Contaminants químics. Estudi de dieta total a Catalunya 2008

Generalitat de Catalunya
Agència Catalana de Seguretat Alimentària

Contaminants químics. Estudi de dieta total a Catalunya 2008

Generalitat de Catalunya
Agència Catalana de Seguretat Alimentària

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 Mallafré, 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:
Xavier Llebaria

Autors:
Victòria Castells
Emilio Vicente
Agència Catalana de Seguretat Alimentària
Jesús Gómez Catalán
Joan M Llobet Mallafré
Grup de Recerca en toxicologia. GRET-CERETOX (INSA UB)
Universitat de Barcelona. Parc Científic de Barcelona
Gemma Perelló Berenguer
Josep L. Domingo Roig
Laboratori de Toxicologia i Salut Mediambiental, TECNITOX
Universitat Rovira i Virgili de Tarragona

Han col·laborat:
Isabel Timoner Alonso
Patricia Gosálbez Rafel
Alexander Reichardt
Paqui Morales
Agència Catalana de Seguretat Alimentària

Revisió lingüística:
Secció de planificació lingüística
Departament de Salut

Disseny:
Motive Disseny i Comunicació S.L.

Maquetació:
Motive Disseny i Comuicació S.L. / Diana Nuñez

Document editat per: Agència de Salut Pública de Catalunya
Document revisat per: Agència Catalana de Seguretat Alimentària
Primera edició: Desembre 2012
Dipòsit legal: B. 24695-2012

Els continguts d'aquesta obra estan subjectes a una llicència de Reconeixement-No comercial-Sense obres derivades 3.0 de Creative Commons. Se'n permet la reproducció, distribució i comunicació pública sempre que se'n citi l'autor i no se'n faci un ús comercial.

La llicència completa es pot consultar a:
http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.ca

Abreviacions

Elements i compostos

As Arsènic
Cd Cadmi
COP Contaminants orgànics persistents
HAP Hidrocarburs aromàtics policíclics
HCB Hexaclorobenzè
Hg Mercuri
Pb Plom
PBDE Èters difenílics polibromats (polybrominated diphenyl ethers)
PCB Bifenils policlorats (polychlorinated biphenyls)
PCB DL Bifenils policlorats amb efecte dioxina (Dioxin-like polychlorinated biphenyls)
PCB NDL Bifenils policlorats sense efecte dioxina (Non-dioxin-like polychlorinated biphenyls)
PCDD Dibenzodioxines policlorades o dioxins (polychlorinated dibenzodioxins)
PCDE Èters difenilics policlorats (polychlorinated diphenyl ethers)
PCDF Dibenzofurans policlorats o furans (polychlorinated dibenzofurans)
PCN Naftalens policlorats (polychlor naphthalenes)
TCDD Tetraclorodibenzo-p-dioxina

Organismes internacionals

ATSDR Agència per al Registre de Substàncies Tòxiques i Malalties (Agency for Toxic Substances and Disease Registry)
EPA Agència Americana de Protecció Mediambiental (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 Commitee on Food Additives)
OMS Organització Mundial de la Salut

Altres abreviacions

BMDL Benchmark dose
CQPMC Contaminants químics en peix i marisc consumit a Catalunya
LOAEL Nivell inferior sense observació d'efectes adversos
LOD Límit de detecció tècnica analítica
IDA Ingesta diària admissible
IDPT Ingesta diària provisional tolerable
IDT Ingesta diària tolerable
IMPT Ingesta mensual provisional tolerable
ISPT Ingesta setmanal provisional tolerable
MOE Marge d'exposició
ND No detectat
RfD Dosi de referència
TEF Factor d'equivalència tòxica
TEQ Equivalent tòxic

1 Introducció

Des del 2000 l'ACSA elabora un estudi de dieta total per estimar la ingesta de diversos contaminants químics de la població de Catalunya i avaluar el possible risc per a la salut. Aquest estudi analitza cada cinc anys la presència de contaminants als aliments per estudiar-ne l'evolució de les concentracions, la ingesta i el risc per a la població.

Els resultats de 2000 van indicar, d'una banda, que el peix i el marisc és el grup d'aliments que contribueix de manera més significativa a la ingesta de contaminants a través de la dieta, pel fet que la majoria dels contaminants són lipofílics, i d'altra banda, que les dioxines, el metilmercuri i l'arsènic són els contaminants més significatius, tot i que la seva ingesta a través de la dieta mai no superava els nivells de seguretat establerts per l'OMS o l'EFSA.

Els resultats de 2005 van mostrar que la ingesta de gairebé tots els contaminants va ser inferior a l'estimada el 2000, i sols va ser font de relativa preocupació la ingesta de metilmercuri.

La novetat d'aquest tercer estudi de 2008 ha estat la incorporació d'un nou grup de contaminants, els compostos perfluorats (PFCs), dels quals en destaquen el sulfonat de perfluoroctà (PFOS) i l'àcid perfluorooctanoïc (PFOA), per als quals l'EFSA va establir el 2008 una ingesta diària tolerable (TDI). El dictamen d'EFSA conclou que és poc probable que tinguin efectes nocius sobre la població general, atès que la seva ingesta sembla que no supera el llindar de seguretat, però va manifestar certs dubtes en relació amb les repercussions sobre el desenvolupament dels éssers vius.

Els PFCs tenen un ampli ús industrial i de consum, que inclou revestiments antitaques de teixits i moquetes, revestiments lipofòbics de papers aptes per al contacte amb aliments, espumes extintores, ingredients tensioactius de sabons i d' insecticides, etc. S'eliminen poc a poc i per això s'acumulen al cos. Tenen efectes sobre el fetge i sobre el desenvolupament i la reproducció a dosis relativament petites en animals d'experimentació.

Es disposen de poques dades sobre l'exposició humana a aquestes substàncies a través de la dieta o el medi ambient. Arran del dictamen de l'EFSA, l'ACSA va incorporar els PFCs a l'estudi de 2008. Posteriorment, la Unió Europea va recomanar al 2010 que els seus estats membres recollissin dades sobre les concentracions en els aliments durant 2010 i 2011, a fi de poder avaluar l'exposició a través dels productes alimentaris i els riscs per a la salut. Així doncs, aquest estudi presenta les primeres dades a nivell europeu de la ingesta dietètica de PFCs i de les seves concentracions en els diversos grups d' aliments. Serà interessant comparar-les amb les de l'EFSA, a fi d'estimar la tendència d'aquests nous contaminats i avaluar l'interès de continuar la investigació.

2 Objectius

• Conèixer el nivell actual de contaminació química dels aliments consumits a Catalunya, i estudiar, per comparació amb les dades dels estudis anteriors, les variacions observades.

• Conèixer el nivell actual d'exposició de la població catalana als contaminants estudiats a través de la dieta, i avaluar-ne la variació en el temps, servint d'alarma preventiva en cas necessari.

• Comparar els nivells d'exposició de la població de Catalunya amb els obtinguts en altres estudis realitzats en altres països.

• Avaluar el risc que representa l'exposició actual per comparació amb els valors de seguretat toxicològics establerts i la seva evolució temporal.

3 Material i mètodes

3.1. TIPUS D'ESTUDI

Aquest estudi parteix del disseny de les precedents edicions i, per tant també segueix les directrius marcades per l'OMS.

Així doncs, aquest cop s'utilitza també una tècnica mixta que, basant-se en les característiques dels aliments individuals, incorpora aspectes dels estudis de cistell de mercat i analitza mostres compostes (*composites*) 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 ser estudiats en aquest tercer estudi de dieta total van ser: arsènic (As), cadmi (Cd), mercuri (Hg), plom (Pb), dioxines i furans (PCDD/F), bifenils policlorats (PCB), hidrocarburs aromàtics policíclics (HAP) i hexaclorobenzè (HCB) i compostos perfluorats (PFCs).

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 en 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 de la carn i derivats, els vegetals, les fruites, els derivats làctics i les llegums, que en alguns casos estaven poc representats en respecte a la aportació de contaminants o respecte al volum de consum.

Els aliments estudiats es detallen a la taula 1.

Taula 1. Selecció d'aliments estudiats

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

Els aliments en cursiva són els nous incorporats en aquest estudi. **Crema de caramel està constituïda per diversos productes làctics o ovo-làctics com flams, crema catalana i similars.*

3.4. PRESA DE MOSTRA I PREPARACIÓ

De la mateixa manera que en l'estudi anterior, la presa de mostres es va realitzar en 12 localitats de Catalunya. El conjunt es representatiu del 72 % de la població catalana aproximadament. Aquest percentatge correspon a aquella població que viu en localitats de més de 20.000 habitants i de caire clarament urbà (font de dades: IDESCAT, Institut Català d'Estadística).

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 Comarques Gironines:* Girona; Àmbit Camp de Tarragona: Tarragona i Reus; *Àmbit Terres Ebre:* Tortosa; *Àmbit Ponent:* Lleida; *Àmbit Comarques Centrals:* Manresa.

Del novembre al desembre de 2008, 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 diferent mida (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 el més representatiu possible vers 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):

- 24 mostres individuals adquirides independentment van formar una mostra composta
- Neteja i separació de les parts comestibles, crues, de les mostres individuals, amb les quals es prepara una mostra composta.
- Pesada de parts iguals de 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.
- Trituració i homogeneïtzació de les mostres utilitzant robots de cuina, tenint cura de tipus analític en la neteja entre mostres per evitar la contaminació creuada. 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.

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

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

- Formació d'alíquotes en tubs de vidre de laboratori (metalls) i flascons hermètics de plàstic (orgànics) i conservació per congelació fins el moment de l'anàlisi. En el cas de les mostres d'aliments per analitzar PFCs, aquestes van ser liofilitzades amb el liofilitzador Cryodos -80ºC Telstar durant 24h. Seguidament, es van emmagatzemar a -20ºC fins al moment de l'anàlisi.

En total es van processar 3120 mostres individuals d'aliments.

3.5. PROCEDIMENTS ANALÍTICS

3.5.1. Metalls

La determinació de metalls es va dur a terme al Laboratori d'Espectroscòpia dels Serveis Científicotècnics de la Universitat de Barcelona. Els Serveis compleixen amb els estàndards de qualitat corresponents als components de la marca TECNIO creada per ACC1Ó i disposen de la certificació de qualitat ISO9001:2008. Consten amb el nº 251 en el Registre de Laboratoris Agroalimentaris de la Generalitat de Catalunya.

Aproximadament 0,5 g de mostra composta es van tractar amb 5 ml de HNO3 (65% Suprapur, E. Merck, Darmstadt, Alemanya) en bombes de Teflon®. Es va fer una predigestió a temperatura ambient durant 8 hores. Després, les bombes es van escalfar a 80ºC durant 8 hores més. Un cop fredes, les solucions es van filtrar i enrasar a 25 ml amb aigua desionitzada. En aquestes dissolucions es va determinar el As, el Cd, el Hg i el Pb utilitzant un aparell d'inducció de plasma acoblat amb detector de masses (ICP-MS, Perkin Elmer Elan 8000). Es va utilitzar Rodi (Rh) com a estàndard intern i la quantificació es va basar en l'isòtop més abundant.

3.5.2. Contaminants orgànics

Les dioxines i furans (PCDD/F), els bifenils policlorats (PCB), els hidrocarburs aromàtics policíclics (HAP) i l'hexaclorobenzè (HCB) van ser analitzats pel laboratori SGS Controll-Co. m.b.H. d'Hamburg (Alemanya) i d'Antwerp (Bèlgica).

Els procediments són els mateixos que els emprats en els anteriors estudis de dieta i comprenen processos comuns d'extracció de contaminants o clean-up, la qual cosa contribueix a simplificar els processos de preparació de mostres i la seva tramesa, i a homogeneïtzar-ne els resultats.

Aquest procés, el clean-up, representa alhora un procés d'extracció dels productes que cal analitzar de la matriu de l'aliment o mostra en qüestió i una purificació o neteja per eliminar algunes de les moltes substàncies presents en els aliments i que podrien interferir en l'anàlisi.

El mètode analític per determinar PCB, HAP i HCB, deriva del mètode de la Environmental Protection Agency (EPA) núm. 1625.

De manera resumida, el procés analític va ser el següent:

- L'extracció i el clean-up es van dur a terme en condicions de poca exposició a la llum per evitar la pèrdua de productes fotosensibles.
- Les mostres es van homogeneïtzar i es van passar pel procés extractiu i d'evaporació de solvents.
- Un cop dividides en les corresponents submostres, aquestes es van enfortir (spiked) amb els estàndards apropiats marcats isotòpicament: $^{13}C_{12}$-PCB, $^{13}C_6$-HCB i HAP amb deuteri.

Per als PCB, el procés de clean-up es va portar a terme amb cromatografia d'adsorció en una columna mixed-silica i per adsorció o fraccionament en una columna d'alúmina. Per a l'HCB i els HAP, el clean-up i el fraccionament de l'extracte cru es van dur a terme per cromatografia d'exclusió de grandària.

- Els extractes nets es van analitzar amb un sistema HRGC/HRMS, utilitzant aparells Agilent GCs (HP 5890 i 6890) acoblats a un sistema Waters (Micromass) Autospec Ultima HRMS (selected ion recording resolution: 8000 (HAP) i 10000 (PCB i HCB).
- Les anàlisi es van dur a terme en columnes del tipus DB5 GC, no polar.
- La quantificació es va dur a terme utilitzant els estàndards interns.

El mètode analític per determinar PCDD/F deriva dels mètodes de la Environmental Protection Agency (EPA) núm. 1668 i 8290.

De manera resumida, el procés analític va ser el següent:

- Les mostres es van homogeneïtzar i es van passar pel procés extractiu i d'evaporació de solvents.
- Les mostres es van enfortir (spiked) amb els apropiats estàndards marcats isotòpicament: $^{13}C_{12}$-PCDD/F.
- El procés de clean-up es va dur a terme amb cromatografia d'adsorció amb múltiples etapes i utilitzant columnes de sílice i d'alúmina.
- Els extractes nets es van analitzar amb un sistema HRGC/HRMS, utilitzant aparells Agilent GCs (HP 6890) acoblats a un sistema VG Autospec Ultima HRMS (selected ion recording resolution: 10000).
- Les anàlisis dels congèneres es van dur a terme en columnes del tipus DB5 GC, no polar.
- La quantificació es va dur a terme utilitzant els estàndards interns.

