

2015



# Contaminants químics. Estudi de dieta total a Catalunya, 2012



Generalitat de Catalunya  
Departament de Salut





# **Contaminants químics. Estudi de dieta total a Catalunya, 2012**

Aquesta publicació s'ha elaborat a partir de l'estudi dirigit pels professors Josep L. Domingo Roig, de la Universitat Rovira i Virgili, i Joan M. Llobet Mallafre, de la Universitat de Barcelona, fruit del conveni de col·laboració entre el Departament de Salut i la Universitat Rovira i Virgili per a la investigació de la ingesta dietètica de contaminants químics en la població de Catalunya.

**Direcció:**

Carme Chacón Villanueva

Agència Catalana de Seguretat Alimentària

**Autors:**

Victòria Castells Garralda, Emilio Vicente Tascón

Agència Catalana de Seguretat Alimentària

Jesús Gómez Catalán, Joan M Llobet Mallafre

Grup de Recerca en toxicologia. GRET-CERETOX (INSA UB)

Universitat de Barcelona. Parc Científic de Barcelona

Gemma Perelló Berenguer, Martí Nadal Lomas

Laboratori de Toxicologia i Salut Mediambiental, TECNITOX

Universitat Rovira i Virgili de Tarragona

Francesc Centrich Carpenter, Josep Calderón Delgado

Servei de Química

Laboratori de l'Agència de Salut Pública de Barcelona

**Han col·laborat:**

Isabel Timoner Alonso, Anna Palou Soler, Alfons Vázquez Obiols, José Vicente Fernández García, Paqui Morales Romero

Agència Catalana de Seguretat Alimentària

**Disseny:** Alexander Reichardt

Uli Hake

**Alguns drets reservats**

© 2015, Generalitat de Catalunya. Departament de Salut, organisme o entitat



Els continguts d'aquesta obra estan subjectes a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObresDerivades 3.0 de Creative Commons. La llicència es pot consultar a: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/>

**Edita:**

Agència de Salut Pública de Catalunya

**2a edició:**

Barcelona, octubre de 2015

**Assessorament lingüístic:**

Secció de Planificació Lingüística del Departament de Salut

# Abreviacions

## Elements i compostos

**As** Arsènic

**Cd** Cadmi

**Hg** Mercuri

**MeHg** Metilmercuri

**Pb** Plom

## Organismes internacionals

**ATSDR** Agència per al Registre de Substàncies Tòxiques i Malalties (Agency for Toxic Substances and Disease Registry)

**EPA** Agència de Protecció Mediambiental dels EUA (Environmental Protection Agency)

**IARC** Agència Internacional de Recerca sobre el Càncer (International Agency for Research on Cancer)

**JECFA** Comitè Mixt FAO-OMS d'experts en additius i contaminants alimentaris (Joint Expert Committee on Food Additives)

**OMS** Organització Mundial de la Salut

## Altres abreviacions

**BMDL** Benchmark dose

**MOE** Marge d'exposició

**LOAEL** Nivell inferior sense observació d'efectes adversos

**ND** No detectat

**LOD** Límit de detecció tècnica analítica

**RfD** Dosi de referència

**IDA** Ingesta diària admissible

**IDPT** Ingesta diària provisional tolerable

**IDT** Ingesta diària tolerable

**IMPT** Ingesta mensual provisional tolerable

**ISPT** Ingesta setmanal provisional tolerable



# Índex

1	Introducció .....	9
2	Objectius .....	11
3	Material i mètodes.....	13
3.1	Tipus d'estudi.....	13
3.2	Selecció dels contaminants .....	13
3.3	Selecció d'aliments .....	13
3.4	Presa de mostra i preparació.....	14
3.5	Procediments analítics.....	15
3.6	Grups de població estudiats .....	17
3.7	Dades de consum diari d'aliments .....	17
3.8	Estimació de la ingesta diària d'un contaminant.....	21
3.9	Estimació de resultats inferors al límit de detecció .....	21
3.10	Avaluació del risc .....	21
3.11	Evolució temporal .....	25
4	Arsènic .....	27
4.1	Resultats .....	30
4.2	Contribució dels aliments a la ingesta d'arsènic .....	32
4.3	Ingesta diària per grups de població.....	35
4.4	Avaluació del risc .....	35
4.5	Evolució temporal .....	39
4.6	Altres estudis .....	41
5	Cadmi.....	43
5.1	Resultats .....	44
5.2	Contribució dels aliments a la ingesta de cadmi.....	46
5.3	Ingesta diària per grups de població.....	48
5.4	Avaluació del risc .....	49
5.5	Evolució temporal .....	51
5.6	Altres estudis .....	53





# 1 Introducció

L'any 2000, el Departament de Salut va endegar el primer estudi de dieta total a Catalunya per estimar la ingesta de diversos contaminants químics per la població catalana i avaluar-ne el risc potencial per a la salut. En l'avaluació dels resultats, es va detectar el peix i el marisc com al grup d'aliments que contribueix de manera més significativa a la ingesta de contaminants a través de la dieta. Per contra, malgrat la importància puntual que tenen pel que fa a la concentració d'algun contaminant, l'aportació dels altres grups d'aliments no era significativa.

Atesa la gran varietat de peix i marisc que consumeix la població, es va considerar important caracteritzar amb més precisió la ingesta de contaminants derivada d'aquest consum. Tenint en compte aquestes qüestions, l'Agència Catalana de Seguretat Alimentària, el Laboratori de Toxicologia i Salut Mediambiental (URV) i el Grup de Recerca en Toxicologia GRET-CERETOX (UB/PCB) es van plantejar l'objectiu d'ampliar el coneixement sobre la contribució del peix i el marisc en l'exposició dietètica de la població de Catalunya. Així doncs, el 2005 es va dur a terme un estudi específic d'aquest grup d'aliments en el qual es va avaluar la ingesta de contaminants químics analitzant les catorze espècies de peix i marisc més consumides per la població.

Els estudis de dieta total es duen a terme en una realitat canviant. És per això que, per fer-ne un seguiment, el 2005 es va realitzar un segon estudi, el 2008 un tercer i el 2012 el darrer, de dieta total, per tal de conèixer l'evolució temporal de la ingesta diària de la població de Catalunya de contaminants químics a través dels aliments. Aquest últim estudi ha comptat amb la col·laboració del Servei de química del Laboratori de l'Agència de Salut Pública de Barcelona, que ha fet les anàlisis químiques.

La informació que s'obté del conjunt d'aquests estudis conforma un coneixement de la realitat i de com evoluciona que ha de ser útil a l'hora d'avaluar la importància de qualsevol nova situació futura, d'avaluar les mesures de gestió adoptades al llarg de la cadena alimentària i d'ajudar a implantar i prioritzar noves mesures de gestió per disminuir les concentracions d'aquests contaminants en els aliments.



# 2 Objectius

L'objectiu general d'aquest estudi ha estat estimar la ingesta dietètica de metalls (arsènic total, arsènic inorgànic, cadmi, mercuri inorgànic, metilmercuri i plom) de la població de Catalunya i avaluar-ne els riscos per a la salut.

Els objectius específics són:

- Analitzar les concentracions de 2012 de metalls en aliments consumits a Catalunya.
- Comparar els nivells amb dades d'estudis 2000, 2005 i 2008 i establir les variacions temporals observades per a cadascun dels elements.
- Conèixer el nivell actual d'exposició de la població catalana als contaminants estudiats a través de la dieta.
- Avaluar la variació en el temps de l'exposició dietètica a metalls, i utilitzar-ne el resultat com a alarma preventiva en cas necessari.
- Comparar els nivells d'exposició de la població de Catalunya amb els obtinguts en estudis elaborats en altres països.
- Avaluar el risc que representa l'exposició actual en comparació dels valors de seguretat toxicològica establerts.



# 3

## Material i mètodes

### 3.1 Tipus d'estudi

Aquest estudi parteix del disseny de les edicions precedents i, per tant, també segueix les directrius marcades per l'Organització Mundial de la Salut (OMS).

Per executar-lo, s'utilitza una tècnica mixta que, basant-se en les característiques dels aliments individuals, incorpora aspectes dels estudis sobre el cistell d'anar a comprar i analitza mostres compostes (composite samples) formades per mescles homogènies i a parts iguals, de diferents mostres individuals d'un mateix aliment.

### 3.2 Selecció dels contaminants

Els contaminants químics seleccionats per avaluar-se en aquest quart estudi de dieta total van ser: arsènic total (As), arsènic inorgànic (InAs), cadmi (Cd), mercuri total (Hg), metilmercuri (MeHg) i plom (Pb). En aquesta última edició, el InAs i el MeHg es van analitzar per primera vegada, en contraposició dels estudis anteriors, en què es feia una estimació per calcular el percentatge respecte al total, prenent com a base dades publicades. Anteriorment, es va considerar que la proporció de As inorgànic respecte a As total en els aliments era del 70% en tots els aliments diferents dels productes de la pesca, 0,03 mg/kg o 2% del As total per al peix, i 0,1 mg/kg o 3,5% per al marisc, segons la recomanació de l'EFSA (2009). En el peix i marisc, el metilmercuri pot representar més del 90% del mercuri total (Bloom, 1992). Aquest valor es pren com a referència en les avaluacions dels organismes internacionals, i és també el valor considerat en els anteriors estudis de dieta total de Catalunya.

### 3.3 Selecció d'aliments

La selecció d'aliments s'ha basat en la dels estudis anteriors, tenint en compte les dades de consum de la població obtingudes a l'Enquesta sobre l'estat nutricional de la població catalana i avaluació dels hàbits alimentaris 2002-2003 (ENCAT 2002-2003), a partir de la qual s'ha pogut determinar la representativitat de la selecció. Per tal de millorar l'estudi i d'acord amb els resultats de les edicions anteriors, en aquesta ocasió s'ha ampliat el nombre d'aliments en grups com el pa i els cereals i el grup de la brioixeria. A més, atesa la importància del consum que han adquirit els aliments de soja com substituïts dels productes lactis, s'ha incorporat un grup nou format pel iogurt de soja.

Els 66 aliments estudiats es detallen a la taula 1.

Taula 1. Selecció d'aliments estudiats

Grup	Aliments	Grup	Aliments
1. Carn i derivats	vedella: bistec, hamburguesa porc: llom, llonganissa pollastre: pit xai: cuixa/costella pernil dolç salsitxa de Frankfurt xoriço pernil salat	7. Llet	llet sencera llet semidesnatada
2. Peix	sardina moll tonyina llenguado seitó sípia verat calamar emperador cloïssa salmó musclo lluç gamba	8. Derivats làctics	iogurt natural formatge de tipus I fresc formatge de tipus II semicurat formatge de tipus III curat
	conserva de sardina conserva de tonyina	9. <i>logurt de soja*</i>	
3. Vegetals	enciam tomàquet mongeta tendra coliflor ceba pebrot pastanaga albergínia	10. Pa i cereals	pa blanc pa de motlle arròs pasta alimentària <i>pa integral</i>
4. Tubercles	patata	11. Llegums	llentia mongeta cigrons pèsols
5. Fruïtes	poma taronja pera plàtan mandarina maduixa préssec	12. Greixos	oli d'oliva oli de gira-sol margarina mantega
6. Ous	ous de gallina	13. Brioixeria	croissant galleta <i>cereals de l'esmorzar</i>

Els aliments en cursiva són els aliments nous incorporats en aquest estudi. \* logurt de soja: es considera un grup nou perquè no és un làctic; el consum es valora com a batut fermentat de soja segons l'enquesta ENCAT 2002-2003.

### 3.4 Presa de mostra i preparació

Anàlogament a l'estudi anterior, la presa de mostres es va fer en 12 localitats de Catalunya. El conjunt és representatiu del 72% de la població catalana que viu en localitats de més de 20.000 habitants i de caire clarament urbà.

Les poblacions agrupades per àmbits territorials són les següents:

Àmbit metropolità: Barcelona, l'Hospitalet de Llobregat, Vilanova i la Geltrú, Mataró, Sabadell i Terrassa; àmbit de les comarques gironines: Girona; àmbit del Camp de Tarragona: Tarragona i Reus; àmbit de les Terres de l'Ebre: Tortosa; àmbit de Ponent: Lleida; àmbit de les comarques centrals: Manresa.

El juliol de 2012, es van adquirir les mostres individuals de cada aliment. En cada localitat de compra, es va distribuir aquesta mostra en un mínim de quatre establiments de dimensions diferents (mercat, botiga, supermercat petit, supermercat gran, gran

superfície), per tal de diversificar al màxim l'origen de l'aliment adquirit i de fer el mostreig tan representatiu com fos possible de tots els tipus de compradors. Les mostres que ho requerien es van transportar sempre refrigerades.

