamar)	0,42 (0,31)	16,5 (12,2)	0,43 (0,31)	5,0 (3,6)
Pescado procesado y en conserva	0,01	0,4	0,03	0,4

Tabla 6.2 Contribución de los alimentos a la ingesta de cadmio en la población infantil (12-35 meses). Estimación de límite inferior (LB) y de límite superior (UB) en base a los consumos medios de “toda la población”

Grupos de alimentos	LB		UB	
	Ingesta Cd (µg/día)	% de la ingesta diaria	Ingesta Cd (µg/día)	% de la ingesta diaria
Fruta y derivados	0,03	1,2	1,42	16,6
Fruta fresca	0,03	1,2	1,40	16,4
Fruta procesada	0,00	0,0	0,02	0,2
Leche y derivados	0,00	0,0	0,01	0,1
Leche (<i>cabra</i>)	0,00	0,0	0,01	0,1
Grasas, aceites y derivados	0,00	0,0	0,07	0,8
Zumos y néctares de frutas y vegetales	0,00	0,0	0,45	5,3
Agua y refrescos	0,00	0,0	0,19	2,2
Agua de bebida	0,00	0,0	0,19	2,2
Refrescos	0,00	0,0	0,00	0,0
Bebidas alcohólicas	-	-	-	-
Café, cacao, té e infusiones (<i>Cacao soluble</i>)	0,52	20,4	0,52	6,1
Azúcar, confitería y postres con base de agua	0,03	1,2	0,04	0,5
Azúcar y otros edulcorantes (<i>Miel</i>)	0,00	1,2	0,00	0,0
Chocolate y derivados	0,03	0,0	0,03	0,4
Postres con base de agua	0,00	0,0	0,01	0,1
Alimentos infantiles	0,16	6,3	1,13	13,2
Fórmulas de continuación	0,04	1,6	0,44	5,2
Alimentos procesados a base de cereales	0,09	3,5	0,15	1,8
Alimentos infantiles listos para consumir	0,03	1,2	0,54	6,3
Total	2,55	100,0	8,54	100,0

Tabla 6.3 Contribución de los alimentos a la ingesta de cadmio en la población infantil (3-9 años). Estimación de límite inferior (LB) y de límite superior (UB) en base a los consumos medios de “toda la población”

Grupos de alimentos	LB		UB	
	Ingesta Cd (µg/día)	% de la ingesta diaria	Ingesta Cd (µg/día)	% de la ingesta diaria
Cereales y derivados	0,52	11,0	1,52	12,8
Cereales y derivados primarios	0,10	2,1	0,31	2,6
Pan y productos similares (Pan blanco de trigo)	0,42 (0,42)	8,9 (8,9)	1,10 (1,10)	9,3 (9,3)
Cereales de desayuno	0,00	0,0	0,11	0,9
Vegetales y derivados	0,49	10,4	1,57	13,2
Bulbos	0,03	0,6	0,13	1,1
Vegetales de fruto	0,02	0,4	0,55	4,6
Vegetales de hoja	0,13	2,8	0,34	2,9
Vegetales de tallo	0,00	0,0	0,02	0,2
Hongos	0,03	0,6	0,04	0,3
Raíces y tubérculos no feculentos	0,04	0,8	0,12	1,0
Legumbre con vaina	0,00	0,0	0,06	0,5
Brasicáceas de flor	0,00	0,0	0,04	0,3
Vegetales procesados	0,24	5,1	0,27	2,3
Raíces o tubérculos feculentos y derivados (Patatas)	0,91	19,3	1,20	10,1
Legumbres, frutos secos, semillas oleaginosas y especias	0,00	0,0	0,06	0,5
Legumbres y semillas frescas	0,00	0,0	0,02	0,2
Legumbres secas	0,00	0,0	0,04	0,3
Especias	0,00	0,0	0,00	0,0
Legumbres, frutos secos, semillas, procesados	0,00	0,0	0,00	0,0
Carne y derivados	0,00	0,0	1,38	11,6
Carne de ave	0,00	0,0	0,62	5,2
Carne de mamífero	0,00	0,0	0,75	6,3
Hígado	0,00	0,0	0,01	0,1
Pescados, mariscos	1,21	25,7	1,81	15,3
Pescado fresco	0,13	2,8	0,65	5,5
Crustáceos	0,06	1,3	0,07	0,6
Moluscos (Calamar)	1,00 (0,73)	21,2 (15,5)	1,03 (0,74)	8,7 (6,2)
Pescado procesado y en conserva	0,02	0,4	0,06	0,5

Tabla 6.3 Contribución de los alimentos a la ingesta de cadmio en la población infantil (3-9 años). Estimación de límite inferior (LB) y de límite superior (UB) en base a los consumos medios de “toda la población”