Per l'anàlisi dels (PFCs), les mostres van ser extretes i netejades utilitzant extracció líquida, extracció en fase sòlida, i neteges addicionals amb EnviCarb utilitzant els mètodes de Powley i col·ls. (2005) i Taniyasu i col·ls. (2005).

Es van afegir 2 ml de NaOH 200 mM a 1 g de mostra d'aliment liofilitzat, homogeneïtzat, i descongelat en tubs de PP, prenetejats amb metanol. Es van afegir blancs per a cada sèrie de mostres. Després de 30 minuts, es van incoporar els estàndards de l'extracció ($^{13}C_4$-PFOS i $^{13}C_4$-PFOA) i 10 mL de MeOH. Les mostres van ser mesclades al vòrtex abans d'agitar-se a 500 rpm durant 30 minuts. Es va afegir HCl (150 µL, 4 M) abans de centrifugar 10,000 g durant 15 minuts. El sobrenedant es va barrejar amb 25 ml d'aigua. Cartutxos (6 cc/150 mg) de cera d'un sol ús (WAX Water Oasis®) prèviament condicionats amb 4 ml de MeOH i 4 ml d'aigua, han estat utilitzats per a l'extracció i el fraccionament. Els cartutxos SPE es van aliquotar amb 4 ml de solució tampó d'acetat, 8 ml de MeOH (rentat, i 2 ml al 2% de NH_4 en MeOH per a recollir fraccions del blanc. La fracció blanc es va aliquotar en tubs de 15 ml de PP amb 25 mg de EnviCarb i 50 µl d'àcid acètic glacial. Després es va barrejar, la fracció blanc es va filtrar (amb filtre de niló de 2 µm) i es va evaporar amb nitrogen.

El volum final es va fixar en 500 µl incloent $^{13}C_5$- etiquetat com PFNA afegit com a estàndard, i 300 µl de 2 mM d'acetat de sodi amb aigua. Un total de 15 µl es van injectar a un HPLC 1100 (Waldbronn, Alemanya) equipat a una bomba terciària, desgassificador automàtic i un termòstat al compartiment de la columna per estabilitzar la temperatura a 25 ºC. La separació es va aconseguir a la columna de simetria C_{18} (150 x 2.1 mm, 5µm). La detecció es va realitzar utilitzant un sistema API 5000 MS/MS (Biosistema/MDS aplicat a Sciex, Canadà) amb una font del ió de l'aerosol de Turbo que funcionava amb mètode electrosprai negatiu.

3.6. GRUPS DE POBLACIÓ ESTUDIATS

Seguint les condicions marcades en els estudis anteriors, i d'acord amb les directrius de l'OMS, 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 i altres grups de població amb dietes probablement diferents per raons de necessitats energètiques.

A l'estudi actual, com en l'estudi del 2005, es desglossen els 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 (Encat 2002-2003), en la qual s'observen algunes diferències de consum d'aliments segons el sexe. 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. A la taula 2 es presenten els grups de població estudiats i el pes corporal assumit per a cadascun d'ells.

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

Grup	Edat (anys)	Pes corporal (kg)
Homes	20 -65	70
Dones	20 -65	55
Nens/es	6 - 9	24
Nois adolescents	10 -19	56
Noies adolescents	10 -19	53
Homes més grans de 65 anys	> 65	65
Dones més grans de 65 anys	> 65	60

3.7. DADES DE CONSUM DIARI D'ALIMENT

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).

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

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

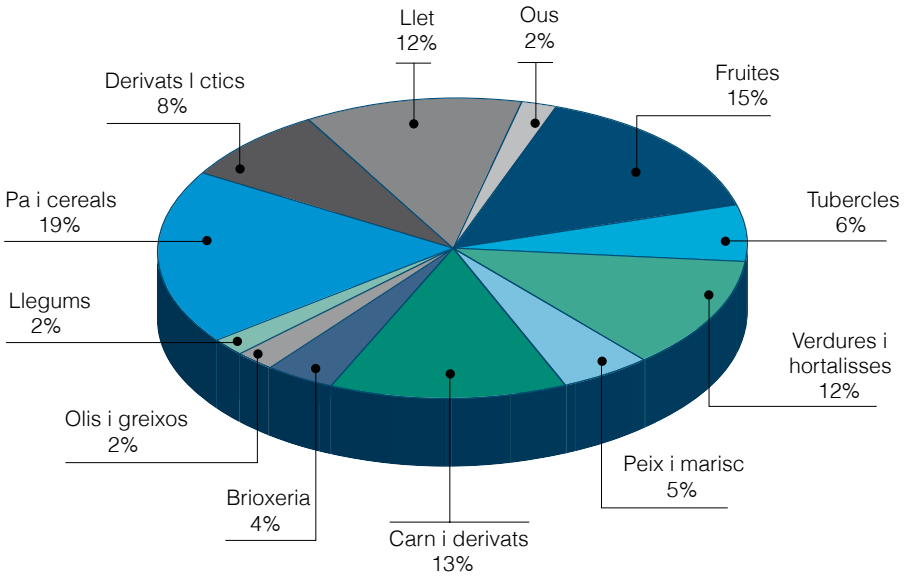
Grup d'aliments	g/dia
Total carns	134,7
Total peix	34,33
Total verdura	60,20
Total tubercles	70,84
Total fruita	196,6
Total ous	22,98
Total llet	364,8
Total làctics	108,6
Total cereals	155,9
Total llegums	22,29
Total greixos	31,14
Total brioxeria	48,25

Taula 3b. Consum d'aliments considerats en diferents grups de població (Encat)

Aliments	Homes			Dones		
	10-19 anys	20-65 anys	65-80 anys	10-19 anys	20-65 anys	65-80 anys
Total carn i derivats	188,9	171,9	109,1	143,3	122,4	102,8
Total peix i marisc	45,05	67,53	73,28	45,39	64,97	55,65
Total verdures i hortalisses	91,01	159,7	176,2	99,62	182,4	162,5
Total tubercles	81,12	73,06	63,84	71,80	52,78	57,68
Total fruites	110,8	193,6	327,5	119,5	204,3	269,8
Total ous	25,79	31,29	23,50	22,66	23,21	20,17
Total llet	243,9	128,4	122,1	186,5	148,5	124,3
Total derivats làctics	109,97	101,28	71,77	99,78	97,82	77,22
Total pa i cereals	268,0	224,3	192,2	206,3	156,0	132,1
Total llegums	31,37	30,36	33,97	20,10	25,68	28,89
Total olis i greixos	24,04	27,16	26,64	21,33	24,58	23,72
Total brioixeria	81,68	45,45	22,63	60,97	41,20	25,97
Total aliments	1271	1228	1234	1076	1128	1074

En g/dia

Figura 1. Distribució de la ingesta diària d'aliments en un home adult



Cal recordar el fet que, igual que en l'edició anterior, en tots els grups d'edat i de manera no homogènia, existeix un grup d'aliments presents en l'enquesta ENCAT, que queden fora del nostre estudi i al que 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 d'indi, 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 100% les dades totals per cada grup de l'enquesta ENCAT. Aquestes dades es mostren a la taula 4 i representen, pel que fa a alguns grups d'aliments, una substancial milloria respecte a les de l'estudi anterior.

Taula 4. Representativitat de la selecció d'aliments analitzats, expressada en percentatge sobre el total del grup a ENCAT

Aliments	Homes			Dones		
	10-19 anys	20-65 anys	65-80 anys	10-19 anys	20-65 anys	65-80 anys
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	88	84	85	93	82	87
Cereals	98	96	97	97	94	91
Llegums	100	94	89	100	95	91
Olis i greixos	100	100	100	100	100	100
Brioixeria	46	42	40	45	39	25,97

3.8. ESTIMACIÓ DE LA INGESTA DIÀRIA D'UN CONTAMINANT

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

Ingesta diària = ∑ (concentració del contaminant x quantitat d'aliment ingerit)

O bé, expressat per unitat de pes corporal:

Ingesta diària = ∑ (concentració del contaminant x quantitat d'aliment) / pes corporal

Encara que en l'estudi actual, com es pot observar a la taula anterior, s'ha millorat la representativitat dels aliments analitzats, no és possible analitzar la totalitat. Per fer una estimació el més acurada possible, com en l'anterior edició, s'ha calculat per a cada contaminant, per a cada grup d'aliments i per a cada grup d'edat, la ingesta de contaminant corresponent si el total considerat estigués format proporcionalment pels aliments analitzats.

A tall d'exemple, per la ingesta d'arsènic d'un home adult a través del peix i el marisc:

Taula 5. Estimació del total d'As ingerit a través del peix i marisc

	Consum de peix g/dia	Ingesta As µg/dia
Total espècies analitzades	52,94	247,8
Total peix i marisc considerat*	67,53	316,0

* Encat 2002-2003.

Cal tenir en compte aquestes aproximacions a la realitat a l'hora d'avaluar la ingesta diària i fer comparacions entre els tres estudis i amb els valors obtinguts en altres regions o països.

3.9. ESTIMACIÓ DE RESULTATS INFERIORS AL LIMIT DE DETECCIÓ

Pel que fa als resultats analítics dels contaminants que estan per sota del límit de detecció de la tècnica analítica (LOD), seguint les recomanacions de l'OMS, es considera per al càlcul un valor igual a la meitat del LOD, de la mateixa manera que es va fer en estudis anteriors.

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 aquests existeixin.

3.10.2. Avaluació probabilistica de l'exposició

S'ha realitzat una avaluació probabilística de l'exposició alimentària de la població catalana als diferents contaminants. S'ha aplicat una aproximació metodològica de tipus MonteCarlo per a obtenir una estimació fiable de la variabilitat de l'exposició. També s'han analitzat les diferents fonts d'incertesa i el seu impacte en l'avaluació de l'exposició mitjançant anàlisis de sensitivitat.

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 la major varietat possible d'aliments i b) consum diari d'aquests aliments a la població. Ambdós 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 en l'estimació de 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 han estat aplicades en aquest treball són: a) el qüestionari de recordatori a curt termini (en el nostre cas de 24 hores) i b) el qüestionari de freqüència i quantitat de consum. Els primers solen ser més exactes i més detallats però no donen idea de la variabilitat poblacional. Els segons tenen més error, només permeten obtenir dades per "grups d'aliments", però permeten obtenir una aproximació a la variabilitat poblacional. Per això, hem fet servir les dades dels primers per a l'avaluació determinista de l'exposició i els segons per a l'avaluació probabilística. Això pot introduir diferències als resultats que seran analitzats en termes d'incertesa.

La ingesta diària es calcula com:

Ingesta diària = ∑ (concentració del contaminant en el grup d'aliments x consum diari de grup d'aliments) / pes corporal

O expressat en forma més compacta:

$$ID = \sum (C_{fg} \times Q_{fg}) / BW$$

I el sumatori s'estén a tots els grups d'aliments considerats a l'enquesta de freqüències dels que es disposa de dades analítiques.

El quocients Q_{fg}/BW s'han mostrejat aleatòriament a partir del les dades de ENCAT freqüències. Es a dir, no s'ha fet un ajust de les dades de l'enquesta a cap funció paramètrica de probabilitat. Se han considerat conjuntament el quocient Q_{fg}/ BW en lloc de considerar els dos paràmetres per separat per evitar la generació aleatòria casos anòmals amb combinacions de valors de BW i consums poc probables.

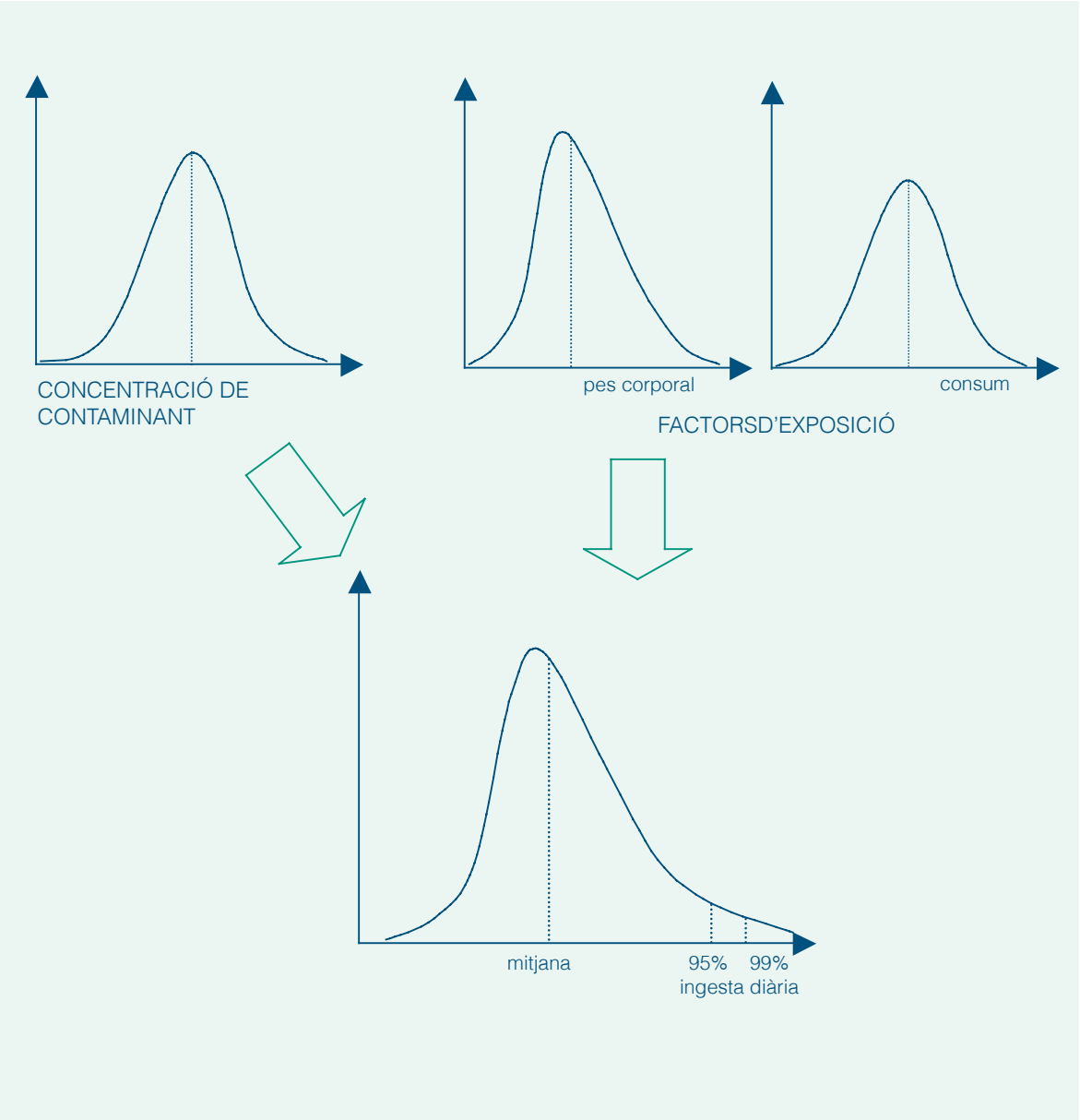
Els valors de C_{fg} han estat calculats a partir de les concentracions individuals dels aliments que formen el grup d'aliments i la "composició" de cada grup d'aliments:

$$C_{fg} = \sum c_f \times q_f / Q_{fg}$$

Els valors mitjans dels quocients q_f/Q_{fg} s'han calculat a partir de les dades de ENCAT 24 hores. La seva variabilitat poblacional és desconeguda; per tant hem optat per considerar el seu efecte en el càlcul final d'exposició en termes de incertesa associats al càlcul de C_{fg}. Se ha suposat que els valors de c_f poden tenir una distribució lognormal i que el valors de q_f/Q_{fg} presenten una distribució de tipus beta.

En el cas de la població infantil, les dades de que disposem no permeten conèixer la distribució de freqüències de consum i per tant, no s'ha pogut dur a terme una adequada avaluació probabilística de l'exposició.

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 múltiples fonts i tipus d'incerteses. EFSA recomana fer una estimació gradual ("tiered") de les incerteses (EFSA 2006). En primer lloc seria adient identificar els principals dèficits de coneixement que poden ser causa d'incertesa i fer una estimació qualitativa de com poden afectar als resultats (magnitud i direcció) de l'estimació de l'exposició ("tier" 1). Posteriorment es faria una avaluació determinística de l'impacte individual de les principals fonts/tipus d'incertesa en l'avaluació de exposició (anàlisi de sensitivitat; "tier" 2). Finalment es pot fer una avaluació probabilística de la incertesa global considerant tots els factors per els que s'hagi demostrat una major sensitivitat ("tier" 3). En aquest estudi arribarem fins al "tier" 2.

A la taula 6 es presenta un quadre resum de les principals incerteses al nivell de "tier" 1. Algunes no seran considerades en aquesta anàlisi: ambigüitats o imprecisions en la definició d'objectius, escenaris i models o els múltiples errors possibles durant la realització de l'estudi.

Farem una aproximació quantitativa a les incerteses introduïdes per la imprecisió de les dades de consum, de les concentracions de contaminant i de la composició dels grups d'aliments.

Taula 6. 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 sobre l'exposició mitjana	Efecte sobre la variabilitat
Objectius de l'avaluació de l'exposició	Ambigüitat, imprecisió	NC		
Escenari de l'exposició	Ambigüitat, imprecisió	NC		
	Extrapolació	Canvis d'hàbits alimentaris	+/-	--
	Factors exclosos	Aliments no considerats Efectes del cuinat Variabilitat geogràfica	+/- ++/-- +/-	+/- - --
Model de l'exposició	Ambigüitat, imprecisió	NC		
	Estructura del model	Aproximacions 1 a 5	+/-	+/-
	Extrapolació	NC		
	Factors exclosos	Biodisponibilitat	++	-
Inputs del model				
Pes corporal		Veure text	+/-	-
Consum d'aliments	Precisió, errors enquestes	Veure text	+++/---	++/--
Concentracions	Precisió, límits de detecció, mostreig...	Veure text	++/--	
Composició grups aliments	Precisió, errors enquestes, extrapolació	Veure text	+++/---	---
Performance de l'avaluació de l'exposició	Errors diversos	NC		

NC: no considerat

La taula 7 resumeix el tractament de la variabilitat i la incertesa dels inputs del model. Les simulacions MonteCarlo han estat realitzades amb Microsoft Excel, complementat amb el "add-ins" SIMTOOLS (descarregat de http://home.uchicago. edu/~rmyerson /addins.htm.). En general s'han fet 10.000 passos comprovant que s'estabilitza el valor del percentil 99.

Per facilitar la comprensió dels resultats exposem a continuació un cas hipotètic. Suposem que per a un contaminant XX amb una RfD de 2.0 µg/kg/dia hem obtingut els següents resultats:

Estimació determinista per un individu estàndard: 1,10 µg/kg/dia

Estimació probabilística:

Ingesta diària relativa XX												***µg/kg/dia***
	Variabilitat						**Incertesa c*Q**					
Grup població	mitjana	SD	P50	P75	P90	P95	mitjana	SD	P50	P75	P90	P95
TOTAL	**1,34**	**0,25**	**1,22**	**1,52**	**1,95**	**2,02**	**1,50**	**0,35**	**1,45**	**2,01**	**2,22**	**2,56**

L'estimació determinista indica que l'individu mitjà està exposat a una dosi diària de 1,10 mg/kg/dia, inferior a la RfD i, per tant, es pot garantir que no patirà efectes tòxics. La estimació probabilística ens indica (primera columna) que la major part de la població es troba exposada per sota de la RfD, però que més del 5% (i menys del 10%) es troba per sobre, ja que el percentil 95 (2,02) és superior a la RfD i per tant no es pot garantir l'absència de risc tòxic per aquest sector de població.

Per altra banda, la mitjana determinista (1,10 mg/kg/dia) no coincideix exactament amb la mitjana probabilística (1,34 mg/kg/dia). Aquesta discrepància es pot interpretar com una mesura de la incertesa associada a les dades de consum, ja que reflecteix fonamentalment les diferències entre les dades de l'enquesta de 24 hores i l'enquesta de freqüències, utilitzades respectivament a les dues aproximacions.

Les columnes sota la capçalera "incertesa c*Q" indiquen els valors que s'obtenen quan es consideren les incerteses associades al càlcul de la concentració de contaminant en cada grup d'aliments i que depenen tant de les incerteses de la concentració de XX en cada aliment analitzat, com de les incerteses de la composició d'aliments individuals de cada grup. Aquests valors es poden considerar com a cotes superiors raonables per la mitjana, SD, mediana, etc.

Per tant, en aquest cas podríem interpretar els resultats de la següent forma:
La mitjana de la població no supera la RfD; només entre un 5 i un 10% de la població la supera; però tenint en compte les incerteses associades a les dades de consum i de concentració, aquest percentatge podria arribar a un màxim raonable del 25% (percentil 75).

Taula 7. Resum de les aproximacions aplicades en l'avaluació de la variabilitat i de la incertesa de l'exposició

Variable	Variabilitat	Comentaris	Incertesa
Q_{fg}/BW	Distribució	No paramètrica	
	Mitjana	ENCAT qüestionaris de freqüència	ENCAT 24h-recordatori
	SD	ENCAT qüestionaris de freqüència	No
c_f	No	Mitjana de 2 – 4 determinacions en composites	Lognormal
SD = SEM			
(q_f / Q_{fg})24h	No	ENCAT 24h-recordatori	Beta SD = mitjana/2

3.11. EVOLUCIÓ 2000-2005-2008

Es compara l'exposició als contaminants estudiants en els tres períodes de temps corresponents als tres estudis i s'avalua la tendència observada. Cal tenir en compte que les dades de l'estudi del 2000 són difícils de comparar amb les dels dos darrers per diverses raons. En primer lloc, per la variació en les dades de consum alimentari emprades entre el primer i els següents estudis, i també per la incorporació d'aliments addicionals als grups en que era necessari millorar la representativitat.

4 Hidrocarburs aromàtics policíclics (HAP)

Els hidrocarburs aromàtics policíclics (HAP) constitueixen una àmplia classe de substàncies que es componen de dos o més anells aromàtics fusionats. Es formen principalment per la combustió incompleta de la matèria orgànica i en diversos processos industrials. Les persones estan exposades per diferents vies. Mentre que per als no fumadors la principal via d'exposició és el consum d'aliments, per als fumadors la contribució del fum de tabac és molt important. La presència d'HAP als aliments es deu a una contaminació ambiental o durant els tractaments tèrmics a què se sotmet l'aliment durant la seva elaboració.

S'han identificat prop de 100 HAP potencialment cancerígens. El Comitè Mixt de la FAO/OMS d'Experts en Additius Alimentaris (JECFA, 2005) i el Grup d'Experts de Contaminants de l'Autoritat Europea de Seguretat Alimentària (EFSA,2008) han determinat que 16 HAP són indiscutiblement genotòxics i carcinògens per a les persones. No obstant això, solament s' ha demostrat que vuit (HAP8) tenen capacitat cancerígena via oral. Per a la resta, es desconeix si són cancerígens a través dels aliments. L'EFSA ha determinat que aquests HAP8 són el millor indicador de presència i toxicitat dels HAP en els aliments. També es pot utilitzar com a indicador quatre (HAP4) d'aquests vuit sense afectar gaire l'avaluació del risc, o be, dos (HAP2), amb pèrdua d'informació sobre la presència d'HAP als aliments (EFSA, 2008).

Llevat del benzo(a)pirè, hi ha poques dades toxicocinètiques dels HAP. En els mamífers, l'absorció del benzo(a)pirè varia entre un 12% i un 99% depenent de l'espècie i de la dosi d'ingesta. En general, els HAP de baix pes molecular s'absorbeixen més que els de gran pes molecular. Un cop absorbits, es distribueixen per gairebé tots els òrgans i són capaços de travessar la barrera placentària. No es bioacumulen, ja que els mamífers els poden metabolitzar per diferents vies i els metabòlits s'eliminen per l'orina. Tanmateix els metabòlits són molt reactius i estan implicats en els mecanismes mutagènics i carcinògens dels HAP.

Els setze hidrocarburs identificats són:

Naftalè	Acenaftilè	Acenaftè	Fluorè
Fenantrè	Antracè	Fluorantè	Pirè
Benzo(a)antracè*	Crissè*	Benzo(b)fluorantè*	Benzo(k)fluorantè*
Benzo(a)pirè*	Dibenzo(a,h)antracè*	Benzo(g,h,i)perilè*	Indè(1,2,3-c,d)pirè*

Les substàncies marcades amb un asterisc són les vuit que l'EFSA ha seleccionat com a indicadors.

En aquest estudi s'han analitzat els 16 compostos, tal com s'ha fet en els anteriors estudis, a fi de conèixer l'evolució d'aquests contaminants en els aliments. Els resultats també es donen considerant els HAP8, a l'efecte de seguir les recomanacions de l'EFSA per avaluar l'exposició a través de la dieta i el risc que representen per a la salut de la població. A més, s'aporten resultats del benzo(a) pirè atès que és el més important del grup per la seva toxicitat i presència en els aliments.

4.1. RESULTATS DE LES ANÀLISIS D'ALIMENTS

A la taula 1 es presenten les concentracions d'HAP detectades en els diferents grups d'aliments estudiats. Els nivells totals més elevats s'han detectat en els grups següents: carn i derivats amb 38,99 µg/kg, en el qual destaca el xoriço amb 364,9 µg/kg; olis i greixos amb 18,75 µg/kg, en què destaca la margarina amb 19,25 µg/kg, i derivats làctics amb 7,57µg/kg, en què destaca la crema de caramel amb 12,80 µg/kg.