La preparació de les mostres compostes es va fer seguint la mateixa metodologia que a l'estudi anterior (directrius de l'OMS):

- Es va formar una mostra composta amb 24 mostres individuals adquirides independentment.
- Es va netejar i separar les parts comestibles, crues, de les mostres individuals, amb les quals es prepara una mostra composta.
- Es va pesar a parts iguals cada mostra individual. Quan la mostra presentava parts molt diferenciades en textura, quantitat de greix, etc., com per exemple les diferents parts de les costelles de xai, es van fer participar en la mostra composta, de manera equilibrada, totes les parts de cada peça individual.
- Es van triturar i homogeneïtzar les mostres amb robots de cuina, i es va tenir cura de tipus analític en la neteja entre mostres per evitar la contaminació encreuada. Es van barrejar i triturar porcions iguals en pes de les parts comestibles de carn i derivats, verdures, tubercles, fruites, ous (batuts), formatges, cereals, llegums, greixos (margarina i mantega) i brioixeria, fins a obtenir una pasta o farina homogènia.
- Es van formar alíquotes en tubs de vidre de laboratori i es van conservar per congelació fins al moment de l'anàlisi.

Les mostres de iogurt, formatges, llet, iogurt de soja, mantega i margarina es van conservar en la seva forma original en cambra freda. Es va formar la mostra composta corresponent just abans de remetre-la al laboratori d'anàlisi.

Els olis es van conservar a temperatura ambient, resguardats de la llum, fins al moment de l'anàlisi, en què es van barrejar volums iguals de cada mostra unitària, es van repartir en les alíquotes corresponents i es va procedir tal com s'ha descrit.

En total es van processar 1.584 mostres individuals d'aliments.

### 3.5 Procediments analítics

Les mostres es van analitzar al Laboratori de l'Agència de Salut Pública de Barcelona. Per determinar la concentració total de la majoria de metalls, a excepció del mercuri, es va dur a terme una digestió de les mostres mitjançant tractament en microones amb àcid nítric concentrat. En concret, 0,5 g de mostra es van processar amb 9 ml d'àcid nítric al 22% i 0,5 ml d'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 30%. Posteriorment, es va procedir a una digestió en microones fins a 200 °C. Finalment, es va afegir aigua purificada a l'extracte fins a un volum final de 30 ml, i es va analitzar per espectrometria de masses amb plasma acoblat inductivament (ICP-MS). Les mostres d'olis i greixos es van sotmetre a una predigestió en microones amb àcid nítric concentrat.

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

L'anàlisi d'arsènic inorgànic en tots els aliments, excepte en mostres de cereals i productes derivats, es va fonamentar en el mètode de Muñoz et al. (1999), el qual es basa en una extracció selectiva emprant tractament àcids a l'inici, seguida d'una extracció amb cloroform i una retroextracció amb àcid clorhídric diluït. La quantificació final també es va fer per ICP-MS.

En el cas de les espècies d'arsènic (arsènic inorgànic) en mostres de cereals i productes derivats, el mètode es va basar en una extracció en microones amb àcid nítric diluït i peròxid d'hidrogen, i en una determinació instrumental per cromatografia de líquids acoblada a ICP-MS (Llorente-Mirandes et al., 2012).

La quantificació es va fer per calibratge extern. En el cas dels mètodes per ICP-MS, es va utilitzar un patró intern per minimitzar els efectes matriu i, en tots els casos, es va treballar amb cel·les de col·lisió per eliminar interferències poliatòmiques i es van emprar sempre isòtops lliures d'interferències isobàriques. En totes les seqüències d'anàlisi es van analitzar de manera paral·lela un blanc de procés per assegurar l'absència de contaminacions, solucions externes de concentració coneguda per confirmar la bondat de la recta de calibratge, solucions patró al final de cada seqüència per assegurar l'absència de deriva instrumental, així com mostres addicionades per controlar contínuament el percentatge correcte de recuperació del mètode.

Per a tots els metalls analitzats, a excepció del As inorgànic en el peix i marisc, el percentatge de recuperació va diferir significativament del 100% (es va avaluar amb l'índex de compatibilitat). En el cas del As inorgànic en productes de la pesca, el percentatge de recuperació va ser del 74%.



### 3.6 Grups de població estudiats

Seguint les condicions marcades en els estudis anteriors, i d'acord amb les directrius de l'OMS (1985), en aquesta edició es van estudiar els mateixos grups d'edat. Aquests grups reflecteixen, del conjunt de la població, aquells que es consideren com a individus estàndard.

En l'estudi actual, com en els tres darrers, es desglossen tots dos sexes en tots els grups d'edat perquè s'adeqüin a l'estructura de les dades de l'Enquesta sobre l'estat nutricional de la població catalana i avaluació dels hàbits alimentaris 2002-2003 (Serra-Majem et al., 2003), en la qual s'observen algunes diferències de consum d'aliments segons el sexe. A la taula 2 es presenten els grups de població estudiats i el pes corporal assumit per a cadascun.

Taula 2. Grups de població, intervals d'edat i pes

Grup	Edat (anys)	Pes corporal (kg)
Nens/nenes	De 4 a 9	24
Nois adolescents	De 10 a 19	56
Noies adolescents	De 10 a 19	53
Homes	De 20 a 65	70
Dones	De 20 a 65	55
Homes més grans de 65	De 65 a 80	65
Dones més grans de 65 anys	De 65 a 80	60

### 3.7 Dades de consum diari d'aliments

En aquest estudi s'han utilitzat les dades de l'Enquesta sobre l'estat nutricional de la població catalana i avaluació dels hàbits alimentaris 2002-2003 (ENCAT 2002-2003). A més, en aquest estudi s'han volgut comparar els resultats de la ingesta d'un home adult amb les dades de consum de l'estudi ENIDE, un estudi d'hàbits alimentaris elaborat en l'àmbit d'Espanya per l'Agència Espanyola de Seguretat Alimentària i Nutrició (AESAN) el 2011. Pel que fa a les dades de nens i nenes de 6 a 9 anys, grup que no es preveu a l'estudi ENCAT, s'han utilitzat les de l'estudi Enkid (1998-2000).

Les dades relatives al consum (g/dia) dels diversos aliments i per als diferents grups d'edat considerats es mostren en les taules 3, 4 i 5. A la figura 1 es presenta la distribució percentual corresponent als aliments consumits per l'home adult.

Taula 3. Consum d'aliments en població infantil d'entre 6 i 9 anys (Enkid)

Grup d'aliments	g/dia	Grup d'aliments	g/dia
<b>Carns</b>	134,7	<b>Derivats lactis</b>	364,8
<b>Verdures</b>	34,33	<b>logurt de soja</b>	108,6
<b>Tubercles</b>	60,20	<b>Cereals</b>	155,9
<b>Fruita</b>	70,84	<b>Llegums</b>	22,29
<b>Ous</b>	196,6	<b>Greixos</b>	31,14
<b>Llet</b>	22,98	<b>Brioixeria</b>	48,25

Taula 4. Consum d'aliments considerats en diferents grups de població (ENCAT)

ALIMENTS	Homes			Dones		
	10-19	20-65	65-80	10-19	20-65	65-80
<b>Total carn i derivats</b>	188,9	171,9	109,1	143,2	122,4	102,8
<b>Total peix i marisc</b>	45,0	67,5	73,3	45,4	65,0	55,6
<b>Total verdures i hortalisses</b>	91,0	159,7	176,2	99,6	182,4	162,5
<b>Total tubercles</b>	81,1	73,1	63,8	71,8	52,8	57,7
<b>Total fruites</b>	110,8	193,6	327,5	119,5	204,3	269,8
<b>Total ous</b>	25,8	31,3	23,5	22,7	23,2	20,2
<b>Total llet</b>	246,6	157,5	192,7	209,9	198,1	210,1
<b>Total derivats làctics</b>	110,0	101,3	71,8	99,8	97,8	77,2
<b>Total iogurt de soja</b>	0,0	1,4	0,0	0,0	0,5	0,0
<b>Total pa i cereals</b>	269,5	225,3	192,7	207,7	156,8	132,6
<b>Total llegums</b>	31,4	30,4	34,0	20,1	25,7	28,9
<b>Total olis i greixos</b>	24,0	27,2	26,6	21,3	24,6	23,7
<b>Total brioixeria</b>	81,7	45,5	22,6	61,0	41,2	26,0
<b>Total considerat</b>	<b>1.306</b>	<b>1.285</b>	<b>1.314</b>	<b>1.122</b>	<b>1.195</b>	<b>1.167</b>
<b>Total analitzat</b>	<b>1.167</b>	<b>1.076</b>	<b>1.093</b>	<b>971</b>	<b>966</b>	<b>904</b>

En g/dia

Taula 5. Consum d'aliments considerats per a un home adult (ENIDE)

Grup d'aliments	Home 20-65 anys
<b>Carns</b>	163,8
<b>Verdures</b>	34,33
<b>Tubercles</b>	60,20
<b>Fruita</b>	70,84
<b>Ous</b>	196,6
<b>Llet</b>	22,98
<b>Derivats lactis</b>	364,8
<b>logurt de soja</b>	108,6
<b>Cereals</b>	155,9
<b>Llegums</b>	22,29
<b>Greixos</b>	31,14
<b>Brioixeria</b>	48,25
<b>Total considerat</b>	<b>1.317</b>
<b>Total analitzat</b>	<b>905</b>

En g/dia

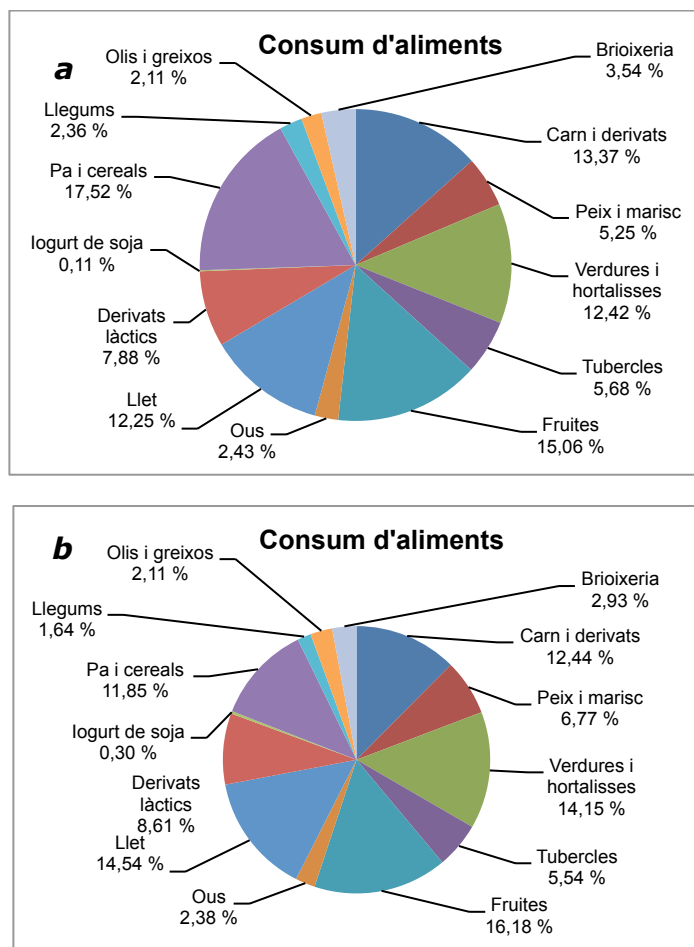


Figura 1. Distribució percentual de la ingesta diària d'aliments en un home adult (<sup>a</sup>ENCAT i <sup>b</sup>ENIDE)

Anàlogament a la campanya anterior, en tots els grups d'edat i de manera no homogènia, hi ha un grup d'aliments presents tant a l'enquesta ENCAT com a ENIDE que queden fora del nostre estudi i al qual anomenem «Altres». Per exemple, dins del grup de carn serien: cansalada i costella de porc crues, ventresca de porc a la graella, peus de porc a la planxa, ànec sencer rostit, colomí sense pell rostit, pit de gall dindi, gallina bullida, guatlla sencera, conill cru o estofat. Per tal de valorar aquest tipus de dada, s'ha calculat el percentatge de representativitat de la nostra selecció prenent com a 100% les dades totals per cada grup d'aliments. Aquestes dades es mostren a les taules 6 i 7.

Taula 6. Representativitat de la selecció d'aliments analitzats, expressada en percentatge sobre el total del grup (ENCAT)

ALIMENTS	Homes			Dones		
	10-19	20-65	65-80	10-19	20-65	65-80
Carn i derivats	93	87	87	91	88	83
Peix i marisc	85	78	76	88	78	70
Vegetals	90	81	79	86	80	70
Tubercles	100	100	100	100	100	100
Fruites	87	83	89	80	77	81
Ous	98	99	97	99	99	100
Llet	98	81	63	88	74	59
Derivats làctics	62	60	73	74	67	78
logurt de soja	—	100	—	—	100	—
Cereals	98	98	98	97	96	97
Llegums	100	94	89	100	95	91
Olis i greixos	100	100	100	100	100	100
Brioixeria	49	31	23	41	33	28

Taula 7. Representativitat de la selecció d'aliments analitzats, expressada en percentatge sobre el total del grup d'homes adults (ENIDE)

ALIMENTS	Homes 20-65 anys
Carn i derivats	61
Peix i marisc	67
Vegetals	74
Tubercles	91
Fruites	69
Ous	97
Llet	76
Derivats làctics	45
logurt de soja	100
Cereals	75
Llegums	96
Olis i greixos	78
Brioixeria	59

Algunes dades del iogurt de soja apareixen en blanc. Això es deu bàsicament al fet que a l'estudi ENCAT 2002-2003 hi havia grups de població que encara no consumien aquest tipus de productes.