Grupos de alimentos	LB		UB	
	Ingesta Cd (µg/día)	% de la ingesta diaria	Ingesta Cd (µg/día)	% de la ingesta diaria
Fruta y derivados	0,02	0,4	1,53	12,9
Fruta fresca	0,02	0,4	1,47	12,4
Fruta procesada	0,00	0,0	0,06	0,5
Leche y derivados	0,00	0,0	0,02	0,2
Leche (<i>cabra</i>)	0,00	0,0	0,02	0,2
Grasas, aceites y derivados	0,00	0,0	0,11	0,9
Zumos y néctares de frutas y vegetales	0,00	0,0	0,73	6,2
Agua y refrescos	0,00	0,00	0,29	2,4
Agua de bebida	0,00	0,0	0,25	2,1
Refrescos	0,00	0,0	0,04	0,3
Bebidas alcohólicas	-	-	-	-
Café, cacao, té e infusiones (<i>Cacao soluble</i>)	1,43	30,4	1,43	12,1
Azúcar, confitería y postres con base de agua	0,12	2,5	0,15	1,3
Azúcar y otros edulcorantes (<i>Miel</i>)	0,00	0,0	0,02	0,2
Chocolate y derivados	0,12	2,5	0,12	1,0
Postres con base de agua	0,00	0,0	0,01	0,1
Alimentos infantiles	0,01	0,2	0,05	0,4
Fórmulas de continuación	0,00	0,0	0,03	0,3
Alimentos procesados a base de cereales	0,01	0,2	0,01	0,1
Alimentos infantiles listos para consumir	0,00	0,0	0,01	0,1
Total	4,71	100,0	11,85	100,0

Tabla 6.4 Contribución de los alimentos a la ingesta de cadmio en la población adolescente (10-17 años). Estimación de límite inferior (LB) y de límite superior (UB) en base a los consumos medios de “toda la población”

Grupos de alimentos	LB		UB	
	Ingesta Cd (µg/día)	% de la ingesta diaria	Ingesta Cd (µg/día)	% de la ingesta diaria
Cereales y derivados	0,88	15,2	2,43	16,7
Cereales y derivados primarios	0,13	2,2	0,37	2,5
Pan y productos similares (Pan blanco de trigo)	0,74 (0,74)	12,8 (12,8)	1,91 (1,91)	13,1 (13,1)
Cereales de desayuno	0,01	0,2	0,15	1,0
Vegetales y derivados	0,57	9,9	1,70	11,7
Bulbos	0,04	0,7	0,17	1,2
Vegetales de fruto	0,01	0,2	0,36	2,5
Vegetales de hoja	0,18	3,1	0,52	3,6
Vegetales de tallo	0,00	0,0	0,03	0,2
Hongos	0,04	0,7	0,07	0,5
Raíces y tubérculos no feculentos	0,04	0,7	0,13	0,9
Legumbre con vaina	0,00	0,0	0,09	0,6
Brasicáceas de flor	0,00	0,0	0,03	0,2
Vegetales procesados	0,26	4,5	0,30	2,1
Raíces o tubérculos feculentos y derivados (Patatas)	1,10	19,0	1,45	9,9
Legumbres, frutos secos, semillas oleaginosas y especias	0,00	0,0	0,06	0,4
Legumbres y semillas frescas	0,00	0,0	0,03	0,2
Legumbres secas	0,00	0,0	0,03	0,2
Especias	0,00	0,0	0,00	0,0
Legumbres, frutos secos, semillas, procesados	0,00	0,0	0,00	0,0
Carne y derivados	0,00	0,0	1,81	12,4
Carne de ave	0,00	0,0	0,66	4,5
Carne de mamífero	0,00	0,0	1,13	7,8
Hígado	0,00	0,0	0,02	0,1
Pescados, mariscos	1,56	27,0	2,25	15,4
Pescado fresco	0,21	3,6	0,77	5,3
Crustáceos	0,06	1,0	0,08	0,5
Moluscos (Calamar)	1,23 (0,97)	21,3 (16,8)	1,26 (0,98)	8,6 (6,7)
Pescado procesado y en conserva	0,06	1,0	0,14	1,0

Tabla 6.4 Contribución de los alimentos a la ingesta de cadmio en la población adolescente (10-17 años). Estimación de límite inferior (LB) y de límite superior (UB) en base a los consumos medios de “toda la población”