Taula 1. Concentració d'HAP. Valors de la mitjana dels grups d'aliments

	Carns i derivats	Peix i marisc	Verdures i hortalisses	Tubercles	Fruita	Ous	Llet	Derivats làctics	Pa i cereals	Llegums	Olis i greixos	Brioxeria
Naftalè	2,48	0,44	0,27	0,24	0,27	1,20	0,16	2,49	0,41	0,50	6,25	0,41
Acenaftilè	2,10	0,11	0,05	0,05	0,05	0,24	0,03	0,50	0,08	0,10	1,23	0,08
Acenaftè	0,34	0,09	0,05	0,05	0,05	0,24	0,03	0,50	0,11	0,10	1,23	0,19
Fluorè	2,03	0,09	0,05	0,05	0,05	0,24	0,03	0,50	0,08	0,10	1,23	0,13
Fenantrè	15,95	0,14	0,09	0,05	0,05	0,24	0,03	0,50	0,08	0,10	1,23	0,08
Antracè	3,38	0,11	0,06	0,05	0,05	0,24	0,03	0,50	0,08	0,10	1,23	0,08
Fluorantè	5,21	0,40	0,05	0,05	0,05	0,24	0,03	0,50	0,08	0,10	1,23	0,08
Pirè	5,78	0,44	0,21	0,05	0,05	0,24	0,03	0,50	0,08	0,10	1,23	0,08
Benzo(a)antracè*	0,51	0,11	0,07	0,02	0,02	0,10	0,01	0,20	0,03	0,04	0,49	0,04
Crissè*	0,55	0,18	0,05	0,02	0,02	0,10	0,01	0,20	0,03	0,04	0,49	0,03
Benzo(b)fluorantè*	0,25	0,20	0,04	0,02	0,02	0,10	0,01	0,20	0,03	0,04	0,49	0,03
Benzo(k)fluorantè*	0,09	0,09	0,02	0,02	0,02	0,10	0,01	0,20	0,03	0,04	0,49	0,03
Benzo(a)pirè*	0,14	0,07	0,07	0,02	0,02	0,10	0,01	0,20	0,03	0,04	0,49	0,03
Dibenzo(a,h)antracè*	0,03	0,04	0,02	0,02	0,02	0,10	0,01	0,20	0,03	0,04	0,49	0,03
Benzo(g,h,i)perilè*	0,07	0,08	0,07	0,02	0,02	0,10	0,01	0,20	0,03	0,04	0,49	0,03
Indè(1,2,3-cd)pirè*	0,06	0,06	0,02	0,02	0,02	0,10	0,01	0,20	0,03	0,04	0,49	0,03
HAP total	**38,99**	**2,64**	**1,22**	**0,73**	**0,81**	**3,62**	**0,47**	**7,57**	**1,27**	**1,50**	**18,75**	**1,43**
Suma HAP8	**1,71**	**0,82**	**0,37**	**0,15**	**0,17**	**0,76**	**0,10**	**1,58**	**0,26**	**0,31**	**3,92**	**0,28**

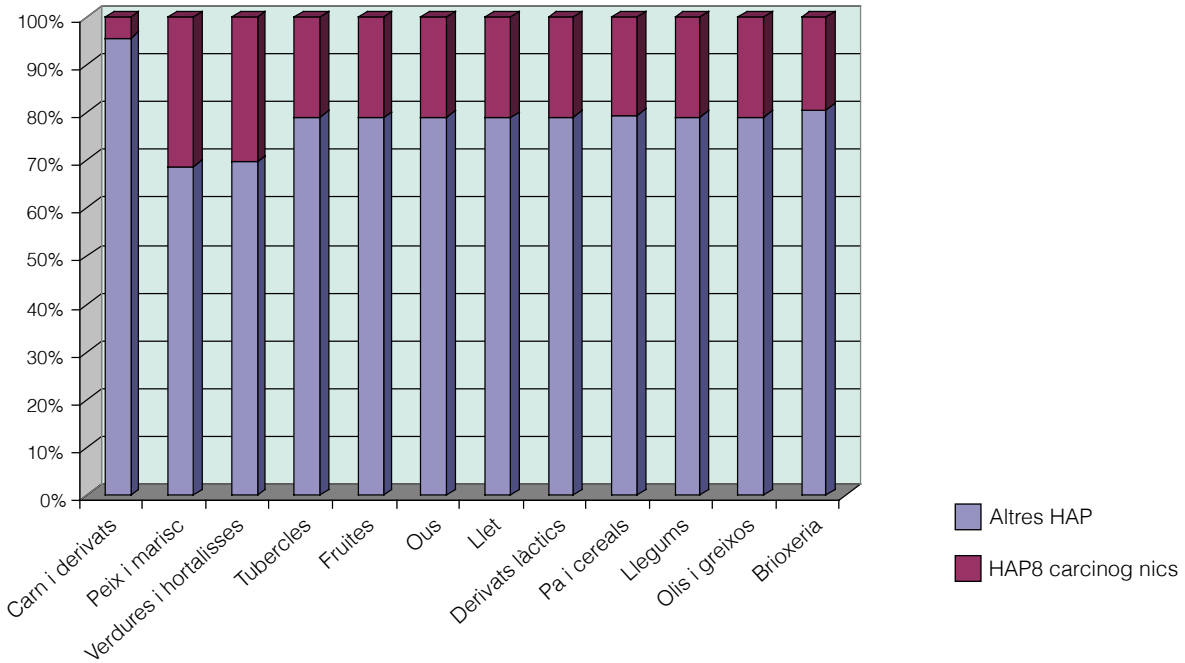
En µg/kg pes fresc

Pel que fa al còmput d'HAP8 els valors de la mitjana més elevats s'han trobat en els grups següents: olis i greixos amb 3,92 µg/kg, en què destaca la margarina amb 4,00 µg/kg; carn i derivats amb 1,71 µg/kg, en què destaca el xoriço amb 14,36 µg/kg, i derivats làctics amb 1,58 µg/kg, en què destaca la crema de caramel amb 2,66 µg/kg.

Cal destacar que aquestes dades, obtingudes bàsicament d'aliments crus, són similars a les obtingudes a l'estudi d'EFSA si es comparen solament els mateixos productes.

A la figura 1 es presenta la proporció, en el total d'HAP estudiats, dels HAP8 en cada un dels grups d'aliments estudiats. S'observa que la proporció dels HAP8 és inferior al 25% en la majoria dels grups d'aliments.

Figura 1. Proporció d'HAP8 en els grups d'aliments



4.2. CONTRIBUCIÓ DELS ALIMENTS A LA INGESTA

La ingesta d'HAP total estimada a través del consum dels aliments considerats és de 6.640 ng/dia, dels quals 644,5 ng/dia corresponen als HAP8. La ingesta de B(a)p s'estima en 74,92 ng/dia.

A la taula 2 es resumeixen aquestes dades per grups d'aliments. Atenent a la ingesta com a HAP total, la contribució més gran prové del grup de la carn i derivats amb 4.750 ng/dia, seguit dels olis i greixos amb 510 ng/dia. En el grup de la carn i derivats destaca la contribució del xoriço amb 3,93 ng/dia i en el dels olis i greixos, l'oli d'oliva amb 460 ng/dia. Observant la ingesta d'HAP8 i de B(a)p, destaca en primer lloc el grup de carn i derivats en tots dos casos.

Taula 2. Ingesta diària estimada de HAP. Resum per grups d'aliments

	Consum d'aliment	Ingesta d'HAP total ng/dia	Ingesta d'HAP8 carcinogènics ng/dia	Ingesta de B(a)p ng/dia
Carn i derivats	150,3	4.750	221,3	19,29
Peix i marisc	52,94	100	30,77	2,99
Verdures i hortalisses	129,2	200	62,06	11,38
Tubercles	73,06	50	11,25	1,41
Fruites	160,7	150	31,45	3,93
Ous	31,07	110	23,78	2,97
Llet	127,1	70	15,53	1,94
Derivats làctics	85,47	290	60,43	7,55
Pa i cereals	217,1	280	59,15	7,39
Llegums	28,50	50	9,92	1,24
Olis i greixos	27,09	510	106,5	13,31
Brioxeria	19,04	60	12,42	1,51
Total aliments estudi	**1102**	**5.850**	**570,1**	**66,18**
Total aliments considerat	**1284**	**6.640**	**644,5**	**74,92**

A les figures 2, 3 i 4 es representen els percentatges de contribució dels diferents aliments a la ingesta diària estimada d'HAP totals, d'HAP8 i de B(a)p.

Es pot comprovar que, tant en HAP totals, com HAP8 o B(a)p, la carn i derivats és el grup més aportador.

Figura 2. Contribució del tipus d'aliment a la ingesta d'HAP totals

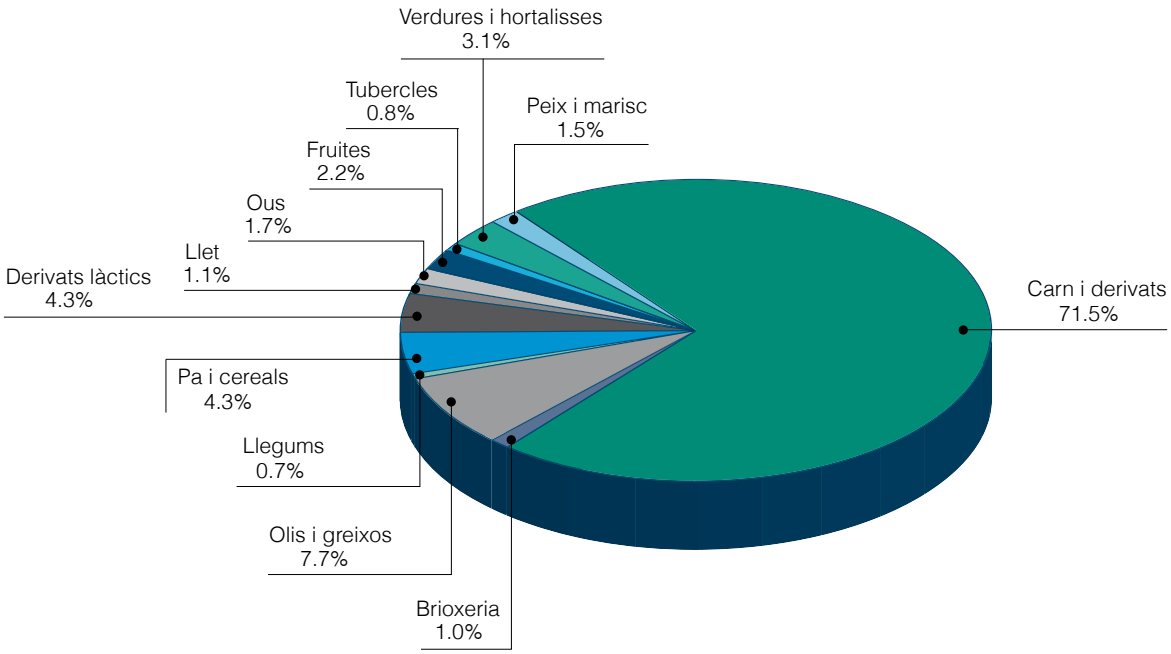


Figura 3. Contribució del tipus d'aliment a la ingesta d'HAP8

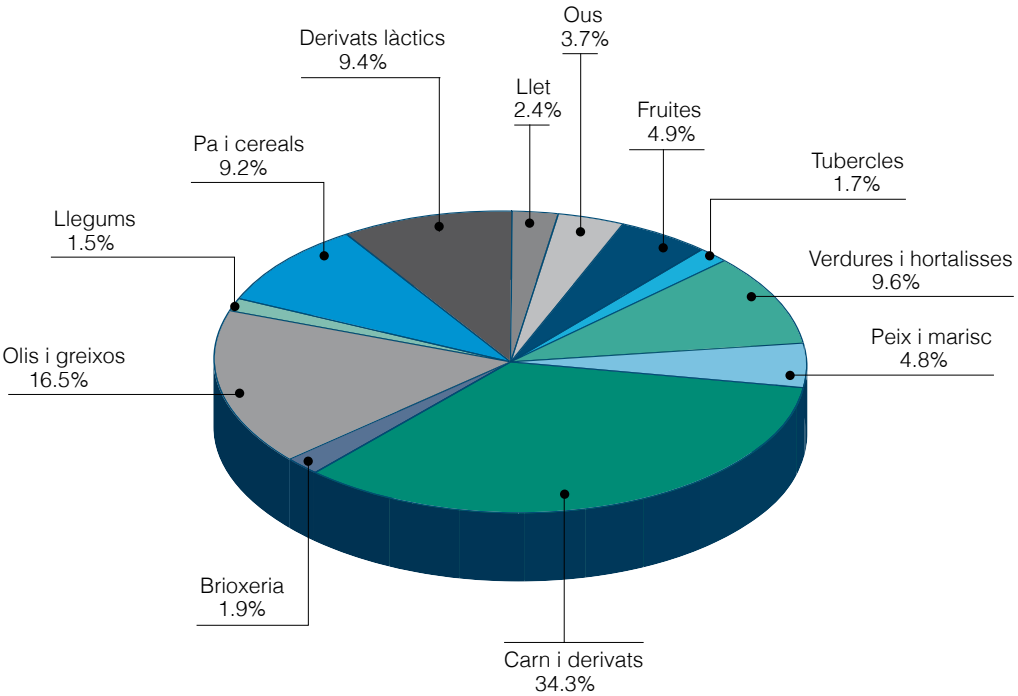
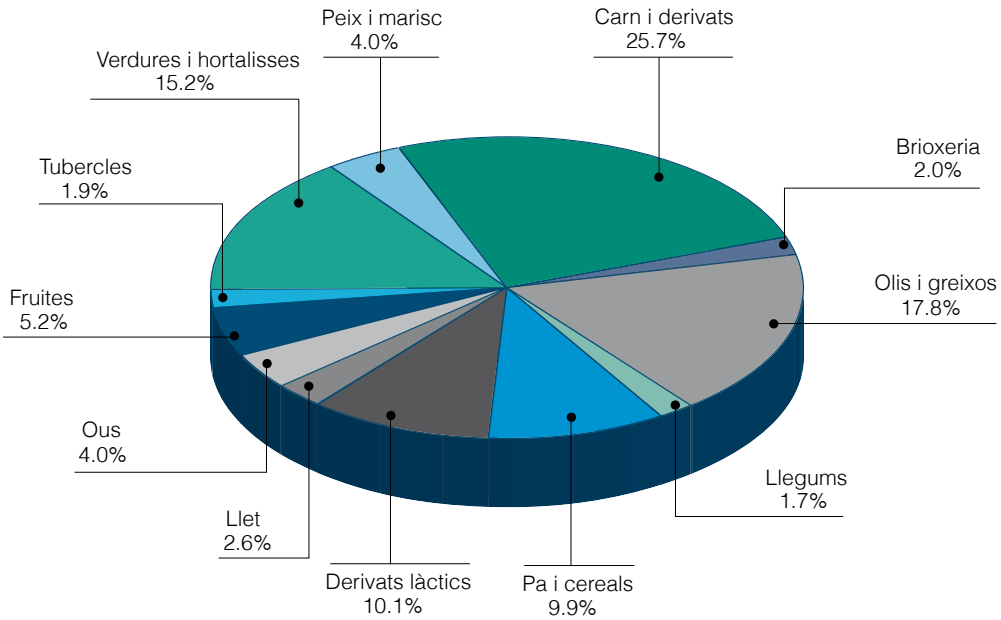


Figura.4. Contribució del tipus d'aliment a la ingesta de B(a)p



4.3. INGESTA DIÀRIA ESTIMADA PER GRUPS DE POBLACIÓ

La taula 3 mostra la ingesta estimada d'HAP per als diferents grups de població, segons edat i sexe. La ingesta estimada més elevada correspon als grups dels nois adolescents.