### 3.8 Estimació de la ingesta diària d'un contaminant

La ingesta d'un contaminant a través del consum d'aliments es pot calcular si es multiplica la concentració del contaminant en cada aliment individual per la quantitat diària ingerida d'aquest aliment, i se sumen tots els productes obtinguts.

Ingesta diària =  $\Sigma$  (concentració del contaminant  $\times$  quantitat d'aliment ingerit)

O bé, expressat per unitat de pes corporal:

Ingesta diària =  $\Sigma$  (concentració del contaminant  $\times$  quantitat d'aliment) / pes corporal

Cal tenir en compte aquestes aproximacions a l'hora d'avaluar la ingesta diària i fer comparacions entre els quatre estudis, així com respecte a valors corresponents a altres països o regions.

### 3.9 Estimació de resultats inferors al límit de detecció

En el tractament de resultats, en els casos en què un element determinat presentava una concentració per sota del límit de detecció (LOD), es va assumir que la concentració era la meitat del LOD (ND =  $\frac{1}{2}$  LOD), seguint les recomanacions de l'OMS (*medium-bound*). Tanmateix, en el cas específic de les especiacions, tant d'arsènic inorgànic com de metilmercuri, s'ha calculat la ingesta diària en tres possibles escenaris: *lower-bound*, *medium-bound* i *upper-bound*, en què els valors no detectats eren considerats zero,  $\frac{1}{2}$  LOD o LOD, respectivament.

### 3.10 Avaluació del risc

#### 3.10.1 Comparació amb els nivells de seguretat establerts

Per tal d'avaluar la seguretat de la ingesta de cada contaminant, s'estudiaran els valors obtinguts pel càlcul determinista, és a dir, sense tenir en compte la variabilitat de les magnituds considerades, respecte als nivells de seguretat establerts o recomanats, en cas que n'hi hagi.

#### 3.10.2 Avaluació probabilística de l'exposició

Adicionalment a l'avaluació determinística de la ingesta dietètica de cadascun dels elements analitzats, s'ha dut a terme una avaluació probabilística de l'exposició alimentària de la població als diferents contaminants utilitzant les dades de consum de l'estudi ENIDE. S'ha aplicat una aproximació metodològica de tipus Montecarlo per obtenir una estimació fiable de la variabilitat de l'exposició mitjançant l'aplicació informàtica MCRA 7.0 (de Boer i van der Voet, 2011).

L'avaluació de l'exposició de la població als contaminants de la dieta requereix fonamentalment dos tipus de dades, a més del pes corporal: a) concentracions dels

contaminants a tanta varietat d'aliments com sigui possible i b) consum diari d'aquests aliments en la població. Tots dos grups de dades estan afectats per la variabilitat inherent d'aquestes magnituds i per la incertesa derivada del nostre coneixement limitat. Aquestes variabilitats i incerteses de les dades d'origen impliquen variabilitat i incerteses per estimar l'exposició diària mitjana de la població (figura 2).

Les dades de consum d'aliments s'obtenen mitjançant enquestes d'hàbits alimentaris utilitzant diferents tipus de qüestionaris. Els dos tipus d'aproximacions més freqüents i que s'han aplicat en aquest treball són: a) el qüestionari de recordatori a curt termini (24 hores) i b) el qüestionari de freqüència i quantitat de consum. El primer acostuma a ser més exacte i més detallat, però no dona una idea de la variabilitat poblacional. El segon té més error —només permet obtenir dades per «grups d'aliments»—, però permet obtenir directament una aproximació a la variabilitat poblacional. Per això, les dades obtingudes amb qüestionaris de freqüència es poden aplicar gairebé directament en els estudis probabilístics. La corba de distribució de probabilitat de consum s'obté simplement si s'ajusten les dades de consum a una distribució de probabilitat paramètrica, o bé si se simula la distribució amb mètodes no paramètrics. Quan es parteix de les dades d'un qüestionari de recordatori de 24 hores és imprescindible fer alguns tractaments estadístics previs (de Boer et al., 2009; van der Voet i Slob, 2007). La fiabilitat d'aquests tractaments augmenta amb el nombre de repeticions de l'enquesta a un mateix individu, la qual cosa permet separar la variabilitat individual i la interindividual. En aquest estudi s'han utilitzat els resultats de l'enquesta de recordatori de 24 hores d'ENIDE, atès que les dades de l'enquesta de freqüència no s'han fet públiques i els autors les consideren d'una validesa limitada. Les enquestes de 24 hores es van fer per triplicat i permeten una aproximació acceptable de la realitat.

Els detalls de la metodologia aplicada en el programa MCRA es poden consultar a de Boer i van der Voet (2011).

La ingesta diària associada a cadascun dels N individus-dia es calcula com a:

$$\text{Ingesta diària} = \Sigma (\text{concentració en l'aliment} \times \text{consum diari de l'aliment}) / \text{pes corporal}$$

La suma s'estén a tots els aliments considerats a l'enquesta dels quals es disposa de dades analítiques específiques o extrapolades a partir de les obtingudes en aliments «similars».

A partir d'aquí, el programa MCRA permet diverses opcions per tal de «separar» i «ajustar» la distribució de probabilitat en dos termes associats a la variabilitat interindividual i a la variabilitat individual. Per defecte, s'ha aplicat l'opció BBN, desenvolupada específicament pels autors del programa (de Boer et al., 2009). En tots els casos, els resultats s'han comparat amb els obtinguts amb el model ISUF (semiparamètric), també implementat a MCRA. Els resultats obtinguts amb tots dos mètodes han estat força similars.

Com a resultat, el programa calcula la distribució, en forma de selecció de percentils, de l'exposició diària ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  de pes corporal [PC]/dia) al contaminant (taula 8):

Taula 8. Resultat del programa d'exposició

Percentil	Exposició $\mu\text{g X/kg de PC/dia}$
p50	0,214
p90	0,276
p95	0,296
p99	0,335

Aquests resultats s'interpreten, per exemple, com que el 50% de la població està exposada a una dosi diària inferior a  $0,214 \mu\text{g/kg de PC/dia}$ , o que un 1% de la població (100-p99) està exposada a dosis diàries superiors a  $0,335 \mu\text{g/kg de PC/dia}$ .

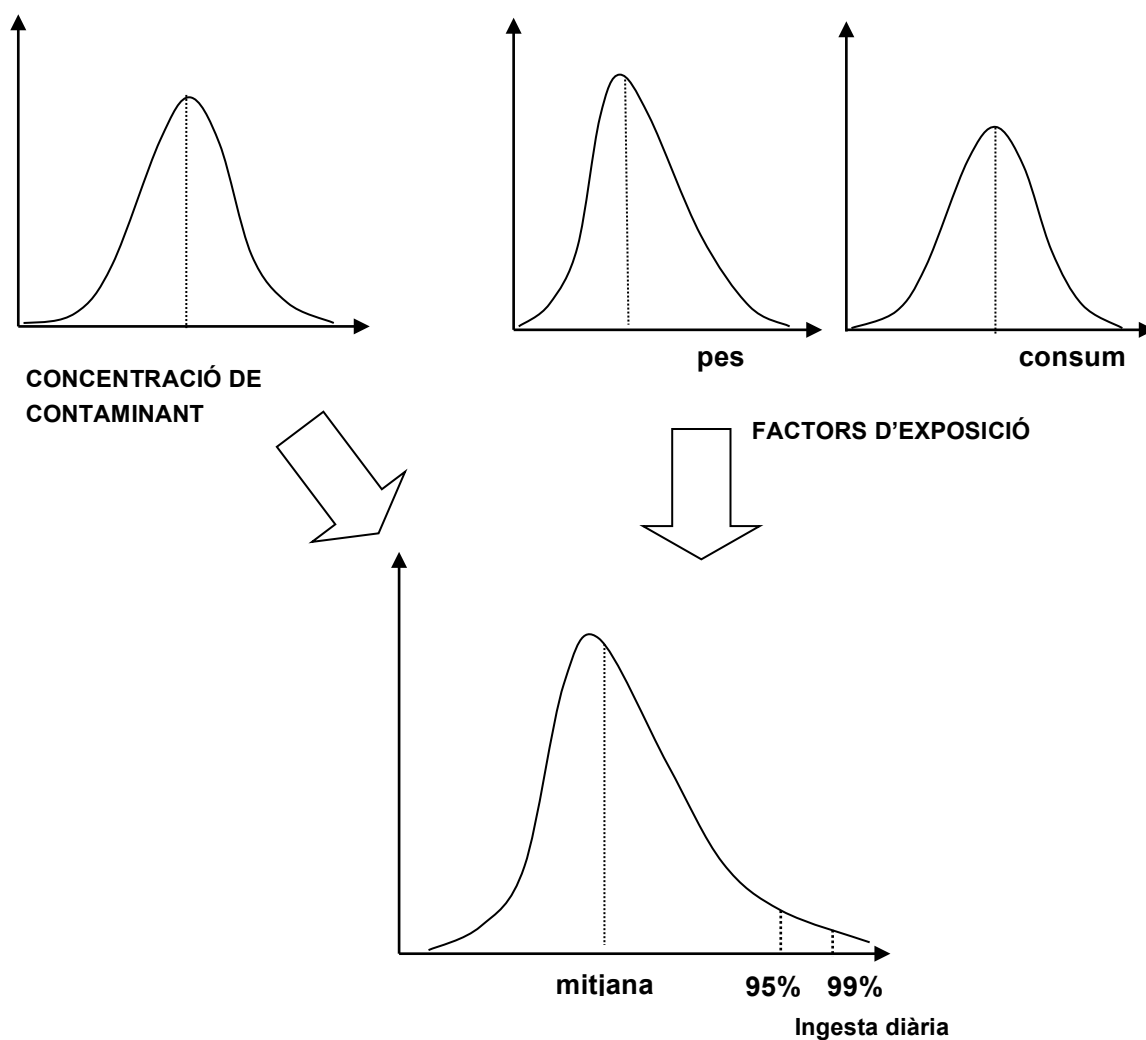


Figura 2. L'estimació probabilística de la ingesta permet obtenir dades de la variabilitat poblacional d'aquesta ingesta; a més de l'exposició mitjana, podem conèixer el percentatge de població que està per sobre d'un determinat nivell d'ingesta diària.

## Estimació de la incertesa

Qualsevol avaluació de l'exposició alimentària presenta incerteses de diverses fonts i tipus. L'EFSA en recomana fer una estimació gradual (*tiered*) (EFSA, 2006). En primer lloc, cal identificar els principals dèficits de coneixement que poden ser causa d'incertesa i fer una estimació qualitativa de com poden afectar els resultats (magnitud i direcció) de l'estimació de l'exposició (*tier 1*). Posteriorment, es fa una avaluació determinística de l'impacte individual de les principals fonts/tipus d'incertesa en l'avaluació d'exposició (anàlisi de sensibilitat; *tier 2*). Finalment, es duu a terme una avaluació probabilística de la incertesa global, considerant tots els factors pels quals s'ha demostrat una major sensibilitat (*tier 3*). A la taula 9 es mostra un quadre resum de les incerteses principals en el nivell de *tier 1*, algunes de les quals no s'han considerat en aquesta anàlisi (ambigüïtats o imprecisions) en la definició d'objectius, escenaris i models o els múltiples errors possibles durant l'elaboració de l'estudi.

Taula 9. Fonts i tipus d'incertesa. Es mostra l'efecte esperat sobre l'estimació de la mitjana i de la variabilitat poblacional

Font d'incertesa	Tipus d'incertesa	Comentaris	Efecte	Efecte
<b>Objectius de</b>	Ambigüïtat, imprecisió	NC		
<b>Escenari d'exposició</b>	Ambigüïtat, imprecisió	NC		
	Extrapolació	Canvis d'hàbits alimentaris	+/-	--
	Factors exclosos	Aliments no considerats	+/-	+/-
<b>Model d'exposició</b>	Ambigüïtat, imprecisió	NC		
	Estructura del model	Aproximacions 1 a 5	+/-	+/-
	Extrapolació	NC		
	Factors exclosos	Biodisponibilitat	++	-
<b>Inputs del model</b>				
	Pes corporal	Vegeu el text	+/-	-
	Consum	Precisió, errors enquestes	+++/-	++/-
	Concentracions	Precisió, límits de detecció.	++/-	
	Composició	Precisió, errors enquestes.	+++/-	---
<b>Rendiment de</b>	Errors diversos	NC		

Mitjançant el programa MCRA, es pot fer una aproximació probabilística considerant les incerteses en les dades de consum i en les dades de concentració. El mètode emprat consisteix a fer remostreigs d'aquests dos tipus de dades mitjançant una tècnica de *bootstrapping*. El resultat s'expressa a la taula 10.



Taula 10. Aproximació probabilística amb MCRA

Percentil	Exposició µg X/kg de PC/dia	Grau d'incertesa			
		0,025	0,250	0,750	0,975
p50	0,214	0,180	0,196	0,224	0,268
p75	0,250	0,200	0,220	0,255	0,305
p90	0,276	0,222	0,250	0,289	0,346
p95	0,296	0,234	0,266	0,314	0,387
p99	0,335	0,256	0,294	0,369	0,469

En aquest cas, es pot interpretar que, per exemple, un 10% de la població està exposada a dosis diàries superiors a 0,276 µg X/kg de PC/dia, però que, a causa de les incerteses associades a les dades de consum i a les dades de concentració, aquest valor podria oscil·lar entre 0,222 i 0,346 (IC del 95%).