Grupos de alimentos	LB		UB	
	Ingesta Cd (µg/día)	% de la ingesta diaria	Ingesta Cd (µg/día)	% de la ingesta diaria
Fruta y derivados	0,05	0,9	1,78	12,2
Fruta fresca	0,05	0,9	1,70	11,7
Fruta procesada	0,00	0,0	0,08	0,5
Leche y derivados				
Leche (<i>cabra</i>)	-	-	-	-
Grasas, aceites y derivados	0,00	0,0	0,14	1,0
Zumos y néctares de frutas y vegetales	0,00	0,0	0,92	6,3
Agua y refrescos	0,00	0,0	0,39	2,7
Agua de bebida	0,00	0,0	0,24	1,6
Refrescos	0,00	0,0	0,15	1,0
Bebidas alcohólicas	-	-	-	-
Café, cacao, té e infusiones (<i>Cacao soluble</i>)	1,49	25,8	1,49	10,2
Azúcar, confitería y postres con base de agua	0,13	2,2	0,15	1,0
Azúcar y otros edulcorantes (<i>Miel</i>)	0,00	0,0	0,02	0,1
Chocolate y derivados	0,13	2,2	0,13	0,9
Postres con base de agua	0,00	0,0	0,00	0,0
Alimentos para jóvenes	0,00	0,0	0,01	0,1
Fórmulas de continuación	0,00	0,0	0,00	0,0
Alimentos procesados a base de cereales	0,00	0,0	0,00	0,0
Alimentos infantiles listos para consumir	0,00	0,0	0,01	0,1
Total	5,78	100,0	14,58	100,0

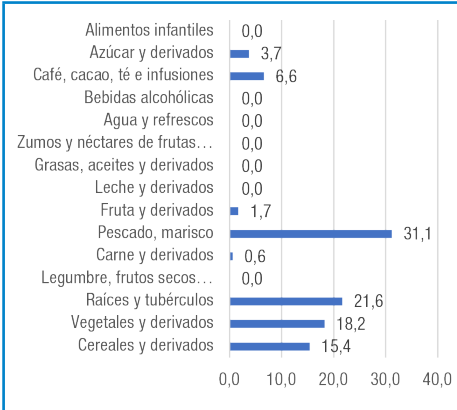


Figura 6.1. Contribución de los alimentos a la ingesta de cadmio en la población española (18-64 años). Estimación de límite inferior (LB).

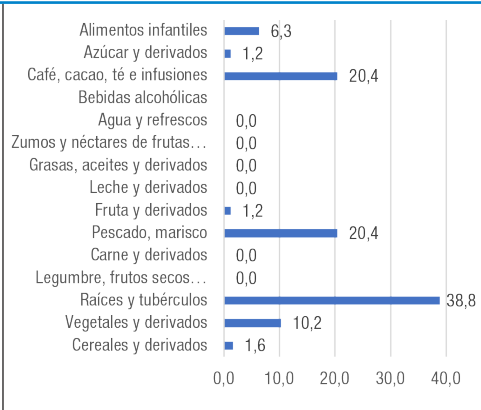


Figura 6.2. Contribución de los alimentos a la ingesta de cadmio en la población española (12-35 meses). Estimación de límite inferior (LB).

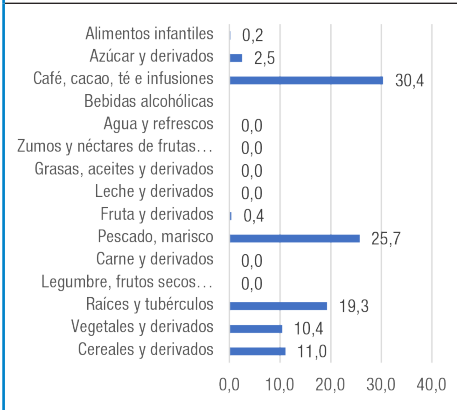


Figura 6.3. Contribución de los alimentos a la ingesta de cadmio en la población española (3-9 años). Estimación de límite inferior (LB).

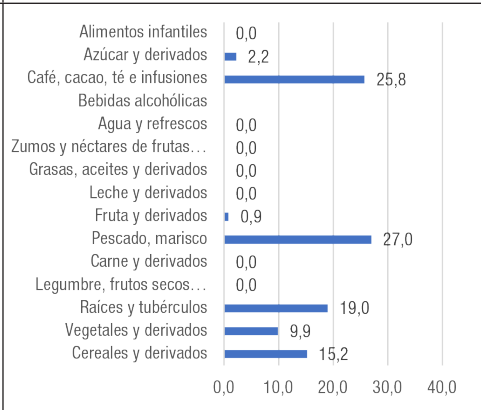


Figura 6.4. Contribución de los alimentos a la ingesta de cadmio en la población española (10-17 años). Estimación de límite inferior (LB).