Taula 3. Ingesta diària estimada d'HAP del grups de població

Grup de població	Ingesta d'HAP total ng/dia	Ingesta d'HAP8 carcinogènics ng/dia	Ingesta de B(a)p ng/dia
Homes	6.640	644,5	74,92
Dones	3.810	480,3	56,48
Nens/es	7.590	733,4	82,40
Nois adolescents	8.200	666,8	71,41
Noies adolescents	5.490	508,6	56,46
Homes més grans de 65 anys	3.520	549,0	72,59
Dones més grans de 65 anys	2.550	395,2	49,17

4.4. AVALUACIÓ DEL RISC

4.4.1. Comparació amb els nivells de seguretat establerts

A la taula 4 es presenta la ingesta diària estimada de HAP, en els diferents grups de població expressada en funció del pes corporal. Com és habitual en la majoria de contaminants, al expressar l'exposició en relació al pes corporal, el grup dels nens es destaca.

Per als HAP cancerígens, l'EFSA ha proposat com a llindar de seguretat la $BMDL_{10}$ o dosi experimental, crònica, que produeix un 10% d'incidència de tumors en ratolins (límit inferior de l'interval de confiança del 95% corresponent a la dosi).

Els valors de $BMDL_{10}$ per als HAP que recomana l'EFSA s'extreuen dels treballs de carcinogènesi duts a terme per Culp i col·laboradors el 1998. Per al B(a)p s'ha fixat una $BMDL_{10}$ de 0,07 mg/kg de pes corporal i dia ($7 \cdot 10^4$ ng/kg/dia) i, per a HAP8, de 0,49 mg/kg pc i dia ($49 \cdot 10^4$ ng/kg/dia).

Com es pot comprovar, les dades corresponents a la ingesta a Catalunya són clarament inferiors al límit de seguretat establert per l'EFSA.

Taula 4 Ingesta diària estimada d'HAP dels grups de població en funció del pes corporal

Grup de població	Ingesta d'HAP total ng/dia	Ingesta d'HAP8 carcinogènics ng/dia	Ingesta de B(a)p ng/dia
Homes	90	9,21	1,07
Dones	70	8,73	1,03
Nens/es	320	30,56	3,43
Nois adolescents	150	11,91	1,28
Noies adolescents	100	9,60	1,07
Homes més grans de 65 anys	50	8,45	1,12
Dones més grans de 65 anys	40	6,59	0,82

Seguint les recomanacions d'EFSA, s'ha estimat el marge d'exposició o MOE (margin of exposure). El MOE és un quocient de risc i es calcula dividint una dosi de la que es coneix el percentatge d'efecte que produeix experimentalment, per la dosi que es vol avaluar. Per tant, en una situació concreta és desitjable un valor de MOE com més alt millor.

Per al cas concret dels HAP cancerígens, l'EFSA proposa avaluar la suma dels HAP8 vers la $BMDL_{10}$. El valor de $BMDL_{10}$ per al B(a)p és de 4,2 mg/dia, i per als HAP8, de 29,4 mg/dia.

S'ha calculat els MOE dels grups amb les ingestes més altes del nostre estudi. L'EFSA considera que valors de MOE iguals o inferiors a 10.000 indiquen un risc per al grup de població avaluat. Com es pot observar a la taula 5, els valors de MOE obtinguts a la nostra població són bastant superiors: entre 45.000 i 40.000 en funció del grup d'edat, a diferència del que s'ha estimat per a un europeu,

17.000, en el cas de l'estudi d'EFSA. Aquesta diferència s'explica en part pel fet que l'estudi l'EFSA que avalua específicament aquests contaminants, analitza principalment els aliments processats tèrmicament, com ara el peix fumat, la carn a la brasa, la fruita dessecada o el cafè, els quals contenen concentracions més altes que els productes frescos, que són els majoritaris en el nostre estudi, ja que els HAP també es formen in situ durant la cocció a altes temperatures.

Taula 5. Valors de MOE per l'exposició a HAP8 i B(a)p

Ingesta diària	HAP8*	MOEHAP8	B(a)p*	MOEB(a)p
Home adult, EFSA	1.729	17.000	235	17.900
Home adult	644,5	45.606	74,92	56.147
Nens/es	733,4	40.078	82,40	51.050
Nois adolescents	666,8	44.081	71041	58.906

*En ng/dia

Per als compostos que tenen dosi de referència (RfD), dosi per sota de la qual és molt improbable que apareguin efectes tòxics, l'avaluació es fa individualment. Per a tots els grups de població, taula 6, es pot observar una ingesta diària molt per sota d'aquests valors de referència. Els corresponents quocients de risc obtinguts dividint l'exposició per la RfD donen valors molt inferiors a la unitat en tots els casos.

Taula 6 Ingesta diària corresponent als HAP amb dosi de referència establerta

	Antracè	Acenaftè	Fluorantè	Fluorè	Naftalé	Pirè
Homes	1,2E-05	2,7E-06	1,3E-05	6,3E-06	7,1E-06	1,5E-05
Dones	7,0E-06	2,3E-06	1,0E-05	4,8E-06	5,4E-06	1,1E-05
Nens/es	8,6E-06	2,9E-06	1,2E-05	6,0E-06	1,5E-05	1,4E-05
Nois adolescents	1,0E-05	3,0E-06	1,5E-05	7,1E-06	8,2E-06	1,7E-05
Noies adolescents	8,0E-06	2,5E-06	1,2E-05	5,5E-06	6,0E-06	1,3E-05
Homes més grans de 65 anys	6,4E-06	2,3E-06	9,1E-06	4,5E-06	4,7E-06	1,0E-05
Dones més grans de 65 anys	5,7E-06	2,0E-06	8,1E-06	4,0E-06	4,4E-06	9,1E-06
Dosi de Referència RfD	3,0E-01	6,0E-02	4,0E-02	4,0E-02	2,0E-02	3,0E-02

En mg/kg/dia

4.4.2. Avaluació probabilística de l'exposició

A les taules 7 i 8 es presenten respectivament els resultats de l'avaluació probabilística de l'exposició a HAP total i HAP8 carcinogènics a través de la dieta.

Taula 7. Ingesta relativa d'HAP total per grups de població, Distribució dels valors d'exposició i influència d'algunes incerteses

	Variabilitat						Incertesa c*Q					
Grup de població	mitjana	SD	P50	P75	P90	P95	mitjana	SD	P50	P75	P90	P95
Homes	91,1	68,3	72,9	112,0	170,8	218,8	91,0	70,9	72,6	112,7	173,7	224,9
Dones	79,6	69,3	58,7	95,0	148,3	194,1	79,2	74,0	58,4	94,4	150,6	197,8
Nens/es	149,5	124,0	119,8	184,4	294,5	338,6	147,5	125,4	118,1	182,0	286,5	343,1
Nois adolescents	133,4	103,1	102,9	167,3	291,7	341,6	134,6	105,4	103,9	171,1	292,9	349,8
Noies adolescents	65,7	61,5	48,4	70,6	127,5	197,6	66,8	64,5	49,2	71,8	129,5	202,4
Homes més grans de 65 anys	45,3	33,8	35,3	49,5	78,0	101,7	46,2	37,2	35,5	50,9	81,1	105,3
TOTAL	**84,8**	**74,5**	**61,8**	**104,1**	**169,8**	**220,9**	**87,7**	**78,9**	**64,4**	**107,3**	**172,5**	**230,6**

En ng/kg/dia

Taula 8. Ingesta relativa d'HAP8 per grups de població, Distribució dels valors d'exposició i influència d'algunes incerteses

	Variabilitat						Incertesa c*Q					
Grup de població	mitjana	SD	P50	P75	P90	P95	mitjana	SD	P50	P75	P90	P95
Homes	9,06	3,18	8,46	10,46	12,91	14,87	9,14	3,47	8,46	10,64	13,37	15,50
Dones	9,63	3,42	8,97	11,01	13,56	15,62	9,69	4,15	8,92	11,12	14,09	16,54
Nois adolescents	13,21	5,41	12,07	15,30	19,23	21,69	13,19	5,87	12,04	15,36	19,62	22,41
Noies adolescents	12,17	4,62	11,12	14,41	18,55	20,80	12,15	4,83	11,08	14,53	18,78	21,22
Homes més grans de 65 anys	7,77	2,92	7,16	8,80	11,02	13,37	7,83	3,16	7,14	8,99	11,60	13,85
Dones més grans de 65 anys	7,05	2,13	6,71	8,04	9,57	10,82	7,12	2,51	6,67	8,15	10,12	11,89
TOTAL	**9,50**	**3,55**	**8,77**	**10,96**	**13,70**	**15,89**	**9,56**	**3,93**	**8,79**	**11,15**	**14,10**	**16,55**

En ng/kg/dia

Es pot observar una coincidència considerable entre els valors de les mitjanes de l'estudi probabilístic amb els càlculs deterministes. Lògicament, quan es té en compte la incertesa, aquests valors augmenten. En cap cas, ni en considerar la variabilitat, ni en el pitjor escenari raonable que es crea en tenir en compte les incerteses associades a les dades de consum i de concentració, els valors obtinguts superen el doble o triple dels valors deterministes. Òbviament, donat l'ample marge que separa aquestes dades de qualsevol xifra de risc, en aquests supòsits tampoc no ens aproximem significativament a situacions límit.

En canvi, l'estudi de l'EFSA adverteix que els grans consumidors (percentil 97,5%) de productes a base de cereals i de peix i productes de la pesca es troben en una situació de risc, tot i que s'ha de considerar molt baix, amb unes ingestes de benzo(a)pirè de 389 ng/dia (MOE de 10.800) i d'HAP8 de 3.078 ng/dia (MOE de 9.600).

4.5. EVOLUCIÓ 2000-2005-2008

4.5.1. Concentració

A les figures 5, 6 i 7 es mostren les comparacions de les concentracions mitjanes d'HAP totals, HAP8 i B(a)p trobades en els tres estudis de dieta total a Catalunya.

Per als HAP totals, s'observen algunes davallades com en el cas de la llet, pa i cereals, llegums i brioxeria. Per contra, manifesten increments el grup de la carn i derivats així com els derivats làctics.

Pel que fa als HAP8 s'observa una tendència a la disminució de les concentracions en carn i derivats, peix i marisc, llet, pa i cereals i brioxeria. En canvi, es detecten pujades en els valors de verdures, derivats làctics i olis i greixos.

En el cas del B(a)p s'observa una disminució del contingut en peix i marisc, llet, pa i cereals, i brioxeria. S'aprecien increments en carn i derivats, verdures i derivats làctics.