Si suposem que la dosi de referència (per exemple, la ingesta diària acceptable, IDA) de la substància X és 0,3 µg X/kg de PC/dia, els resultats de la taula indiquen que aproximadament un 5% de la població està exposada a dosis diàries superiors al valor de referència però que, a causa de les incerteses aquesta fracció de població que supera l'exposició acceptable, pot ser de fins a un 25%, aproximadament, en el pitjor dels casos.

Una incertesa addicional que es considera independent és l'associada al tractament dels no detectats. En aquest cas, s'han fet avaluacions probabilístiques independents considerant les dues situacions extremes: lower-bound (ND = 0) i upper-bound (ND = LOD).

### 3.11 Evolució temporal

Es va fer un estudi temporal específic de l'exposició dietètica dels metalls estudiats, en què es va avaluar la tendència observada en els quatre períodes de temps. Cal tenir en compte que les dades de l'estudi del 2000 són difícils de comparar amb les dels tres darrers per diverses raons, com ara la variació en les dades de consum alimentari emprades entre el primer i els estudis subsegüents o bé la incorporació d'aliments addicionals als grups en què calia millorar-ne la representativitat.



# 4 Arsènic

L'arsènic és un metal·loide molt abundant en el sòl, amb una mitjana de 2 mg/kg, és molt present en determinades zones deltaïques. La presència en l'ambient es pot incrementar a partir d'emissions industrials per produir energia amb combustibles fòssils o per fabricar productes químics. És present en diferents formes químiques, orgàniques i inorgàniques, i en tots els seus estats de valència [(-3), (0), (+3) i (+5)], tot i que la més abundant en els organismes i els aliments és la forma pentavalent, ja que és la més estable en condicions ambientals normals. La forma química de l'arsènic en determina el comportament en el medi ambient, la biodisponibilitat i la toxicitat. La forma més tòxica és la trivalent, la qual és molt reactiva amb el grup sulfúric de les proteïnes i genera oxigen lliure dins de les cèl·lules (EFSA, 1 2009).

Les formes inorgàniques solubles, pentavalents i trivalents, s'absorbeixen entre un 70% i un 90% per via intestinal. Es distribueix àmpliament per gairebé tots els òrgans i travessa la barrera placentària. Els mamífers transformen l'arsènic inorgànic pentavalent en trivalent i després l'excreten principalment en forma orgànica per metilació (EFSA, 2009).

En contrast, les formes orgàniques, que s'absorbeixen en un 75-85% per via oral, tenen un metabolisme intracel·lular limitat, amb l'excepció dels arsenosucres, i s'excreten per l'orina majoritàriament sense transformar (FDA, 2 2013).

L'Agència Internacional de Recerca sobre el Càncer (IARC) ha avaluat diverses vegades els efectes de l'arsènic inorgànic. En la darrera avaluació de 2012,<sup>3</sup> la IARC va arribar a la conclusió que hi havia prou evidències en humans per determinar que l'arsènic elemental i els compostos d'arsènic inorgànic provoquen càncer de bufeta urinària, pell i pulmó i, a més, que hi ha una associació positiva amb càncer de pròstata, ronyó i fetge. L'arsènic elemental i tots els compostos d'arsènic inorgànic estan classificats en el grup 1 com a cancerígens per als humans. Els efectes cancerígens són indirectes, a través de la formació de compostos d'oxigen molt reactius que ataquen l'ADN i de sinergies amb altres compostos mutàgens.

D'acord amb les dades relatives al càncer de pulmó, pell i bufeta urinària en humans, el 2009 l'EFSA va proposar utilitzar com a referència el límit més baix del percentil 95% de la dosi experimental que s'associa a un 1% d'incidència o risc addicional (BMDL01) i que s'estableix en un interval de 0,3 a 8,0 µg/kg de PC/dia.

<sup>1</sup> [Scientific opinion on arsenic in food](#). EFSA, 2009.

<sup>2</sup> [A quantitative assessment of inorganic arsenic in apple juice](#). Food and Drug Administration. Draft report, 1 July 2013.

<sup>3</sup> [Arsenic and arsenic compounds](#). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 100c, 2012.

Taula 4.1. Resum dels punts de referència potencials per a l'arsènic inorgànic (EFSA, 2009)

Punt final	Població	Punt de referència (µg/kg de PC/dia)
Lesions dèrmiques	Bangladesh (2006)	BMDL <sub>01</sub> : 2,2-5,7
Lesions dèrmiques	Mongòlia (2009)	BMDL <sub>01</sub> : 0,93-3,7
Càncer de pulmó	Xile (2000)	BMDL <sub>01</sub> : 0,34-0,69
Càncer de la bufeta	Nord-oest de Taiwan (2001)	BMDL <sub>01</sub> : 3,2-7,5

Font: AFSCA<sup>4</sup>

El 2010, el Comitè Mixt FAO/OMS d'Experts en Additius Alimentaris i Contaminants (JECFA) va establir una BMDL<sub>0,5</sub> de 3 µg/kg de PC/dia (amb un interval d'entre 2 i 7 µg/kg de PC/dia).

A més de càncer, l'exposició crònica a una ingesta d'arsènic inorgànic igual o superior a 0,02 mg/kg de PC/dia causa lesions cutànies, neurotoxicitat, malalties cardiovasculars, malalties del sistema respiratori, impactes negatius sobre el desenvolupament del fetus i els infants, alteració del metabolisme de la glucosa i diabetis (FDA, 2013; EFSA, 2009).

En els aliments es poden trobar formes inorgàniques i orgàniques. Les dades d'especiació en aliments són escasses i poc representatives. Així, la proporció d'arsènic inorgànic varia entre el 50% i el 100% en els aliments diferents dels productes de la pesca i s'assumeix una proporció mitjana del 70%. Per als productes de la pesca aquesta proporció és molt petita i tendeix a disminuir quan l'arsènic total augmenta. A més pot variar depenent del tipus de producte pesquer. Per al peix s'ha fixat una quantitat d'arsènic inorgànic de 0,03 mg/kg, equivalent a un 2% de la concentració d'arsènic total detectada, i de 0,1 mg/kg per a altres productes de la pesca, equivalent a un 3,5% de la concentració detectada (EFSA, 2009).

Les formes orgàniques es consideren menys tòxiques que les inorgàniques. Hi ha estudis d'exposició oral a l'arsenat de dimetil (DMA+5) en animals d'experimentació que han demostrat efectes nocius sobre la bufeta urinària, els ronyons, la tiroide i sobre el desenvolupament fetal (EFSA, 2009). La IARC (2012) considera que hi ha indicis suficients de carcinogenicitat del DMA+5 i del DMA+3 en animals d'experimentació. Es

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

desconeix la toxicitat d'aquests compostos per als humans, perquè no hi ha estudis d'exposició oral crònica sobre persones (FDA, 2013).

En els peixos marins, les formes orgàniques predominants són l'arsenobetaïna i, en els peixos blaus, a més, els arsenolípid. En les algues marines i en els mol·luscs filtradors les formes predominants són els arsenosucres. Sembla que aquests compostos, llevat de l'arsenobetaïna, tenen alguna activitat tòxica, atès que el cos humà els transforma en DMA, i desenvolupen compostos arsènic intermedis solubles que podrien tenir una toxicitat similar als produïts durant la transformació de l'arsènic inorgànic. No s'ha establert una ingesta diària admissible de les formes orgàniques perquè no hi ha prou dades de biodisponibilitat, cinètica, metabolisme i toxicitat (Sele V.,5 2012; EFSA, 2009).

Els efectes tòxics de l'exposició a l'arsènic estan documentats principalment a partir d'efectes observats en adults. No obstant això, molts estudis epidemiològics sobre els efectes cancerígens de l'arsènic en els adults indiquen que el risc de càncer de pulmó i de fetge en els adults augmenta a causa d'una exposició durant l'embaràs i la infància (IARC, 2012). Particularment, un estudi de cohorts ecològic d'una població de Xile que va estar exposada a concentracions d'arsènic elevades durant 12 anys, va mostrar nivells elevats de càncer de pulmó i del tracte urinari que van arribar al pic màxim 25 anys després que s'eliminés l'exposició (FDA, 2013).

L'arròs sembla que és l'aliment que acumula arsènic d'una manera més eficient. S'han detectat concentracions de fins a 160 µg/kg d'arsènic inorgànic en arrossos de zones de cultiu que utilitzaven aigua subterrània que no estava contaminada amb arsènic. Alguns estudis indiquen que l'arsènic inorgànic és el compost predominant en l'arròs, que oscil·la entre un 40% i el 100% de tot l'arsènic, independentment de la varietat i zona geogràfica (NFAS, 2013).<sup>6</sup> L'FDA<sup>7</sup> està avaluant el risc del contingut d'arsènic en l'arròs i els productes derivats en el mercat nord-americà per establir continguts màxims, si escau, tal com ha fet per al suc de poma (10 µg/kg). Un estudi preliminar de 200 mostres indica que l'arròs acumula principalment arsènic inorgànic, però que algunes vegades també acumula grans quantitats d'arsènic orgànic, particularment, DMA.<sup>8</sup> L'avaluació final està prevista per al 2014.

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

<sup>6</sup> **Contaminants and minerals in foods for infants and young children. Part 2: risk and benefit assessment.** National Food Agency of Sweden, 2013.

<sup>7</sup> **Arsenic on food.** Food and Drug Administration, 2013.

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

Les verdures i hortalisses també n'acumulen, però especialment si es cultiven amb aigua rica en arsènic. El contingut d'arsènic inorgànic sobre el total pot variar entre un 30-100% en el cas de les arrels i entre un 70-100% en el cas de les fulles (NFAS, 2013).

L'Autoritat Europea de Seguretat Alimentària (EFSA) va avaluar l'exposició dietètica a l'arsènic inorgànic en la població europea<sup>9</sup> el 2014. L'estudi ha recopilat 103.773 mostres, de les quals només 2.753 eren d'arsènic inorgànic. De les mostres d'arsènic total un 66% va donar un resultat per sota del límit de detecció o quantificació, i de les mostres d'arsènic inorgànic, un 42% va donar un resultat per sota del límit de detecció de 2ppm. El pa i els productes derivats dels cereals (llevat de l'arròs) són els principals aliments que contribueixen a l'exposició de la població europea entre els 4 i els 75 anys. Un altre aliment aportador és l'arròs, el qual és el producte vegetal amb les concentracions mitjanes més altes (fins a 153 µg/kg en arròs integral). La llet i derivats i l'aigua són altres aliments aportadors, més pel fet del seu elevat consum que per les concentracions mitjanes detectades, que són en general pròximes al límit de detecció.

## 4.1 Resultats

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

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

<sup>9</sup> [Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population](#). EFSA, 2014.

No s'ha detectat arsènic total ni inorgànic en els següents grups d'aliments: tubercles, ous, llet, derivats làctics, iogurt de soja, i olis i greixos. En el cas de la carn i derivats, totes les mostres han presentat valors de As total per sota del límit de detecció, a excepció del xoriço.

A més, els nostres resultats indiquen que el percentatge de As inorgànic respecte al As total en els grups d'aliments diferents dels productes de la pesca es troba en el interval del 50-100% estimat per l'EFSA, llevat del grup de pa i cereals (15%). Si del grup de pa i cereals eliminem l'arròs, el percentatge seria del 68,57% (Taula 2).

Taula 2. Concentració d'arsènic total i inorgànic en els aliments. Mitjana de valors

	As total	As inorgànic	% As inorgànic
<b>Carn i derivats</b>	0,001	< 0,002	—
<b>Peix i marisc</b>	3,235	0,017	0,5
<b>Verdures i hortalisses</b>	0,002	0,002	98
<b>Tubercles</b>	< 0,002	< 0,002	—
<b>Fruïtes</b>	0,002	0,001	50
<b>Ous</b>	< 0,002	< 0,002	—
<b>Llet</b>	< 0,002	< 0,002	—
<b>Derivats làctics</b>	< 0,002	< 0,002	—
<b>*iogurt de soja</b>	< 0,002	< 0,002	—
<b>Pa i cereals</b>	0,045	0,007	15
<b>Llegums</b>	0,003	0,002	66
<b>Olis i greixos</b>	< 0,002	< 0,002	—
<b>Brioixeria</b>	0,013	0,011	87

En µg/g de pes fresc.

\* iogurt de soja calculat a banda perquè no es considera un làctic.

Per al grup de peix i marisc els valors obtinguts d'As inorgànic són bastant inferiors a als valors màxims fixats per l'EFSA de 0,03mg/kg per al peix i 0,1mg/kg per al marisc, utilitzats en els estudis de dieta total anteriors per inferir la concentració d'As inorgànic a partir de la de l'As total, llevat de la sardina i del verat (Taula 3). Es destaca que la concentració d'As inorgànic en llenguado, sípia i calamar és inferior al límit de detecció.