Tabla 7. Caracterización del riesgo por exposición dietética a cadmio en la población española (escenarios de consumo medio y consumo extremo) para los distintos grupos de edad. Estimación del límite inferior (LB) y del límite superior (UB)

Grupos de alimentos	Escenario de exposición consumo medio (LB-UB) (µg Cd/kg p.c./semana)					Escenario de exposición consumo extremo (LB-UB) (µg Cd/kg p.c./semana)				
	12-35 meses	3-9 años	10-17 años	18-64 años	18-64 años	12-35 meses	3-9 años	10-17 años	18-64 años	18-64 años
	Cereales y derivados	0,02-0,15	0,13-0,38	0,12-0,32	0,05-0,16	0,05-0,16	0,02-0,15	0,13-0,38	0,12-0,32	0,05-0,16
Vegetales y derivados	0,14-0,56	0,12-0,39	0,08-0,22	0,06-0,23	0,06-0,23	0,14-0,56	0,12-0,39	0,08-0,22	0,06-0,23	0,06-0,23
Raíces o tubérculos féculentos y derivados	0,53-0,71	0,23-0,30	0,15-0,19	0,07-0,09	0,07-0,09	1,58-2,08	0,23-0,30	0,15-0,19	0,26-0,34	0,26-0,34
Legumbres, frutos secos, semillas oleaginosas y especias	0,00-0,02	0,00-0,02	0,00-0,01	0,00-0,00	0,00-0,00	0,00-0,02	0,00-0,02	0,00-0,01	0,00-0,00	0,00-0,00
Carne y derivados	0,01-0,52	0,00-0,35	0,00-0,24	0,00-0,15	0,00-0,15	0,01-0,52	0,00-0,35	0,00-0,24	0,00-0,15	0,00-0,15
Pescado fresco	0,04-0,32	0,03-0,16	0,03-0,10	0,01-0,05	0,01-0,05	0,04-0,33	0,04-0,18	0,04-0,12	0,02-0,08	0,02-0,08
Crustáceos	0,01-0,02	0,02-0,02	0,01-0,01	0,00-0,01	0,00-0,01	0,01-0,02	0,02-0,02	0,01-0,01	0,00-0,01	0,00-0,01
Moluscos	0,23-0,23	0,25-0,26	0,16-0,17	0,08-0,08	0,08-0,08	0,23-0,23	10,37-11,07	4,80-5,10	2,63-2,78	2,63-2,78
Pescado y marisco procesado	0,01-0,02	0,01-0,02	0,01-0,02	0,01-0,02	0,01-0,02	0,01-0,02	0,01-0,02	0,01-0,02	0,01-0,02	0,01-0,02
Fruta y derivados	0,02-0,76	0,01-0,38	0,01-0,24	0,01-0,18	0,01-0,18	0,02-0,76	0,01-0,38	0,01-0,24	0,01-0,18	0,01-0,18
Leche y derivados	0,00-0,01	0,00-0,01	-	0,00-0,00	0,00-0,00	0,00-0,01	0,00-0,01	-	0,00-0,00	0,00-0,00
Grasas, aceites y derivados	0,00-0,04	0,00-0,03	0,00-0,02	0,00-0,01	0,00-0,01	0,00-0,04	0,00-0,03	0,00-0,02	0,00-0,01	0,00-0,01
Zumos y néctares de frutas y vegetales	0,00-0,24	0,00-0,18	0,00-0,12	0,00-0,05	0,00-0,05	0,00-0,24	0,00-0,18	0,00-0,12	0,00-0,05	0,00-0,05
Agua y refrescos	0,00-0,10	0,00-0,07	0,00-0,05	0,00-0,05	0,00-0,05	0,00-0,10	0,00-0,07	0,00-0,05	0,00-0,05	0,00-0,05
Bebidas alcohólicas	-	-	-	0,00-0,06	0,00-0,06	-	-	-	0,00-0,06	0,00-0,06
Café, cacao, té e infusiones (<i>cacao soluble</i>)	0,28-0,28	0,36-0,36	0,20-0,20	0,02-0,02	0,02-0,02	2,03-2,03	1,08-1,08	0,64-0,64	0,02-0,02	0,02-0,02
Azúcar, confitería y postres con base de agua	0,02-0,02	0,03-0,04	0,02-0,02	0,01-0,02	0,01-0,02	0,02-0,02	0,03-0,04	0,02-0,02	0,01-0,02	0,01-0,02
Alimentos infantiles	0,09-0,61	0,00-0,02	0,00-0,00	-	-	0,09-0,61	0,00-0,02	0,00-0,00	-	-
Ingesta de cadmio (µg Cd/kg p.c./semana)*	1,37-4,59	1,18-2,96	0,76-1,93	0,33-1,18	0,33-1,18	4,17-7,72	12,02-14,50	5,85-7,30	3,07-4,12	3,07-4,12
% IST (IST = 2,5 µg Cd/g p.c./semana)*	54,9-183,5	47,1-118,6	30,5-77,0	13,3-47,3	13,3-47,3	166,9-308,6	480,7-579,9	233,8-291,9	122,8-165,0	122,8-165,0

*Peso corporal medio: 13 kg (12-35 meses); 28 kg (3-9 años); 53 kg (10-17 años); 73,2 kg (18-64 años)