Figura 5. Comparació de les concentracions mitjanes d'HAP total 2000-2005-2008

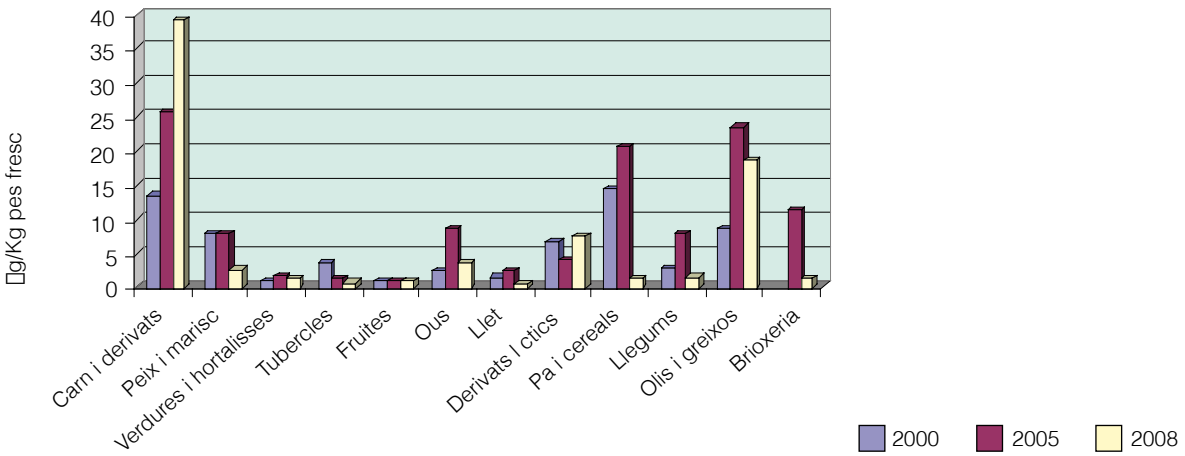


Figura 6. Comparació de les concentracions mitjanes d'HAP8 2000-2005-2008

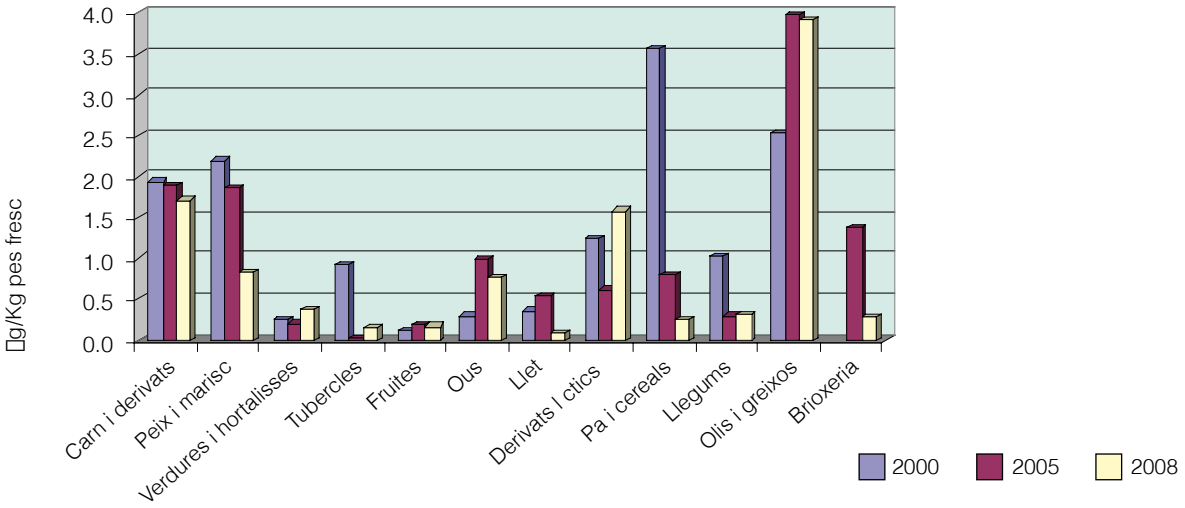
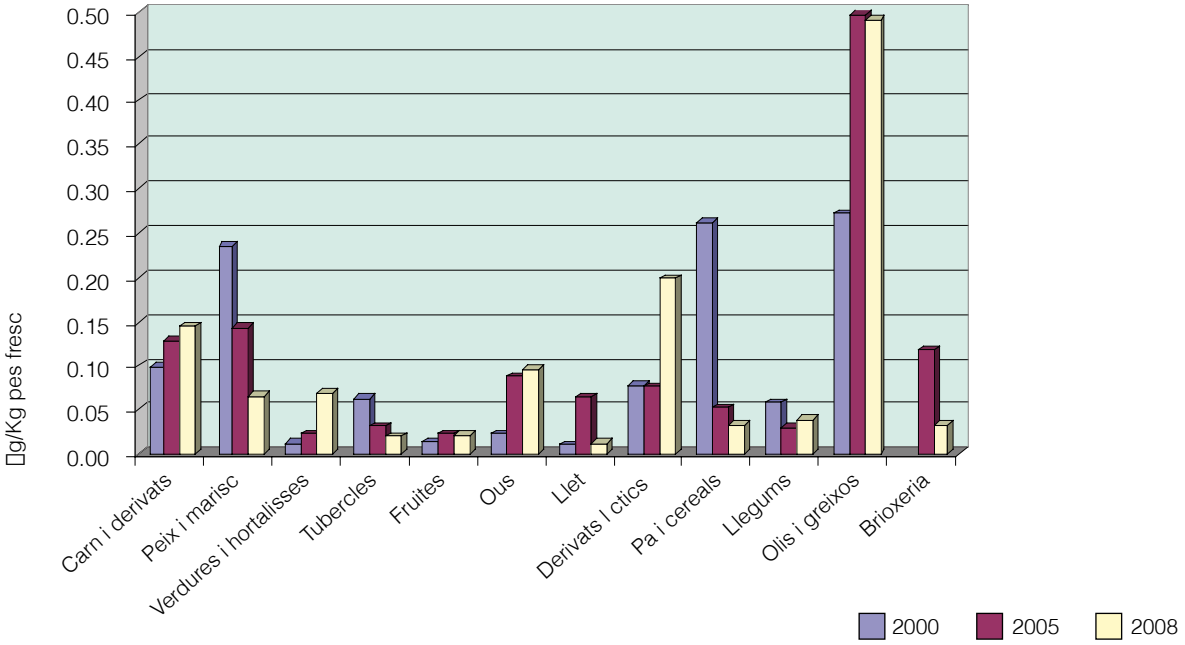


Figura 7. Comparació de les concentracions mitjanes de B(a)p 2000-2005-2008



4.5.2. Ingesta

Com podem observar a la taula 9 la ingesta total d'HAP estimada, per a un individu adult a Catalunya és de 6,64 µg/dia, mentre que l'any 2005 va ser de 12,04 µg/dia (44.3%) i al 2000 de 8,42 µg/dia. Pel que fa a l'evolució dels valors d'ingesta per al conjunt dels HAP8 i el B(a)p, s'aprecia un notable descens, que es pot xifrar en un 31,4% i un 16,1% respectivament.

Taula 9. Variació en la ingesta diària d'HAP totals, HAP8 i B(a)p. 2000-2005-2008

	Consum d'aliment g/dia		**HAP total** µg/dia			**HAP8** ng/dia			**B(a)p** ng/dia		
	2000	**Encat 2003**	**2000**	**2005**	**2008**	**2000**	**2005**	**2008**	**2000**	**2005**	**2008**
Carn i derivats	185	171,9	2,49	3,28	4,75	358,3	306,4	221,3	18,13	25,70	19,29
Peix i marisc	92	67,53	0,73	0,34	0,10	201,2	74,46	30,8	21,62	7,14	2,99
Verdures i h.	226	159,7	0,20	0,34	0,20	56,95	30,19	62,1	2,94	3,53	11,38
Tubercles	74	73,06	0,27	0,09	0,05	68,30	2,26	11,3	4,66	2,26	1,41
Fruites	239	193,6	0,23	0,20	0,15	29,88	35,70	31,5	3,35	4,52	3,93
Ous	34	31,29	0,08	0,27	0,11	10,30	30,66	23,8	0,78	2,78	2,97
Llet	217	128,4	0,33	0,40	0,07	78,12	88,01	15,5	2,39	10,72	1,94
Der. làctics	106	75,62	0,70	0,14	0,29	132,9	22,50	60,4	8,27	2,81	7,5
Pa i cereals	206	224,3	2,98	5,47	0,28	734,8	174,2	59,1	53,97	9,92	7,39
Llegums	24	30,36	0,07	0,22	0,05	24,46	9,06	9,9	1,39	0,94	1,24
Olis i greixos	41	27,16	0,36	0,85	0,51	103,6	107,4	106,4	11,15	13,42	13,31
Brioxeria		45,45		0,46	0,06		58,26	12,4		5,55	1,51
Total aliments considerat	**1444**	**1228**	**8,42**	**12,04**	**6,64**	**1799**	**939,2**	**644,5**	**128,6**	**89,29**	**74,9**

4.6. ALTRES ESTUDIS

A la taula 10 i 11 es presenten les dades d'alguns estudis similars d'arreu del món.

Taula 10. Ingesta diària d'HAP. Comparativa amb altres estudis d'ingesta

País	µg/dia	Autors
Catalunya	6,64	Aquest estudi
Espanya	8,75-10,21	Duarte-Salles i cols., 2010
Espanya	8,4	Yoon i col., 2007
Catalunya	12,04	Estudi 2005
Espanya	8,57	Ibañez, R i col., 2005
Catalunya	8,4	Estudi 2000
Nova Zelanda	3,2	Thomson, B i col., 1996
Itàlia	3	Lodovici, M i col., 1995
Estats Units	3	Menzie, CA i col.,1992
Holanda	entre 5 i 17	de Vos, RH i col., 1990
Regne Unit	3,7	Dennis, MJ i col., 1983

Taula 11. Ingesta diària de benzo(a)piré. Comparativa amb altres estudis d'ingesta

País	ng/dia	Autors
Catalunya	74,9	Aquest estudi
Xina	487,64	Xia i col., 2010
Espanya	188-199	Duarte-Salles i cols., 2010
UE	186-258	EFSA,2008
Iran	70,6-91,4	Hakami i cols., 2008
Corea	124,55	Lee i cols., 2007
Catalunya	89,29	Estudi 2005
Espanya	140	Ibañez, R i col., 2005
Catalunya	128,6	Estudi 2000

5 Mercuri

El mercuri és un element natural que es troba a l'aire, l'aigua i el sòl. Les principals fonts de mercuri a l'ambient són les emissions industrials. El mercuri es troba en diverses formes orgàniques i inorgàniques i és persistent en el medi ambient. Les tres formes predominants són: a) el mercuri elemental o metàl·lic (amb el símbol químic Hg^0; b) el mercuri iònic o inorgànic (amb el símbol químic Hg^2) present a la natura com a compost o complex en solució, i c) el mercuri orgànic, del qual el metilmercuri (amb el símbol químic MeHg) és el més important.

El mercuri elemental s'utilitza en la indústria química per obtenir clor, àlcalis, monòmers de clorovinil, amalgames dentals i, en la indústria electrònica, per fabricar instruments de mesura, bombetes de baix consum, etc. El mercuri inorgànic s'utilitza en la indústria química com a reactiu químic en l'obtenció de pintures i bateries. Una altra font d'emissió són els combustibles fòssils, com ara el carbó, el gasoil i el petroli que s'utilitzen per produir energia. El metilmercuri es forma a partir dels microorganismes del sòl i de l'aigua i es bioacumula al llarg de la cadena tròfica aquàtica; depredadors com el tauró, el peix espasa o emperador i la tonyina són les espècies que més en contenen, a causa de la seva llarga vida i de la seva exclusiva dieta carnívora.

L'absorció de mercuri inorgànic per via oral varia en adults entre un 2 i un 38%, en funció de la forma química. La majoria de formes es troba en un rang d'absorció d'entre el 10 i el 15% (JECFA, 2011)[1]. Els increments del pH intestinal, les dietes làcties (important en el cas dels neonats) i l'augment de l'activitat pinocitòsica en el tracte intestinal (com succeeix en els nadons) n'afavoreixen l'absorció. El mercuri inorgànic té una capacitat limitada per travessar la barrera hematoencefàlica, la placenta i també per passar a la llet. S'acumula principalment al ronyó. La semivida de les formes inorgàniques varia de 30 a 60 dies en funció de l'òrgan; al ronyó i al cervell és on perduren més (UNEP/WHO)[2].

El mercuri inorgànic provoca danys renals greus. El primer efecte que s'observa és una glomerulonefritis autoimmune (inflamació renal). En infants que han ingerit accidentalment clorur de mercuri s'ha vist afectat el sistema cardiovascular (augment de la pressió sanguínia i de les pulsacions cardíaques). Alguns estudis apunten que podria causar efectes sobre el desenvolupament neuronal i que algunes formes poden ser mutagèniques i arribar a les gònades femenines. No s'ha demostrat que tingui efectes genotòxics ni que sigui cancerigen per als humans. Les dades d'estudis carcinogènics en animals són limitades. En tot cas, l'òrgan més sensible és el ronyó i tots els altres efectes tòxics, com ara el càncer, s'observen a dosis superiors a la que causa dany renal (UNEP/WHO).[2]

El mercuri orgànic s'absorbeix a través del sistema digestiu fins al 95%. De totes les espècies químiques orgàniques, el compost metilmercuri és el més important en els aliments. Es distribueix per tot el cos i pot travessar fàcilment la placenta i la barrera hematoencefàlica. Fetus, nadons i infants són especialment susceptibles a l'exposició al metilmercuri a causa de la vulnerabilitat del seu sistema nerviós en desenvolupament. Els efectes adversos inclouen dèficits comportamentals, pèrdua neuronal, atàxia, trastorns visuals i de l'oïda i paràlisi (UNEP/WHO).[2]

El Comitè Mixt de l'OMS i la FAO d'Experts en Additius Alimentaris (JECFA) ha avaluat en diverses ocasions el mercuri. El 2003 va establir una ingesta setmanal tolerable provisional (ISTP) per al mercuri total de 5 µg/kg de pes corporal i setmana, de la qual només d'1,6 µg/kg de pes corporal i setmana de metilmercuri (JECFA, 2003). El valor de seguretat del metilmercuri es va estimar a partir

1 Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization. Safety evaluation of certain contaminants in food. FAO JECFA Monographs 8 / Who Food Additives Series: 63, 2011.

2 United Nations Environment Program and World Health Organisation. Guidance for identifying populations at risk from mercury exposure. Geneva, 2008.

de l'absència d'efectes sobre el desenvolupament mental en nens de 4 a 7 anys de mares de les Illes Fèroe i Seychelles, grans consumidores de productes de la pesca. Aquests resultats s'han vist confirmats per altres estudis efectuats a Nova Zelanda, Illa de Madeira i l'Amazònia (UNEP/WHO, 2008). Recentment, el Comitè ha proposat que es retiri la ISTP per al mercuri total i s'adopti una ISTP per al mercuri inorgànic de 4 µg/kg de pes corporal per setmana (JECFA, 2011), estimada a partir de dades de toxicitat sobre el ronyó. Aquest valor s'aplicaria a l'exposició als aliments diferents dels productes de la pesca. La nova ingesta setmanal tolerable provisional està pendent de ratificació.

5.1 RESULTATS DE LES ANÀLISIS D'ALIMENTS

Les concentracions detectades en els diferents aliments analitzats es presenten a la taula 5.1. Com és habitual, en conjunt el grup del peix és el que mostra unes concentracions més elevades. Els valors més alts s'han detectat a l'emperador amb un valor mitjà de 0,87 µg/g de pes fresc i la tonyina amb 0,55 µg/g de pes fresc. Entre les mostres de peix i marisc, els valors més baixos es troben a la sardina en llauna, el salmó, la sípia, la cloïssa i el calamar.

Taula 5.1. Concentració de mercuri total en els aliments. Valors de mitjana

	Hg total	Me Hg
Carn i derivats	0,013	-
Peix i marisc	0,145	0,131
Verdures i hortalisses	0,007	-
Tubercles	0,010	-
Fruites	0,006	-
Ous	0,004	-
Llet	0,004	-
Derivats làctics	0,005	-
Pa i cereals	0,008	-
Llegums	0,008	-
Olis i greixos	0,006	-
Brioixeria	0,005	-

En µg/g pes fresc

S'observa a la taula 5.2 que les concentracions més altes de metilmercuri es troben en les espècies de peix que són grans predadors, com ara la tonyina i el peix espasa.