Taula 3. Concentració d'arsènic total i inorgànic en el grup de peix i marisc estudiat. Mitjana de valors

Peix i marisc		InAs	% As inorgànic
Sardina	3,806	0,039	1,02
Sardina en conserva	2,308	0,020	0,86
Tonyina	0,944	0,004	0,46
Tonyina en conserva	0,578	0,005	0,86
Seitó	4,567	0,010	0,22
Verat	1,631	0,032	1,99
Emperador	2,187	0,009	0,42
Salmó	0,442	0,003	0,73
Lluç	2,846	0,003	0,10
Moll	8,665	0,012	0,14
Llenguado	6,310	< 0,002	—
Sípia	4,660	< 0,002	—
Calamar	1,985	< 0,002	—
Cloïssa	3,645	0,063	1,74
Musclo	2,511	0,048	1,89
Gamba	4,685	0,020	0,42

*En µg/g de pes fresc.*

Els valors de la taula 13 són similars als que ha obtingut l'EFSA en la seva avaluació de 2014.

## 4.2 Contribució dels aliments a la ingesta d'arsènic

La ingesta diària d'arsènic total per a un home adult s'ha estimat en 216,7 µg/dia i 259 µg/dia (taules 4 i 5), en què el peix i marisc és el principal contribuent (95%), seguit del pa i cereals (5%). La contribució de la resta d'aliments és minoritària.

La ingesta de As inorgànic s'ha estimat en 2,56, 3,48 i 4,42 µg/dia (lower-, medium- i upper-bound, respectivament). En l'escenari de treball intermedi (medium-bound), un 47,5% de la ingesta de As inorgànic prové del grup de pa i cereals, i un 16% del peix i marisc, segons les dades de consum de l'estudi ENCAT; si s'utilitzen les dades de l'estudi ENIDE (figura 1), un 29,86% prové del peix i marisc, i un 32,99% del pa i cereals. Pel que fa a l'aportació del pa i cereals, la contribució més remarcable és la del pa blanc (0,80 µg/dia), seguit de la pasta alimentària (0,71 µg/dia). En peix, l'aportació més important és deguda a la sardina, la gamba i el musclo (0,11, 0,07 i 0,05 µg/dia, respectivament). Per contra, les espècies amb una menor contribució són l'emperador i el calamar (0,001 i 0,003 µg/dia, respectivament). Si considerem les dades de consum de l'estudi ENIDE, la ingesta de As inorgànic s'ha estimat en 2,45, 3,46 i 4,49 µg/dia (lower-, medium- i upper-bound, respectivament).



A les taules 4 i 5 es presenta un resum de la ingesta per grups d'aliments.

Taula 4. Ingesta diària estimada d'arsènic total i arsènic inorgànic en un home adult, per grups d'aliments (ENCAT)

Aliments	Consum g/dia	Ingesta de As µg/dia	Ingesta de As µg/dia	Ingesta de As µg/dia	Ingesta de As µg/dia
Carns i derivats	171,9	0,21	0,00	0,17	0,34
Peix i marisc	67,5	205,5	0,56	0,56	0,58
Verdures i hortalisses	159,7	0,21	0,06	0,21	0,35
Tubercles	73,1	0,07	0,00	0,07	0,15
Fruïtes	193,6	0,21	0,02	0,21	0,40
Ous	31,3	0,03	0,00	0,03	0,06
Llet	157,5	0,16	0,00	0,16	0,31
Derivats làctics	101,3	0,10	0,00	0,10	0,20
logurt de soja	1,4	0,001	0,00	0,001	0,003
Pa i cereals	225,3	9,90	1,65	1,65	1,65
Llegums	30,4	0,08	0,03	0,05	0,07
Olis i greixos	27,2	0,03	0,00	0,03	0,05
Brioixeria	45,5	0,30	0,24	0,24	0,24
<b>TOTAL aliments</b>	<b>1.285</b>	<b>216,8</b>	<b>2,56</b>	<b>3,48</b>	<b>4,42</b>

\* Medium-bound (suposant que la concentració dels no detectats és una meitat del límit de detecció).

Taula 5. Ingesta diària estimada d'arsènic total i arsènic inorgànic en un home adult, per grups d'aliments (ENIDE)

Aliments	Consum g/dia	Ingesta de As µg/dia	Ingesta de As µg/dia	Ingesta de As µg/dia	Ingesta de As µg/dia
Carns i derivats	163,8	0,20	0,00	0,16	0,33
Peix i marisc	89,2	252,4	1,03	1,03	1,06
Verdures i hortalisses	186,4	0,25	0,07	0,24	0,41
Tubercles	73,0	0,07	0,00	0,07	0,15
Fruïtes	213,0	0,23	0,02	0,23	0,44
Ous	31,4	0,03	0,00	0,03	0,06
Llet	191,5	0,19	0,00	0,19	0,38
Derivats làctics	113,4	0,11	0,00	0,11	0,23
logurt de soja	4,0	0,004	0,00	0,004	0,008
Pa i cereals	156,0	5,26	1,14	1,14	1,14
Llegums	21,7	0,06	0,02	0,04	0,05
Olis i greixos	34,9	0,03	0,00	0,03	0,07
Brioixeria	38,6	0,22	0,17	0,17	0,17
<b>TOTAL aliments</b>	<b>1.317</b>	<b>259,0</b>	<b>2,45</b>	<b>3,46</b>	<b>4,49</b>

\* Medium-bound (suposant que la concentració dels no detectats és una meitat del límit de detecció).

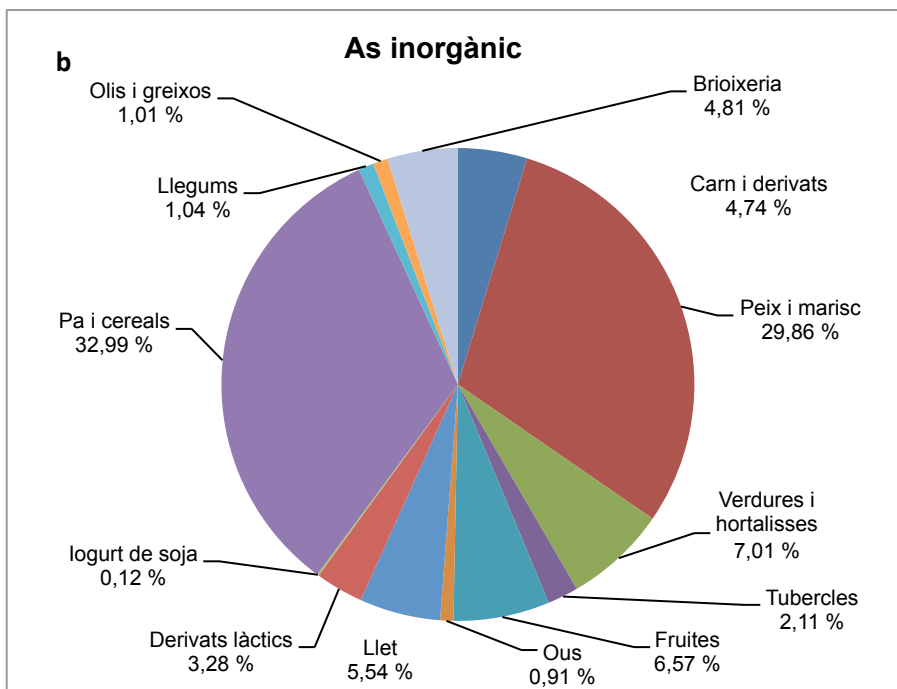
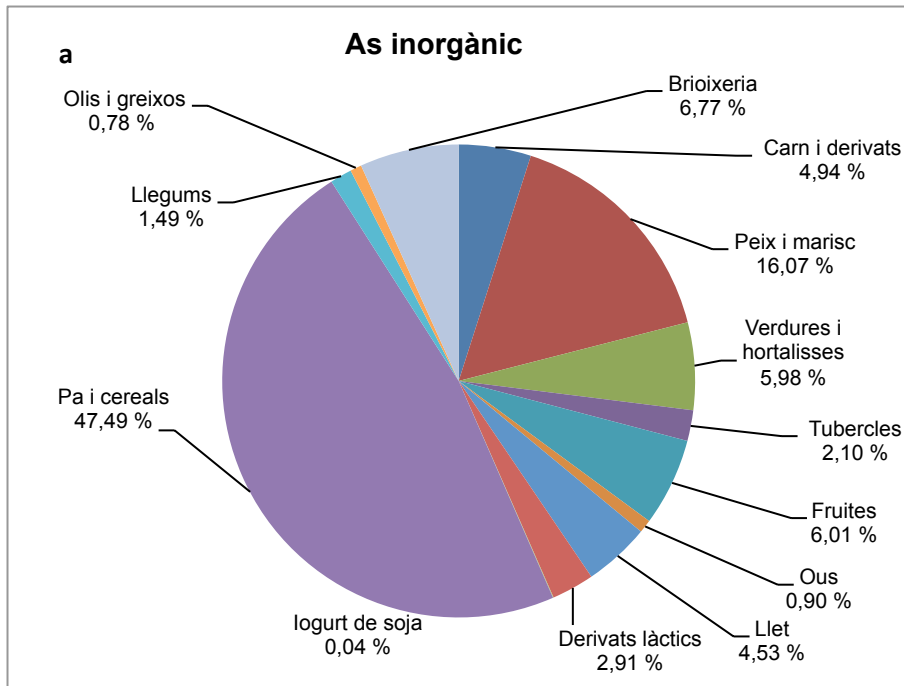


Figura 1. Contribució del tipus d'aliment a la ingesta diària d'arsènic inorgànic per un home adult. <sup>a</sup>ENCAT i <sup>b</sup>ENIDE

### 4.3 Ingesta diària per grups de població

La taula 6 mostra la ingesta diària estimada d'arsènic total i arsènic inorgànic per als diferents grups de població, segons edat i sexe.

Taula 6. Ingesta diària estimada d'arsènic dels diferents grups de població

Grup de població	Ingesta d'arsènic total*	Ingesta d'arsènic inorgànic*
<b>Nens/nenes</b>	120,0	3,37
<b>Nois adolescents</b>	152,6	4,12
<b>Noies adolescents</b>	132,2	3,23
<b>Homes</b>	216,8	3,48
<b>Dones</b>	204,9	3,08
<b>Homes més grans de 65 anys</b>	241,7	3,29
<b>Dones més grans de 65 anys</b>	191,9	2,79

En  $\mu\text{g}/\text{dia}$

\* Medium-bound.

El grup que presenta una ingesta diària més elevada d'arsènic total és el dels homes més grans de 65 anys (241,7  $\mu\text{g}/\text{dia}$ ), mentre que d'arsènic inorgànic els nois adolescents (4,12  $\mu\text{g}/\text{dia}$ ).

## 4.4 Avaluació del risc

### 4.4.1 Comparació amb els nivells de seguretat establerts

A la figura 2 es presenta la ingesta diària estimada setmanal d'arsènic inorgànic pel consum dels aliments considerats, en els diferents grups de població, expressada en funció del pes corporal.

Els valors d'ingesta calculats per a tots els grups de població catalana es troben en aquest interval, o fins i tot per sota (taula 7). L'exposició dietètica dels nens i nenes és superior a la dels adults, atès que durant la infància consumeixen una quantitat més gran d'aliments en relació amb el seu pes corporal.

Taula 7. Ingesta diària d'arsènic inorgànic en relació amb el pes corporal

Grup de població	Ingesta d'arsènic <sup>1</sup>
Nens/nenes	0,140
Nois adolescents	0,074
Noies adolescents	0,061
Homes	0,050
Dones	0,056
Homes més grans de 65 anys	0,051
Dones més grans de 65 anys	0,046

<sup>1</sup> µg/pes corporal i dia.

Per al As inorgànic, l'EFSA proposa utilitzar com a referència el límit baix del percentil 95% de la dosi experimental que produeix un 1% d'efecte (BMDL01) i que s'estableix en 0,3 µg/kg/dia (0,3-8,0 µg/kg/dia).

L'avaluació del risc s'ha dut a terme seguint les recomanacions de l'EFSA per a l'exposició a aquest tipus de substàncies que presenten efectes genotòxics i carcinògens utilitzant el marge d'exposició o MOE (*margin of exposure*). El MOE és un quocient del risc i es calcula dividint la BMDL01 entre la dosi que es vol avaluar. Per tant, en una situació concreta és desitjable un valor de MOE tan alt com sigui possible.

Com es pot comprovar en la taula 8, si es considera que els efectes es poden produir en el límit alt de la BMDL01, es pot descartar que hi hagi un risc per a la població general (MOE > 1). El mateix passa si es considera que els efectes es poden produir en el límit baix de la BMDL01 on es pot descartar la possibilitat d'un risc, atès que els valors d'ingesta per a tots els grups no superen el límit baix de la BMDL01 (MOE > 1).

Taula 8. Marges d'exposició (MOE) per a l'arsènic inorgànic en els diferents grups de població

BMDL <sub>01</sub> µg/kg/dia	Homes	Dones	Nens/nenes	Nois adolescents	Noies adolescents	Homes més grans de 65 anys	Dones més grans de 65 anys
Límit baix: 0,3	6,03	5,35	2,14	4,07	4,93	5,93	6,46
Límit alt: 8	160,91	142,77	57,01	108,61	131,37	158,23	172,15

Considerant les concentracions mínimes i màximes detectades, l'EFSA va estimar el 2014 l'exposició mitjana dels ciutadans europeus al As inorgànic, entre els 4-75 anys, en un interval d'entre 0,09 i 0,87µg/kg/dia (percentil 95% de 0,14 i 1,41µg/kg/dia). Aquesta exposició és superior a l'estimada en aquest estudi per a la població catalana, on trobem un interval d'ingesta de As inorgànic entre 0,05 i 0,14µg/kg/dia.