Taula 5.2. Concentració mitjana de metilmercuri en les espècies de peix i marisc analitzades

	2008
Sardina	0,019
Sardina en llauna	0,017
Tonyina	0,449
Tonyina en llauna	0,132
Seitó	0,063
Verat	0,048
Peix espasa	0,782
Salmó	0,007
Lluç	0,031
Moll	0,201
Llenguado	0,027
Sípia	0,008
Calamar	0,004
Cloïssa	0,016
Musclo	0,015
Gamba	0,229

En µg/g pes fresc

En el peix i marisc, el metilmercuri pot representar més del 90% del mercuri total (Bloom NS,1992)[3]. Aquest valor s'ha pres com a referència en les avaluacions de JECFA, d'UNEP/WHO i d'aquest estudi. Alguns estudis indiquen que el percentatge de metilmercuri respecte del total pot variar molt, disminuint en espècies de peixos que no són grans predadors. Les concentracions de metilmercuri en cada espècie de peix és més elevada en general quan augmenta la mida o el pes, paràmetres que es correlacionen amb una edat i un nivell tròfic elevats. Es recomana que en els estudis d'exposició s'analitzin amb detall les espècies de peix i marisc que consumeix la població, així com que se n'estimi amb cura el patró de consum (UNEP/WHO, 2008).

3 Bloom NS (1992). On the methylmercury content of fish tissue. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.

5.2 CONTRIBUCIÓ DELS ALIMENTS A LA INGESTA

La taula 5.3 presenta la ingesta diària estimada de mercuri i metilmercuri per a un home adult.

Taula 5.3. Ingesta diària estimada de mercuri total i metilmercuri. Home adult. Resum per grups d'aliments

	Consum d'aliment g/dia	Ingesta de Hg total µg/dia	Ingesta de MeHg µg/dia
Carn i derivats	171,9	2,40	
Peix i marisc	67,53	5,39	4,85
Verdures i hortalisses	159,7	1,60	
Tubercles	73,06	0,74	
Fruites	193,6	1,37	
Ous	31,29	0,14	
Llet	157,5	0,70	
Derivats làctics	101,3	0,47	
Pa i cereals	225,3	1,99	
Llegums	30,36	0,28	
Olis i greixos	27,16	0,12	
Brioixeria	45,45	0,23	
TOTAL aliments considerats	**1.284**	**15,41**	**4,85**

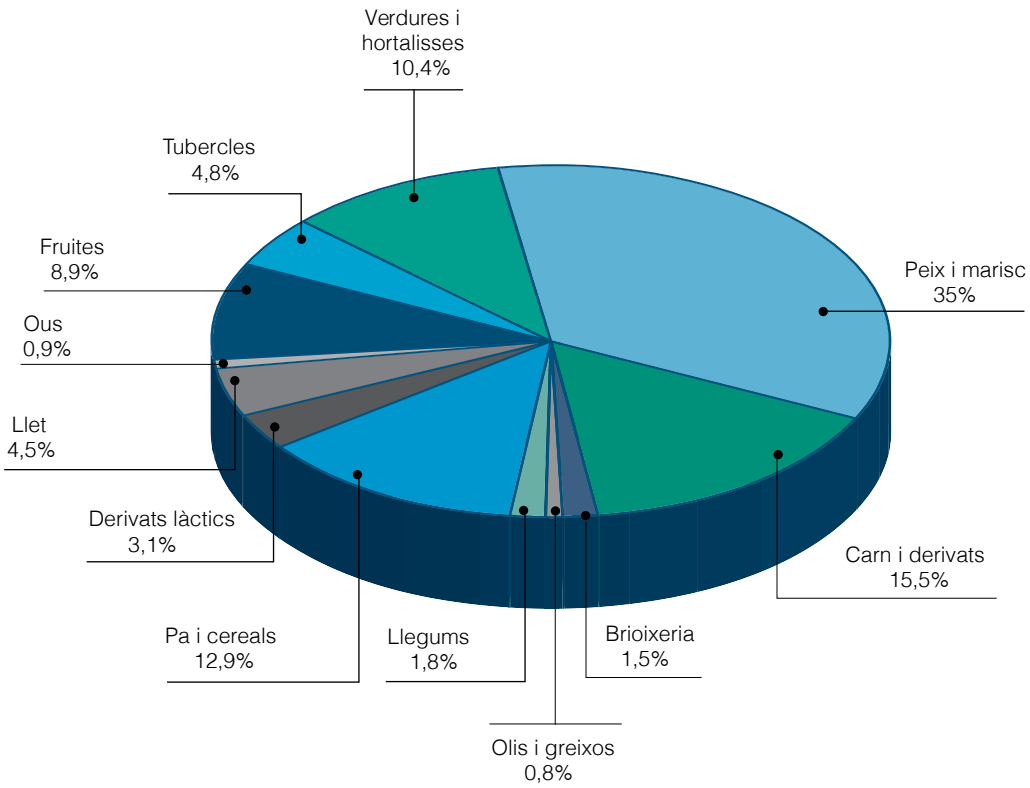
La ingesta estimada de mercuri total per a un home estàndard a través de la dieta és de 15,41 µg/dia i la de metilmercuri és de 4,85 µg de MeHg/dia.

La contribució més important a aquesta ingesta es deu a la tonyina en llauna i a la gamba, amb 1,25 µg/dia i 0,90 µg/dia, respectivament. Tot i que l'emperador és l'aliment estudiat que presenta més concentració de mercuri, el seu consum és baix (0,06 g/dia), per la qual cosa no representa una contribució global significativa a escala poblacional, però cal tenir en compte que a escala individual sí que pot ser significatiu (taula 5.4).

Taula 5.4. Contribució a la ingesta de metilmercuri per espècie de peix i marisc

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

Figura 5.1. Contribució del tipus d'aliment a la ingesta diària de mercuri total



5.3 INGESTA DIÀRIA ESTIMADA PER GRUPS DE POBLACIÓ

La taula 5.5 mostra la ingesta estimada de mercuri per als diferents grups de població, segons edat i sexe.

L'home adult és el grup de població que fa una ingesta diària de mercuri més elevada, amb 15,41 µg/dia.

Taula 5.5. Ingesta diària estimada de mercuri i metilmercuri dels diferents grups de població

Grup de població	Ingesta diària de mercuri total	Ingesta diària de metilmercuri
Homes	15,41	4,85
Dones	13,67	4,58
Nens i nenes	13,35	4,47
Nois adolescents	14,27	3,23
Noies adolescents	12,14	3,18
Homes més grans de 65 anys	13,65	3,91
Dones més grans de 65 anys	10,82	2,87

En µg/dia

5.4 AVALUACIÓ DEL RISC

5.4.1 Comparació amb els nivells de seguretat establerts

A la taula 5.6 es mostra la ingesta estimada de mercuri total i metilmercuri en els diferents grups de població, expressada en funció del pes corporal.

Així, l'home adult, amb una ingesta d'1,54 µg/kg/setmana, derivada majoritàriament del consum de peix (0,54 µg/kg/setmana), està clarament per sota del nivell de seguretat toxicològica establert pel JECFA de 5 µg/kg/setmana. Els nens i nenes són els que han presentat una ingesta setmanal de mercuri més elevada amb 3,89 µg/kg/setmana.

Taula 5.6. Ingesta de mercuri total i metilmercuri relativa al pes corporal

Grup de població	Ingesta diària de mercuri total	Ingesta setmanal de mercuri total	Ingesta diària de metilmercuri	Ingesta setmanal de metilmercuri
Homes	0,22	1,54	0,07	0,49
Dones	0,25	1,74	0,08	0,58
Nens i nenes	0,56	3,89	0,19	1,31
Nois adolescents	0,25	1,78	0,06	0,40
Noies adolescents	0,23	1,60	0,06	0,42
Homes més grans de 65 anys	0,21	1,47	0,06	0,42
Dones més grans de 65 anys	0,18	1,26	0,05	0,33

En µg/kg/dia i µg/kg/setmana (aproximada)

Pel que fa a la ingesta de metilmercuri, el JEFCA estableix el valor de la ingesta tolerable en 1,6 µg/kg/setmana; els nens i les nenes són els que presenten un valor d'ingesta més elevat, d'1,31 µg/kg/setmana (1,83 en l'estudi del 2005 i 1,31 en el de 2000), seguit del grup de les dones amb 0,58 µg/kg/setmana. En cap cas se supera el límit establert.

Cal esmentar que el 2003 el JEFCA (FAO/OMS) va reduir la ingesta setmanal provisional tolerable per al metilmercuri de 3,3 µg/kg/setmana a 1,6 µg/kg/setmana, a causa dels efectes sobre el desenvolupament neurològic en el fetus. Així, tot i que la xifra que es podria aplicar a la població general sigui de 3,3 µg/kg/setmana, és convenient aplicar una ISTP de 1,6 µg/kg/setmana per a tota la població, adults, nens i nenes i embaraçades per a més seguretat.

5.4.2 Avaluació probabilística de l'exposició

A la taula 5.7 es presenten els resultats de l'avaluació probabilística de l'exposició al mercuri total a través de la dieta.

Taula 5.7. Ingesta relativa de mercuri total per grups de població. Distribució dels valors d'exposició i influència d'algunes incerteses

	Variabilitat						Incertesa c*Q					
Grup de població	mitjana	SD	P50	P75	P90	P95	mitjana	SD	P50	P75	P90	P95
Homes	1,40	0,35	1,40	1,61	1,89	2,03	1,47	0,56	1,33	1,68	2,10	2,45
Dones	1,61	0,49	1,54	1,82	2,17	2,38	1,68	0,70	1,54	1,89	2,38	2,80
Nois adolescents	1,75	0,49	1,68	1,96	2,31	2,52	1,82	0,84	1,68	2,10	3,70	3,15
Noies adolescents	1,68	0,42	1,61	1,89	2,17	2,38	1,68	0,77	1,54	1,96	2,45	2,94
Homes més grans de 65 anys	1,33	0,35	1,26	1,47	1,75	1,89	1,33	0,49	1,26	1,54	1,89	2,24
Dones més grans de 65 anys	1,26	0,35	1,19	1,40	1,61	1,75	1,26	0,49	1,19	1,47	1,82	2,14
TOTAL	1,54	0,42	1,47	1,75	2,03	2,24	1,54	0,77	1,40	1,75	2,24	2,59

En µg/kg/setmana

Es pot observar una gran coincidència entre els valors de les mitjanes de l'estudi probabilístic amb els càlculs deterministes. Lògicament, en tenir en compte la incertesa associada a les dades de consum i de concentració, aquests valors augmenten. En cap cas s'observa que l'exposició superi el nivell de seguretat toxicològic de 5 µg/kg/setmana, establert pel Comitè Mixt FAO/OMS d'experts en additius i contaminants alimentaris (JECFA). El percentil 95 (alt) de la població realitza una ingesta de mercuri entre 2,14-3,12 µg/kg/setmana, segons el grup considerat.

A la taula 5.8 es presenten els resultats de l'avaluació probabilística de l'exposició al metilmercuri a través de la dieta.

Taula 5.8. Ingesta relativa de metilmercuri per grups de població. Distribució dels valors d'exposició i influència d'algunes incerteses

	Variabilitat						Incertesa c*Q					
Grup de població	mitjana	SD	P50	P75	P90	P95	mitjana	SD	P50	P75	P90	P95
Homes	0,462	0,273	0,413	0,595	0,798	0,945	0,497	0,455	0,339	0,616	0,917	1,176
Dones	0,532	0,343	0,469	0,665	0,903	0,155	0,567	0,518	0,448	0,693	1,043	1,372
Nois adolescents	0,455	0,392	0,371	0,567	0,798	0,994	0,490	0,588	0,343	0,567	0,917	1,337
Noies adolescents	0,434	0,252	0,055	0,553	0,756	0,924	0,455	0,553	0,343	0,546	0,875	1,169
Homes més grans de 65 anys	0,427	0,245	0,378	0,539	0,742	0,889	0,441	0,357	0,364	0,553	0,805	1,022
Dones més grans de 65 anys	0,350	0,217	0,315	0,448	0,602	0,707	0,364	0,287	0,301	0,455	0,658	0,840
TOTAL	0,483	0,308	0,420	0,609	0,826	0,987	0,497	0,497	0,392	0,609	0,910	1,183

En µg/kg/setmana

També en aquest cas es pot observar una gran coincidència entre els valors de les mitjanes de l'estudi probabilístic amb els càlculs deterministes. De la mateixa manera, en tenir en compte la incertesa, aquests valors augmenten. En cap cas, ni quan es considera la variabilitat, ni en el pitjor escenari raonable que es crea en tenir en compte les incerteses associades a les dades de consum i de concentració, s'observa que l'exposició calculada superi el nivell de seguretat toxicològic d'1,6 µg de metilmercuri/kg/setmana, establert pel Comitè Mixt FAO/OMS d'experts en additius i contaminants alimentaris (JECFA). El percentil 95 (alt) de la població realitza una ingesta de metilmercuri entre 0,840-1,372 µg/kg/setmana, segons el grup considerat.

5.5 EVOLUCIÓ 2000-2005-2008

5.5.1 Concentració

Les variacions temporals en la concentració de mercuri en els grups d'aliments es mostren a les taules 5.9 i 5.10. S'observa un increment en la concentració en carn i derivats, verdures i hortalisses, tubercles i pa i cereals. Així mateix, s'observa una disminució en peix i marisc, fruita, ous i llegums.

Taula 5.9. Variació temporal de Hg total en els grups d'aliments

	2000	2005	2008
Carn i derivats	0,012	0,005	0,013
Peix i marisc	0,097	0,247	0,145
Verdures i hortalisses	0,0005	0,004	0,007
Tubercles	0,003	0,004	0,010
Fruita	0,0005	0,008	0,006
Ous	0,008	0,009	0,004
Llet	0,003	0,004	0,004
Derivats làctics	0,012	0,004	0,005
Pa i cereals	0,030	0,004	0,008
Llegums	0,0005	0,022	0,008
Olis i greixos	0,030	0,004	0,006
Brioixeria	-	0,004	0,005

En µg/g pes fresc

Taula 5.10. Variació temporal de la concentració mitjana de metilmercuri en les espècies de peix i marisc

	2000	2005	2008
Sardina	0,054	0,082	0,019
Sardina en llauna			0,017
Tonyina		0,485	0,449
Tonyina en llauna			0,132
Anxova		0,082	0,063
Verat		0,094	0,048
Peix espasa		1,928	0,782
Salmó		0,046	0,007
Lluç	0,092	0,187	0,031
Moll		0,233	0,201
Llenguado		0,082	0,027
Sípia		0,056	0,008
Calamar		0,024	0,004
Cloïssa		0,018	0,016
Musclo	0,024	0,020	0,015
Gamba		0,118	0,229

En µg/g pes fresc

Les concentracions de metilmercuri en les espècies de peix que són grans predadors segueixen sent altes. En canvi, en les espècies de més consum, com ara el lluç, les concentracions analitzades en aquest estudi són més baixes, de manera que la ingesta de metilmercuri a través de la dieta és inferior a l'avaluada als altres estudis.