#### 4.4.2 Avaluació probabilística de l'exposició

La taula 9 presenta els resultats de l'avaluació probabilística de l'exposició a l'arsènic total a través de la dieta. Les variacions associades al tractament dels no detectats i les diferències entre sexes són poc destacables.

Taula 9. Percentils d'ingesta relativa (µg/kg de PC/dia) d'arsènic total per grups de població

Percentils	Població general ND = 0	Població general ND = LOD	Home ND = 0	Dona ND = 0
p50	3,40	3,31	3,36	3,44
p90	4,96	5,32	4,94	4,96
p95	5,54	6,07	5,55	5,50
p99	6,64	7,38	6,75	6,56

En el cas del As inorgànic, s'han considerat per separat els dos escenaris de treball: *lower-bound* (taules 9a i 9b) i *upper-bound* (taules 10a i 10b).

Taula 9a. Percentils d'ingesta relativa d'arsènic inorgànic (µg/kg de PC/dia) per a la població general segons els diferents graus d'incertesa considerant ND = 0

Percentil	Exposició	Grau d'incertesa			
		0,025	0,250	0,750	0,975
p50	0,038	0,035	0,037	0,040	0,041
p90	0,063	0,058	0,061	0,067	0,070
p95	0,074	0,067	0,070	0,076	0,082
p99	0,099	0,088	0,093	0,101	0,111

Taula 9b. Percentils d'ingesta relativa d'arsènic inorgànic ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  de PC/dia) per grups de població segons el sexe i els diferents graus d'incertesa considerant ND = 0

Percentil	Exposició	Home				Dona				
		Grau d'incertesa				Grau d'incertesa				
		0,02	0,25	0,750	0,975					
p50	0,040	0,035	0,038	0,041	0,042	0,037	0,034	0,035	0,038	0,040
p90	0,067	0,061	0,065	0,069	0,072	0,061	0,056	0,058	0,063	0,066
p95	0,078	0,070	0,075	0,081	0,085	0,069	0,063	0,066	0,071	0,075
p99	0,105	0,092	0,102	0,110	0,119	0,089	0,081	0,086	0,093	0,098

Taula 10a. Percentils d'ingesta relativa d'arsènic inorgànic ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  de PC/dia) per a la població general segons els diferents graus d'incertesa considerant ND = LOD

Percentil	Exposició	Grau d'incertesa			
		0,025	0,250	0,750	0,975
p50	0,066	0,063	0,065	0,067	0,069
p90	0,101	0,096	0,100	0,103	0,108
p95	0,114	0,107	0,111	0,116	0,123
p99	0,153	0,139	0,149	0,155	0,166

Taula 10b. Percentils d'ingesta relativa d'arsènic inorgànic ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  de PC/dia) per grups de població segons el sexe i els diferents graus d'incertesa considerant ND = LOD

Percentil	Exposició	Home				Dona				
		Grau d'incertesa				Grau d'incertesa				
		0,025	0,250	0,750	0,975					
p50	0,066	0,063	0,065	0,066	0,068	0,066	0,063	0,065	0,067	0,070
p90	0,103	0,100	0,102	0,104	0,108	0,099	0,093	0,098	0,101	0,104
p95	0,115	0,110	0,113	0,117	0,124	0,112	0,104	0,110	0,115	0,119
p99	0,158	0,145	0,152	0,163	0,171	0,148	0,135	0,142	0,151	0,159

S'han trobat diferències substancials en funció del tractament dels no detectats (taules 9a i 10a) a conseqüència del fet que molts aliments amb alt consum (carns, fruites, verdures, etc.) presenten concentracions de As inorgànic indetectables.

Pel que fa a la diferència entre sexes, en termes generals, els homes ingereixen una quantitat més gran d'arsènic inorgànic a través de la dieta, i les diferències són més apreciables quan es consideren els no detectats com a zero (taula 9b). En qualsevol cas,

i fins i tot tenint en compte el percentil 99 i el grau d'incertesa més elevat, l'exposició diària està per sota del valor recomanat (0,3 µg/kg de PC/dia).

## 4.5 Evolució temporal

### 4.5.1 Concentració

La taula 11 mostra la variació temporal en la concentració de As total en els diversos grups d'aliments. Aquesta variació és petita ja que no s'observa un canvi en la magnitud.

Taula 11. Variació temporal de As total en els grups d'aliments

	2000	2005	2008	2012
<b>Carns i derivats</b>	0,02	0,05	0,013	0,001
<b>Peix i marisc</b>	2,21	4,39	5,41	3,24
<b>Verdures i hortalisses</b>	0,002	0,010	0,019	0,002
<b>Tubercles</b>	0,013	0,010	0,013	< 0,002
<b>Fruita</b>	0,002	0,010	0,013	0,002
<b>Ous</b>	0,002	0,010	0,013	< 0,002
<b>Llet</b>	0,006	0,004	0,013	< 0,002
<b>Derivats làctics</b>	0,023	0,003	0,026	< 0,002
<b>logurt de soja</b>	—	—	—	< 0,002
<b>Pa i cereals</b>	0,042	0,06	0,061	0,045
<b>Llegums</b>	0,002	0,003	0,013	0,003
<b>Olis i greixos</b>	0,092	0,010	0,013	< 0,002
<b>Brioixeria</b>	—	0,004	0,013	0,013

*En µg/g de pes fresc.*

### 4.5.2 Ingesta

A la taula 12 s'observa la variació en la ingesta diària de As total i As inorgànic entre els estudis de 2000 i 2012, per a un home adult. En el còmput global, la ingesta diària calculada d'As inorgànic ha estat notablement inferior a la de la resta d'estudis. En aquest estudi, s'ha determinat la concentració d'arsènic inorgànic i la ingesta s'ha calculat mitjançant la concentració de cada aliment. En canvi, anteriorment els valors d'arsènic inorgànic s'obtenien a partir d'estimacions bibliogràfiques o de les estimades per organismes internacionals com l'EFSA.

Taula 12. Variacions en la ingesta diària de As total i As inorgànic

	Consum		Ingesta de As total**				Ingesta de As inorgànic**			
	g/dia		µg/dia				µg/dia			
	2000	ENCAT 2003	2000	2005	2008	2012	2000	2005	2008	2012
Carn i derivats	185	171,9	3,70	0,86	2,30	0,21	3,70	0,60	1,61	0,17
Peix i marisc	92	67,5	203,3	248,	316,	205,	20,3	5,88	7,84	0,56
Verdures i hortalisses	226	159,7	0,34	0,93	3,45	0,21	0,34	0,65	2,41	0,21
Tubercles	74	73,1	0,96	0,58	0,98	0,07	0,96	0,41	0,68	0,07
Fruïtes	239	193,6	0,36	1,67	2,59	0,21	0,36	1,17	1,81	0,21
Ous	34	31,3	0,51	0,38	0,42	0,03	0,51	0,26	0,29	0,03
Llet	217	157,5	1,30	0,47	2,11	0,16	1,30	0,33	1,47	0,16
Derivats làctics	106	101,3	2,39	0,23	3,12	0,10	2,39	0,16	2,18	0,10
logurt de soja*	—	1,4	—	—	—	0,00	—	—	—	0,00
Pa i cereals	206	225,3	8,73	10,0	11,6	9,90	8,73	7,05	8,13	1,65
Llegums	24	30,4	0,04	0,01	0,41	0,08	0,04	0,06	0,28	0,05
Olis i greixos	41	27,2	3,76	0,28	0,36	0,03	3,76	0,20	0,25	0,03
Brioixeria	—	45,5	—	0,18	0,61	0,30	—	0,13	0,43	0,24
<b>Total aliment</b>	<b>1.444</b>	<b>1.285</b>	<b>225,4</b>	<b>263,</b>	<b>344,</b>	<b>216,</b>	<b>42,4</b>	<b>16,2</b>	<b>27,4</b>	<b>3,48</b>

\* El valor de consum que s'ha considerat com a iogurt de soja és el de batut fermentat de soja.

\*\* Medium-bound.

A la taula 13 s'aprecia que les ingestes d'Arsènic inorgànic per a un home adult són gairebé iguals si s'utilitza les dades dels estudis de consum ENCAT i ENIDE. La similitud s'explica per un efecte compensatori entre la ingesta del consum de peix i marisc, que és més gran en l'enquesta ENIDE que en la d'ENCAT, i la del consum de pa i cereals, que és més petita.

Taula 13. Variacions en la ingesta diària de l'estudi actual de As total i As inorgànic entre l'ENCAT i l'ENIDE

	Consum d'aliment		Ingesta de As total**		Ingesta de As inorgànic**	
	g/dia		µg/dia		µg/dia	
	ENCAT	ENIDE	ENCAT	ENIDE	ENCAT	ENIDE
Carn i derivats	171,9	163,8	0,21	0,20	0,17	0,16
Peix i marisc	67,5	89,2	205,5	252,4	0,56	1,03
Verdures i hortalisses	159,7	186,4	0,21	0,25	0,21	0,24
Tubercles	73,1	73,0	0,07	0,07	0,07	0,07
Fruïtes	193,6	213,0	0,21	0,23	0,21	0,23
Ous	31,3	31,4	0,03	0,03	0,03	0,03
Llet	157,5	191,5	0,16	0,19	0,16	0,19
Derivats làctics	101,3	113,4	0,10	0,11	0,10	0,11
logurt de soja*	1,4	4,0	0,001	0,004	0,001	0,004
Pa i cereals	225,3	156,0	9,90	5,26	1,65	1,14
Llegums	30,4	21,7	0,08	0,06	0,05	0,04
Olis i greixos	27,2	34,9	0,03	0,03	0,03	0,03
Brioixeria	45,5	38,6	0,30	0,22	0,24	0,17
<b>Total aliment considerat</b>	<b>1.285</b>	<b>1.317</b>	<b>216,8</b>	<b>259,0</b>	<b>3,48</b>	<b>3,46</b>

\* El valor de consum que s'ha considerat com a iogurt de soja és el de batut fermentat de soja.

\*\* Medium-bound



## 4.6 Altres estudis

A la taula 14 es presenten les dades d'estudis similars portats a terme en diversos països d'arreu del món. Tot i que la comparativa pot resultar difícil, per raons metodològiques i de disseny, es pot posar de manifest que els valors d'ingesta dietètica de As total per a la població catalana són similars als d'altres països, mentre que per al As inorgànic, els valors a Catalunya estan a la part baixa de l'interval.

Taula 14. Ingesta diària de As total i As inorgànic. Comparació amb altres països

País	As total	InAs	Autors
<b>Bèlgica</b>	72,08	7,7	ASFCA, 2013
<b>Catalunya</b>	217	3,48	Estudi actual
<b>França</b>	54,88	16,94	Arnich <i>et al.</i> , 2012
<b>Japó</b>	27	3,8	Oguri <i>et al.</i> , 2012
<b>Catalunya</b>	199		Domingo <i>et al.</i> , 2012
<b>Catalunya</b>	354	6,1	Fontcuberta <i>et al.</i> , 2011
<b>Vietnam</b>		28-102	Hanh <i>et al.</i> , 2011
<b>Xina</b>		42	Li <i>et al.</i> , 2011
<b>Xina</b>	4,24		Chen <i>et al.</i> , 2011
<b>Tailàndia</b>	262	62	Ruangwises <i>et al.</i> , 2011
<b>Xina</b>	185		Zhao <i>et al.</i> , 2010
<b>Tailàndia</b>	73-390		Ruangwises i Saipan, 2010
<b>Anglaterra</b>	115-117		Rose <i>et al.</i> , 2010
<b>Bèlgica</b>	285-649		Baeyens <i>et al.</i> , 2009
<b>EUA</b>	195		Cleland <i>et al.</i> , 2009
<b>Nova Zelanda</b>	211		Whyte <i>et al.</i> , 2009
<b>Bangladesh</b>	214		Khan <i>et al.</i> , 2009
<b>Índia</b>	150		Signes <i>et al.</i> , 2008
<b>Catalunya</b>	344	27,40	Estudi 2008



# 5

## Cadmi

El cadmi està present de forma natural en l'escorça terrestre (0,1-0,2mg/kg) i els oceans (5-110ng/L). Apareix com impuresa en la mineria i metal·lúrgia del zinc, plom i coure.

El cadmi és un metall que té unes propietats específiques, com ara una elevada resistència a la corrosió, una temperatura de fusió baixa i una elevada conductivitat tèrmica i elèctrica, que fan que sigui molt adequat en una àmplia gamma de productes industrials, particularment, bateries de níquel-cadmi (83% de la producció mundial de cadmi), pigments (8%), recobriments i xapats (7%), additiu estabilitzador per a plàstics de PVC (1,2%) i aliatges, semiconductors i aparells fotovoltaics (IARC,2012).

El cadmi no té cap funció coneguda al cos humà, però és capaç d'imitar l'acció d'altres metalls que són essencials per a diverses funcions biològiques de les cèl·lules, com ara el calci, el zinc i el ferro.

Les vies d'exposició al cadmi més importants són els aliments i el tabac. Per als fumadors, l'exposició a través del tabac representa el 50% de la quantitat absorbida, mentre que per a una persona no fumadora, l'exposició es produeix fonamentalment a través de la ingesta d'aliments contaminats. Els aliments que més contribueixen a l'exposició a Europa són l'arròs, el blat, les hortalisses (especialment les d'arrels comestibles) i els mol·luscos bivalves (EFSA, 2009).

Els vegetals absorbeixen el cadmi del sòl per les arrels i també de l'aire, a través de les fulles, en les zones contaminades. L'absorció per les arrels depèn del tipus de sòl, del pH, del contingut d'humus, de la disponibilitat de matèria orgànica, de l'ús de fertilitzants a base de fosfats, de la meteorologia i del contingut de zinc i altres metalls anàlegs (IARC, 2012).

L'organisme absorbeix molt poc el cadmi present als aliments (3-5%). Però l'elimina també molt poc (té una semivida biològica de deu a trenta anys) i l'acumula al ronyó i al fetge. També es troba en pàncrees, tiroides, testicles i glàndules salivals. A més del càncer, el cadmi provoca danys a les cèl·lules renals tubulars proximals i causa disfunció renal i desmineralització dels ossos. No obstant això, el ronyó l'emmagatzema al còrtex renal i només provoca danys quan se supera la capacitat d'emmagatzematge del teixit. Aquest fenomen de saturació o càrrega crítica s'assoleix després d'exposicions elevades d'ingesta i cròniques de prop de cinquanta anys (ANSES, 2011)<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la révision des teneurs maximales en cadmium des denrées alimentaires destinées à l'homme. Avis du 24 novembre 2011, Saisine n° 2011-SA-0194.

El cadmi té una activitat estrògena i andrògena potent *in vivo* i *in vitro*, mitjançant la unió directa amb els receptors andrògens i estrògens (ASFCA<sup>11</sup>, 2013).

L'Agència Internacional de Recerca sobre el Càncer (IARC) ha avaluat diverses vegades els efectes del cadmi. En la darrera avaluació de 2012, la IARC<sup>12</sup> va arribar a la conclusió que hi havia prou evidències en humans per determinar que el cadmi i els seus compostos provoquen càncer de pulmó per inhalació i, a més, que hi ha una associació positiva de l'exposició per via oral amb càncer de pròstata i ronyó. El cadmi causa càncer indirectament, principalment per alteració del mecanisme de reparació de l'ADN i de la formació de proteïnes supressores de tumors.

El 2009, l'Autoritat Europea de Seguretat Alimentària (EFSA)<sup>13</sup> va avaluar el cadmi a través de la dieta i va fixar una ingesta setmanal tolerable (IST) de 2,5 µg/Kg de pes corporal (ingesta diària de 0,357 µg/Kg). Aquesta IST s'ha obtingut d'un estudi de metanàlisi de 35 estudis que demostraven una relació entre l'excreció urinària de cadmi i la d'un marcador de dany tubular renal, el beta-2-microglobulina. L'EFSA assenyala que a Europa hi ha països en què la població podria excedir aquesta IST. Les persones vegetarianes, fumadores, infants i habitants de zones amb molta contaminació podrien duplicar-la. A més, apunta que el cadmi podria ser també cancerigen per via alimentària a partir d'una ingesta diària d'1,5 µg Cd/kg de pes corporal.

En els aliments, les concentracions de cadmi més elevades es troben en el fetge i ronyons dels mamífers, mol·luscs bivalves i crustacis. No obstant això, la principal font per via alimentària en la major part del països és l'arròs, degut al consum elevat d'aquest producte<sup>14</sup>.

## 5.1 Resultats

Les concentracions detectades en els aliments analitzats es presenten a la Taula 15. Per grups, els nivells més elevats es van observar en peix i marisc, tubercles, i pa i cereals. A la Taula 16 es poden veure les concentracions per cadascuna de les espècies de peix i marisc. En concret, el calamar, amb 0.262 µg/g de pes fresc, i el musclo, amb 0.170 µg/g de pes fresc, són els aliments individuals amb una concentració de Cd més elevada. Per contra, en el grup dels ous, llet, derivats làctics i olis i greixos, cap de les mostres va presentar nivells per damunt del límit de detecció.

---

<sup>11</sup> Avis 01-2013 Risques de substances carcinogènes et/ou génotoxiques dans les denrées alimentaires: contaminants environnementaux. Fiche: [Cadmium](#)

<sup>12</sup> [Cadmium and cadmium compounds](#). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 100C (2012)

<sup>13</sup> [Cadmium in food](#). Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. EFSA, January 2009.

<sup>14</sup> [Cadmium](#). International Programme on Chemical Safety. World Health Organisation.

Taula 15. Concentració de cadmi en els aliments. Mitjana de valors

	<b>Cd</b>
<b>Carn i derivats</b>	0.001
<b>Peix i marisc</b>	0.050
<b>Verdures i hortalisses</b>	0.006
<b>Tubercles</b>	0.015
<b>Fruites</b>	0.003
<b>Ous</b>	< 0.002
<b>Llet</b>	< 0.002
<b>Derivats làctics</b>	< 0.002
<b>*iogurt de soja</b>	0.003
<b>Pa i cereals</b>	0.015
<b>Llegums</b>	0.002
<b>Olis i greixos</b>	< 0.002
<b>Brioixeria</b>	0.010

En µg/g de pes fresc.

\* iogurt de soja calculat a banda perquè no es considera un làctic.

Taula 16. Concentració de cadmi en el grup de peix i marisc. Mitjana de valors

<b>Peix i marisc</b>	<b>Cd</b>
<b>Sardina</b>	0.004
<b>Sardina en conserva</b>	0.027
<b>Tonyina</b>	0.009
<b>Tonyina en conserva</b>	0.011
<b>Seitó</b>	0.009
<b>Verat</b>	0.007
<b>Emperador</b>	0.040
<b>Salmó</b>	< 0.002
<b>Lluç</b>	0.002
<b>Moll</b>	< 0.002
<b>Llenguado</b>	< 0.002
<b>Sípia</b>	0.087
<b>Calamar</b>	0.262
<b>Cloïssa</b>	0.122
<b>Musclo</b>	0.170
<b>Gamba</b>	0.047

En µg/g de pes fresc.

L'estudi de dieta total 2006-2010 de l'Agència Francesa de Seguretat Alimentària (ANSES)<sup>15</sup> també identifica els mariscs com els aliments amb major concentració de cadmi, seguit del fuagràs i patés, pa i cereals tubercles i productes de pastisseria.

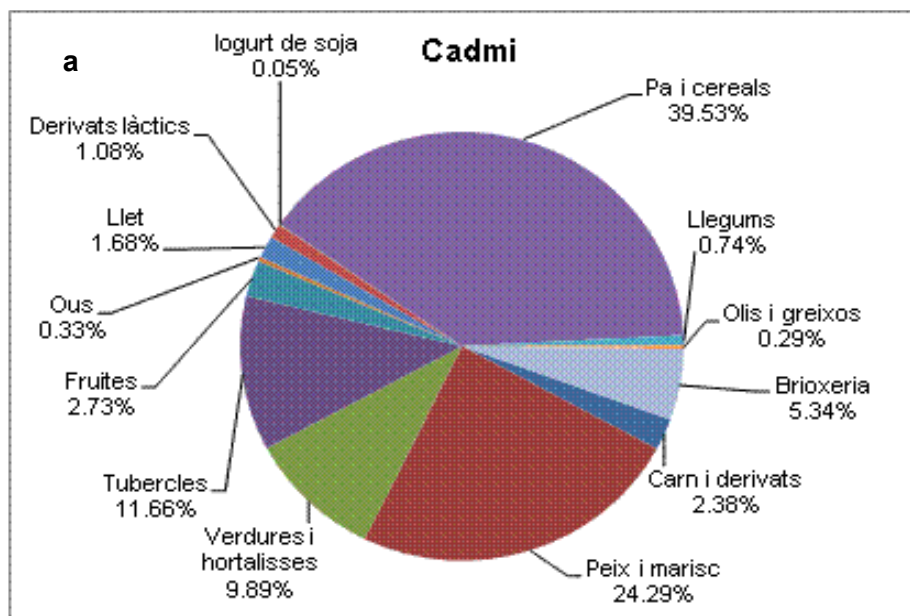
<sup>15</sup> **Étude de l'alimentation totale française 2** (EAT 2). Tome 1. Agence National de Sécurité Sanitaire, Alimentation, Environnement et Travail (ANSES), Juin 2011.

Igualment, l'Informe resum de dades de cadmi 200-2007 de l'Agència Espanyola de Consum, Seguretat Alimentària i Nutrició (AECOSAN)<sup>16</sup> identifica al marisc i productes derivats com els aliments que més cadmi contenen, amb una mitjana de 0,308mg / kg (mg / g), seguit de les despulles (0,275mg / kg), el peix i productes de la pesca (0,076mg / kg), les patates (0,050mg / kg) i els cereals i derivats (0,034mg / kg).

## 5.2 Contribució dels aliments a la ingesta de cadmi

La ingesta estimada de cadmi per a un home adult, a través del consum d'aliments, és de 9.40 µg/dia (ENCAT) o de 10.03 µg/dia (ENIDE). Les aportacions més significatives provenen del pa i els cereals i del peix i marisc, amb 3.71 i 2.28 µg/dia per l'estudi ENCAT respectivament; i de 2.69 i 3.89 µg/dia pels mateixos dos grups d'aliments per l'ENIDE.

A la Figura 5 es pot observar la contribució percentual dels diferents grups d'aliments a la ingesta diària de cadmi per un home adult. A les Taules 26 i 27 es presenten un resum de les dades d'ingesta per grups d'aliments segons els dos tipus d'estudi de consum.



<sup>16</sup> Informe resumen de datos de cadmio 2000-2007. AECOSAN, 2008.

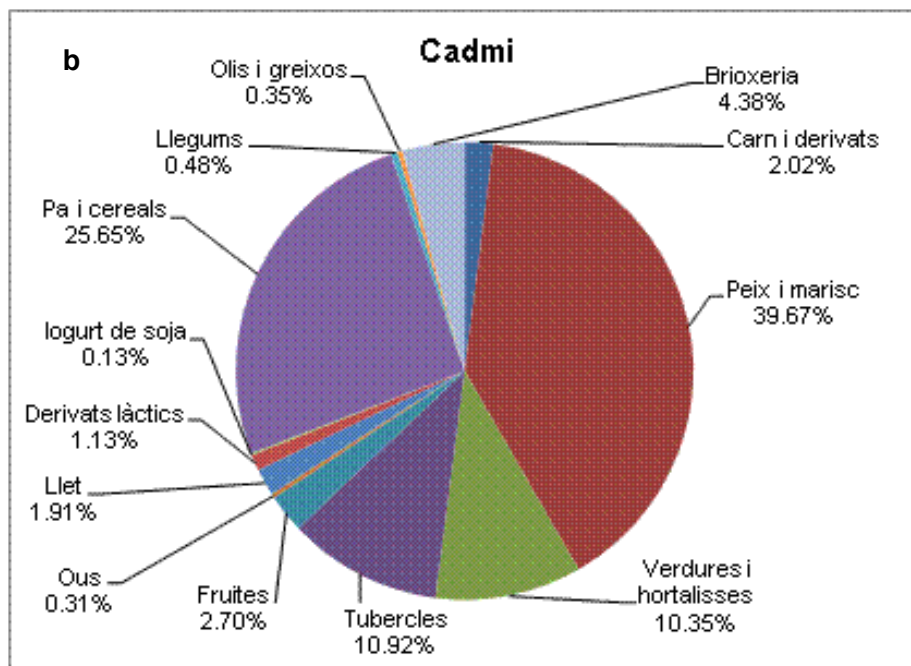


Figura 5. Contribució percentual dels aliments a la ingesta diària de cadmi per un home adult. <sup>a</sup>ENCAT i <sup>b</sup>ENIDE

A les taules 17 i 18 es presenta un resum de la ingesta per grups d'aliments.

Taula 17. Ingesta diària estimada de cadmi en un home adult, per grups d'aliments (ENCAT)

Aliments	Consum d'aliment	
	g/dia	µg/dia
<b>Carns i derivats</b>	171,9	0.22
<b>Peix i marisc</b>	67,5	2.28
<b>Verdures i hortalisses</b>	159,7	0.93
<b>Tubercles</b>	73,1	1.10
<b>Fruites</b>	193,6	0.26
<b>Ous</b>	31,3	0.03
<b>Llet</b>	157,5	0.16
<b>Derivats làctics</b>	101,3	0.10
<b>logurt de soja</b>	1,4	0.005
<b>Pa i cereals</b>	225,3	3.71
<b>Llegums</b>	30,4	0.07
<b>Olis i greixos</b>	27,2	0.03
<b>Brioixeria</b>	45,5	0.50
<b>TOTAL aliments</b>	<b>1.285</b>	<b>9.40</b>

Taula 18. Ingesta diària estimada de cadmi en un home adult, per grups d'aliments (ENIDE)

Aliments	Consum d'aliment	Ingesta de Cd
	g/dia	µg/dia
<b>Carns i derivats</b>	163,8	0.23
<b>Peix i marisc</b>	89,2	3.89
<b>Verdures i hortalisses</b>	186,4	1.08
<b>Tubercles</b>	73,0	1.27
<b>Fruites</b>	213,0	0.24
<b>Ous</b>	31,4	0.03
<b>Llet</b>	191,5	0.17
<b>Derivats làctics</b>	113,4	0.09
<b>logurt de soja</b>	4,0	0.002
<b>Pa i cereals</b>	156,0	2.69
<b>Llegums</b>	21,7	0.05
<b>Olis i greixos</b>	34,9	0.04
<b>Brioixeria</b>	38,6	0.37
<b>TOTAL aliments</b>	<b>1.317</b>	<b>10.16</b>

### 5.3 Ingesta diària per grups de població

La Taula 19 mostra la ingesta estimada de cadmi per als diferents grups de població, segons edat i sexe. El grup de població amb una ingesta diària estimada de cadmi més alt és el format pels nois adolescents, seguit dels homes adults i els més grans de 65 anys.

Taula 19. Ingesta diària estimada de cadmi dels diferents grups de població

Grup de població	Ingesta de cadmi
<b>Nens/nenes</b>	7.33
<b>Nois adolescents</b>	9.66
<b>Noies adolescents</b>	8.72
<b>Homes</b>	9.40
<b>Homes ENIDE</b>	10.16
<b>Dones</b>	8.17
<b>Dones ENIDE</b>	8.65
<b>Homes més grans de 65 anys</b>	8.94
<b>Dones més grans de 65 anys</b>	6.06

*En µg/dia*



## 5.4 Avaluació del risc

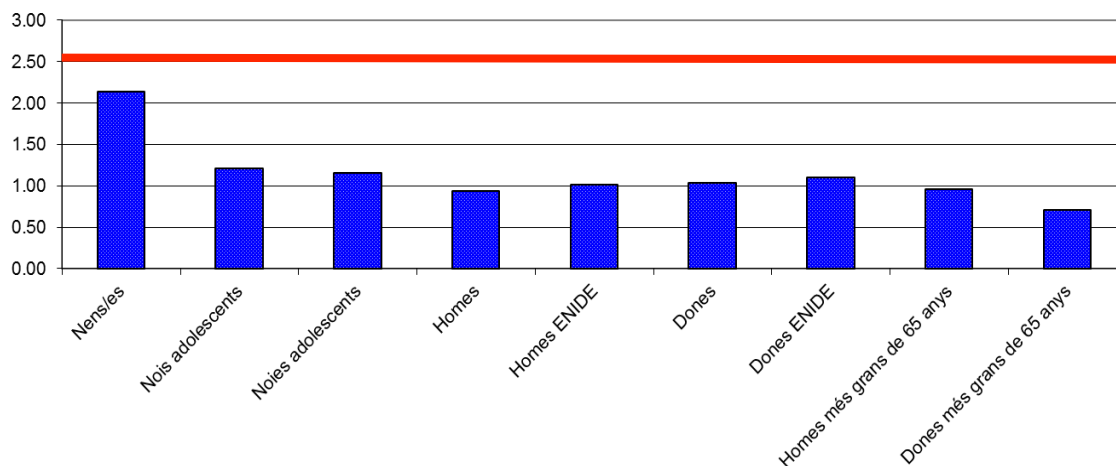
### 5.4.1 Comparació amb els nivells de seguretat establerts

A la Taula 20 i a la Figura 6 es mostra la ingesta diària estimada setmanal de cadmi per consum d'aliments en els diferents grups de població expressada en funció del pes corporal.

Taula 20. Ingesta setmanal de cadmi segons el grup de població i pes corporal

Grup de població	Ingesta de cadmi ( $\mu\text{g}/\text{kg pc i setmana}$ )
Nens/nenes	2,14
Nois adolescents	1,21
Noies adolescents	1,15
Homes	0,94
Homes ENIDE	1,02
Dones	1,04
Dones ENIDE	1,10
Homes més grans de 65 anys	0,96
Dones més grans de 65 anys	0,70

Figura 6. Ingesta setmanal estimada de cadmi segons el grup de població i pes corporal ( $\mu\text{g}/\text{kg pes corporal/setmana}$ )



Considerant el valor de seguretat establert per l'EFSA (2009) de  $2.5 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{setmana}$ , cap grup de població s'excedeix del valor llindar, essent el grup de nens i nenes el que més s'hi aproxima.

Considerant que la toxicitat del cadmi es manifesta després d'un llarg període d'anys d'exposició, en individus sans, les dades d'aquest estudi mostren que no hi ha risc per a la salut de la població i que hi ha un ampli marge de seguretat.

#### 5.4.2 Avaluació probabilística de l'exposició

Les Taules 21a i 21b presenten els resultats de l'avaluació probabilística de l'exposició a cadmi a través de la dieta en un escenari de *lower-bound* (ND=0).

Taula 21a. Percentils d'ingesta relativa de cadmi ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  pes corporal/setmana) per la població general segons els diferents graus d'incertesa considerant ND=0

Percentil	Exposició	Grau d'incertesa			
		0,025	0,250	0,750	0,975
p50	0,756	0,721	0,742	0,777	0,805
p90	1,372	1,302	1,33	1,386	1,456
p95	1,631	1,54	1,582	1,652	1,736
p99	2,219	2,079	2,156	2,289	2,415

Taula 21b. Percentils d'ingesta relativa de cadmi ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  pes corporal/setmana) per grups de població segons el sexe i els diferents graus d'incertesa considerant ND=0

Percentil	Exposició	Home				Dona				
		Grau d'incertesa				Grau d'incertesa				
		0.025	0.250	0.750	0.975	Exposició	0.025	0.250	0.750	0.975
p50	0,777	0,721	0,756	0,798	0,840	0,742	0,686	0,721	0,763	0,812
p90	1,407	1,33	1,372	1,442	1,589	1,33	1,23	1,309	1,365	1,435
p95	1,68	1,575	1,624	1,722	1,827	1,575	1,442	1,547	1,617	1,694
p99	2,31	2,121	2,24	2,338	2,352	2,135	1,932	2,093	2,233	2,352

No s'han observat grans diferències en la ingesta de cadmi en funció dels gènere, tot i que els valors són lleugerament més elevats en el cas dels homes. En tot cas, considerant el valor de seguretat establert per l'EFSA (2009) de  $2.5 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{setmana}$ , equivalent a  $0.357 \mu\text{g}/\text{kg}$  pes corporal/dia, el 99.7% de la població total (99.4% i 99.8% per homes i dones, respectivament) no supera aquest valor.

Anàlogament, s'ha avaluat la ingesta de cadmi considerant els valors no detectats igual al límit de detecció (*upper-bound*) (Taules 22a i 22b).

Taula 22a. Percentils d'ingesta relativa de cadmi ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  pes corporal/dia) per la població general segons els diferents graus d'incertesa considerant ND=LOD

Percentil	Exposició	Grau d'incertesa			
		0,025	0,250	0,750	0,975
50	0.127	0.120	0.125	0.130	0.134
90	0.222	0.211	0.217	0.227	0.237
95	0.265	0.253	0.259	0.269	0.283
99	0.366	0.345	0.361	0.375	0.392

Taula 22b. Percentils d'ingesta relativa de cadmi ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  pes corporal/dia) per grups de població segons el sexe i els diferents graus d'incertesa considerant ND=LOD

Percentil	Exposició	Home				Dona				
		Grau d'incertesa				Exposició				
		0,025	0,250	0,750	0,975	0,025	0,250	0,750	0,975	
p50	0,896	0,84	0,875	0,917	0,952	0,875	0,826	0,868	0,896	0,931
p90	1,589	1,505	1,554	1,638	1,687	1,519	1,456	1,491	1,575	1,617
p95	1,897	1,792	1,848	1,953	2,023	1,806	1,722	1,764	1,876	1,946
p99	2,646	2,485	0,368	2,751	2,87	2,492	2,331	2,415	2,59	2,737

El resultat no difereix en excés de l'observat en un escenari de *lower-bound*. En aquest cas, i considerant el mateix valor màxim d'ingesta de cadmi, el 98.9% de la població no superaria aquesta recomanació (98.6% en el cas dels homes i 99.0% per a les dones).

## 5.5 Evolució temporal

### 5.5.1 Concentració

A la Taula 23 es pot observar la variació detectada en la concentració de Cd en els grups d'aliments.

Respecte als anteriors estudis, podem dir que les concentracions de cadmi han disminuït notablement respecte a l'estudi anterior del 2008. Les concentracions en termes generals són similars a les trobades l'estudi de l'any 2000.

Taula 23. Variació temporal de cadmi en els grups d'aliments

	2000	2005	2008	2012
<b>Carns i derivats</b>	0.006	0.023	0.007	0.001
<b>Peix i marisc</b>	0.036	0.039	0.090	0.050
<b>Verdures i hortalisses</b>	0.005	0.007	0.016	0.006
<b>Tubercles</b>	0.020	0.025	0.053	0.015
<b>Fruita</b>	0.001	0.005	0.005	0.003
<b>Ous</b>	0.008	0.005	0.004	<0.002
<b>Llet</b>	0.002	0.005	0.004	<0.002
<b>Derivats làctics</b>	0.006	0.005	0.006	<0.002
<b>logurt de soja</b>	-	-	-	0.003
<b>Pa i cereals</b>	0.033	0.016	0.023	0.015
<b>Llegums</b>	0.001	0.120	0.007	0.002
<b>Olis i greixos</b>	0.008	0.045	0.005	<0.002
<b>Brioixeria</b>	-	0.005	0.014	0.010

En µg/g de pes fresc.

Resulta complex extreure'n una conclusió indiscutible sobre la tendència general. Sembla ser que hi ha una disminució de la concentració, però podria ser a causa d'un efecte del mostreig, ja que la variació dels resultats és petita en molts grups d'aliments.

### 5.5.2 Ingesta

A la Taula 24 s'observa la variació temporal en la ingesta diària de cadmi, per un home adult. En el còmput global, la ingesta ha disminuït de forma significativa en l'últim estudi, amb descensos notables en els grups de verdures i hortalisses, d'una banda, i de tubercles, de l'altra.

Taula 24. Variacions en la ingesta diària de cadmi per un home adult

	Consum d'aliment g/dia		Ingesta de Cd			
	2000	ENCAT 2003	2000	2005	2008	2012
<b>Carn i derivats</b>	185	171.9	1.11	2.92	1.16	0.22
<b>Peix i marisc</b>	92	67.5	3.33	1.43	4.19	2.28
<b>Verdures i hortalisses</b>	226	159.7	1.13	0.98	2.68	0.93
<b>Tubercles</b>	74	73.1	1.47	1.80	3.85	1.10
<b>Fruites</b>	239	193.6	0.22	0.94	1.10	0.26
<b>Ous</b>	34	31.3	0.27	0.15	0.12	0.03
<b>Llet</b>	217	157.5	0.43	0.64	0.59	0.16
<b>Derivats làctics</b>	106	101.3	0.64	0.38	0.82	0.10
<b>logurt de soja</b>	-	1.4	-	-	-	0.005
<b>Pa i cereals</b>	206	225.3	6.80	4.21	6.06	3.71
<b>Llegums</b>	24	30.4	0.01	3.09	0.21	0.07
<b>Olis i greixos</b>	41	27.2	0.33	0.43	0.11	0.03
<b>Brioixeria</b>	-	45.5	-	0.22	0.70	0.50
<b>Total aliment considerat</b>	<b>1444</b>	<b>1285</b>	<b>15.74</b>	<b>17.19</b>	<b>21.57</b>	<b>9.40</b>

## 5.6 Altres estudis

A la taula 25 es presenten les dades d'estudis similars portats a terme en diversos països d'arreu del món. Tot i que la comparativa pot resultar difícil, per raons metodològiques i de disseny, es pot posar de manifest que els valors d'ingesta dietètica de cadmi total per a la població catalana són similars als d'altres països.

Taula 25. Ingesta mitjana diària de cadmi en població adulta. Comparativa amb altres estudis d'ingesta

País	Cadmi <sup>1</sup>	Autors
<b>Catalunya</b>	9.4	Aquest estudi
<b>Índia</b>	50.6	Saha i col·ls., 2013
<b>UE</b>	20,4	EFSA, 2012
<b>Xina</b>	9.6	Huang i col·ls., 2012
<b>Catalunya</b>	49.5	Domingo i col·ls., 2012
<b>Suècia</b>	49	Sand i Becker, 2012
<b>França</b>	11.0	ANSES, 2011
<b>Xina</b>	3.68	Chen i col·ls., 2011
<b>Xina</b>	14.6	Zhao i col·ls., 2010
<b>Anglaterra</b>	9.8-11.9	Rose i col·ls., 2010
<b>Bèlgica</b>	9.8	Vromman i col·ls., 2010
<b>Xina</b>	14.4-14.7	Liu i col·ls., 2010
<b>Líban</b>	15.82	Nasreddine i col·ls., 2010
<b>Nova Zelanda</b>	17	Whyte i col·ls., 2009
<b>Alemanya</b>	14,5	BfR, 2009
<b>Catalunya</b>	21.6	Estudi 2008
<b>República Txeca</b>	11-19	Puklová i col·ls., 2005

1. Ingesta diària tolerable: 25µg/dia