5.5.2 Ingesta

La ingesta total de mercuri estimada per a un individu estàndard a Catalunya és de 15,41 µg/dia (taula 5.11). Aquest valor és lleugerament inferior a la ingesta estimada l'any 2000 (21,21 µg/dia) i a la del 2005 (18,58 µg/dia). Pel que fa a la ingesta de metilmercuri, considerant que aquesta prové exclusivament del peix, es preveu una disminució del 57% respecte al valor considerat en l'estudi de 2005, dada que es correlaciona amb la disminució de concentració observada.

Taula 5.11. Variacions en la ingesta diària de mercuri total i metilmercuri. 2000-2005-2008

	Consum d'aliment g/dia		Ingesta de Hg total µg/dia			Ingesta de MeHg µg/dia		
	2000	Encat 2003	2000	2005	2008	2000	2005	2008
Carn i derivats	185	171,9	2,28	0,95	2,40			
Peix i marisc	92	67,53	8,92	12,61	5,39	8,03	11,35	4,85
Verdures i hortalisses	226	159,7	0,11	0,61	1,60			
Tubercles	74	73,06	0,22	0,29	0,74			
Fruites	239	193,6	0,12	1,25	1,37			
Ous	34	31,29	0,22	0,28	0,14			
Llet	217	157,5	0,65	0,51	0,70			
Derivats làctics	106	101,3	1,27	0,30	0,47			
Pa i cereals	206	225,3	6,18	0,90	1,99			
Llegums	24	30,36	0,01	0,58	0,28			
Olis i greixos	41	27,16	1,23	0,11	0,12			
Brioixeria		45,45		0,18	0,23			
Total aliments considerats	1444	1284	21,21	18,58	15,41	8,03	11,35	4,85

5.6 ALTRES ESTUDIS

A la taula 5.12 es presenten les dades d'alguns estudis similars d'arreu del món. Tot i ser difícils les comparacions per raó de les diverses metodologies i dissenys d'estudi emprats, es poden utilitzar les dades com a referència.

Taula 5.12. Ingesta diària de mercuri total. Comparativa amb altres estudis d'ingesta

País	Hg total	MeHg	Autors
França	1,38-11,82	1,02	ANSES, 2011
Catalunya	15,41	4,85	Estudi actual
Xina	4,90		Sun i col., 2011
Xina		5,76	Zhang i col., 2010
Itàlia	2,34-6,12	0,66-1,74	Di Leo i col., 2010
Regne Unit	1,4-3,5		Rose i col., 2010
Catalunya	54,81		Rodellar i col., 2010
EUA	8,1		Shilling i col., 2010
Japó	6,76		Zhang i col., 2009
Itàlia	19,20-50,40	4,80-12,24	Monteduro i col., 2007
Xina	2,1		Zheng, N i col., 2007
Corea	1,6		Lee, H i col., 2006
Catalunya	18,58		Estudi 2005
França	9,7		Leblanc, JC i col., 2005
Xile (Santiago de Xile)	5		Muñoz, O i col., 2005
Polònia	6,7		Marzec, Z i col., 2004
Espanya	9,8		Bordajandi, LR i col., 2004
França	9		Noël, L i col., 2003
Catalunya	21,21		Estudi 2000
Regne Unit	31		Ysart, GE i col., 1999
País Basc	18		Urieta, L i col., 1996

En µg/dia

6 Cadmi

El cadmi és un element de l'escorça terrestre que es troba en petites quantitats associat a minerals de zinc, coure i plom. La concentració al sòl s'estima en 0,1 mg/kg-0,15 mg/kg, però aquest nivell natural pot augmentar com a conseqüència d'activitats antropogèniques com la mineria, la producció d'energia a partir de combustibles fòssils, la incineració d'escombreries, la indústria química (pintures, bateries) i l'agricultura (pesticides, fertilitzants fosfatats i de depuradora).

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. Entre els aliments destaquen l'arròs, el blat, les hortalisses (especialment les d'arrels comestibles) i els mol·luscos filtradors (cloïsses, musclos).

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. 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)[1].

El 1993, l'Agència Internacional de Recerca sobre el Càncer (IARC) va classificar el cadmi i els seus compostos en el grup 1 (carcinogen per als humans), a partir d'estudis en humans, principalment sobre estudis d'exposició per inhalació en ambients industrials, i a partir d'estudis en animals. Estudis recents apunten 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 (EFSA, 2009).

El Comitè Mixt de la FAO/OMS d'Experts en Additius i Contaminants Alimentaris (JECFA) ha avaluat en diverses ocasions aquest contaminant (1972, 1988, 1993, 2000, 2004). El Comitè ha fixat en totes aquestes avaluacions una ingesta setmanal tolerable provisional (ISTP) de 7 µg/kg de pes corporal (ingesta diària d'1 µg/kg de pes corporal). El 2010, el Comitè [2] va fixar una nova ingesta mensual tolerable provisional (IMTP) de 25 µg/kg, a partir de dades de marcadors de dany dels túbuls renals i atesa la llarga vida del cadmi en el cos. Aquesta ingesta mensual equival a un ingesta setmanal de 5,8 µg/kg de pes corporal i a una diària de 0,8 µg/Kg de pes corporal. La IMTP està pendent de ratificació.

El Programa de medi ambient de les Nacions Unides (UNEP) va assenyalar el 2006 que la ingesta setmanal de cadmi a partir dels aliments en la majoria dels països està entre 0,7 i 2,8 µg/Kg de pes corporal per setmana, cosa que representa un marge de seguretat petit, inferior a 10, de manera que podria haver-hi grups de població en risc, com ara el de les persones fumadores o vegetarianes.

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

2 Safety evaluation on certains contaminants in food. WHO Food Additives Series: 63. FAO JECFA, Monographs 8. Seventy-second meeting of JECFA, 2011.

El 2009, l'Autoritat Europea de Seguretat Alimentària (EFSA)[3] 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.

6.1 RESULTATS DE LES ANÀLISIS D'ALIMENTS

Les concentracions detectades en els aliments analitzats es presenten a les taules 6.1 i 6.2. Per grups, els nivells més elevats els trobem al peix i marisc i als tubercles; en concret, el musclo, amb 0,354 µg/g de pes fresc, i el calamar, amb 0,288 µg/g de pes fresc, són els que en presenten valors més alts.

Taula 6.1. Concentració mitjana de cadmi en els aliments

Aliments	Cd
Carn i derivats	0,007
Peix i marisc	0,089
Verdures i hortalisses	0,016
Tubercles	0,053
Fruites	0,005
Ous	0,004
Llet	0,004
Derivats làctics	0,006
Pa i cereals	0,023
Llegums	0,007
Olis i greixos	0,005
Brioixeria	0,014

En µg/g pes fresc

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

Taula 6.2. Concentració mitjana de cadmi en les espècies de peix i marisc analitzades

2008	
Sardina	0,014
Sardina en llauna	0,026
Tonyina	0,022
Tonyina en llauna	0,009
Seitó	0,017
Verat	0,014
Peix espasa	0,075
Salmó	0,004
Lluç	0,009
Moll	0,004
Llenguado	0,004
Sípia	0,251
Calamar	0,288
Cloïssa	0,216
Musclo	0,354
Gamba	0,127

En µg/g pes fresc

L'estudi francès de dieta total 2006-2010 de l'ANSES [4] també identifica el marisc i els mol·luscs com els aliments amb més concentració de cadmi, seguits del foie gras i patés, del pa i cereals, tubercles i de productes de brioixeria.

Igualment, l'*Informe resumen de datos de cadmio 2000-2007* de l'AESAN [5] identifica el marisc i els productes a base de marisc com el grup d'aliments que més cadmi conté, amb una mitjana de 0,308 mg/kg, seguit de les despulles (0,275 mg/kg), el peix i productes de la pesca (0,076 mg/kg), les patates (0,05 mg/kg) i els cereals i derivats (0,034 mg/kg).

4 Étude de l'alimentation totale française 2 (EAT 2). Tome 1. Agence nationale de sécurité sanitaire, alimentation, environnement et travail (ANSES), Juin 2011.

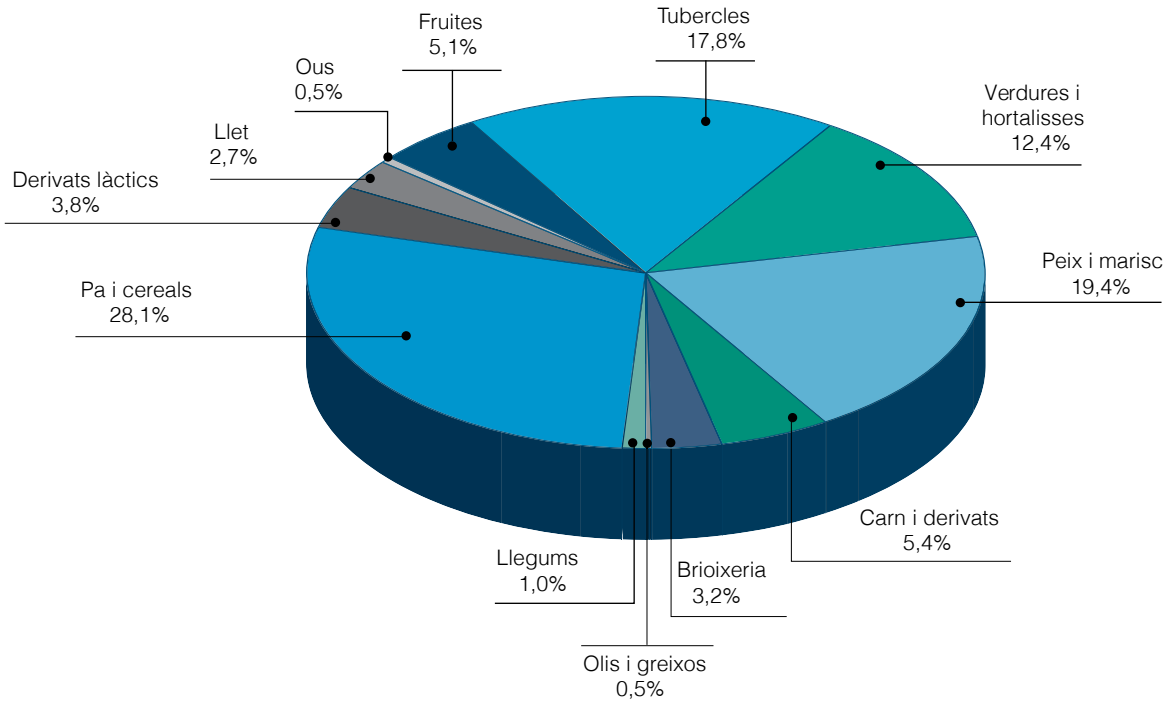
5 Informe resumen de datos de cadmio 2000-2007. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN), 2008.

6.2 CONTRIBUCIÓ DELS ALIMENTS A LA INGESTA

La ingesta estimada de cadmi per a un home adult, a través del consum d'aliments, és de 21,57 µg/dia. Les aportacions més significatives provenen del pa i els cereals, amb 6,06 µg/dia, i del peix i marisc, amb 4,19 µg/dia.

A la figura 6.1 es pot observar la contribució percentual dels diferents grups d'aliments a la ingesta diària de cadmi. A la taula 3.3 es presenta un resum de les dades d'ingesta per grups d'aliments.

Figura 6.1. Contribució dels aliments a la ingesta diària de cadmi



Taula 6.3. Ingesta diària estimada de cadmi. Home adult. Resum per grups d'aliments

	Consum d'aliment g/dia	Ingesta de Cd µg/dia
Carn i derivats	171,9	1,16
Peix i marisc	67,53	4,19
Verdures i hortalisses	159,7	2,68
Tubercles	73,06	3,85
Fruites	193,6	1,10
Ous	31,29	0,12
Llet	157,5	0,59
Derivats làctics	101,3	0,82
Pa i cereals	225,3	6,06
Llegums	30,36	0,21
Olis i greixos	27,16	0,11
Brioixeria	45,45	0,70
TOTAL aliments	**1.284**	**21,57**

6.3 INGESTA DIÀRIA ESTIMADA PER GRUPS DE POBLACIÓ

La taula 6.4 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 per homes adults, seguit dels nois adolescents i dels homes més grans de 65 anys.

Taula 6.4. Ingesta diària estimada de cadmi dels diferents grups de població

	Ingesta de cadmi
Homes	21,57
Dones	18,85
Nens i nenes	16,46
Nois adolescents	21,28
Noies adolescents	18,55
Homes més grans de 65 anys	21,24
Dones més grans de 65 anys	15,77

En µg/dia

6.4 AVALUACIÓ DEL RISC

6.4.1 Comparació amb els nivells de seguretat establerts

A la taula 6.5 es mostra la ingesta diària estimada de cadmi per consum d'aliments en els diferents grups de població expressada en funció del pes corporal.

Taula 6.5. Ingesta de cadmi per consum d'aliments en relació amb el pes corporal

	Ingesta de cadmi µg/kg/dia	Ingesta de cadmi µg/kg/setmana*
Homes	0,308	2,16
Dones	0,343	2,40
Nens i nenes	0,686	4,80
Nois adolescents	0,380	2,66
Noies adolescents	0,350	2,45
Homes més grans de 65 anys	0,327	2,29
Dones més grans de 65 anys	0,263	1,84

* aproximada

Els grups de nens i nenes i el de nois adolescents superen el nou valor de seguretat establert per l'EFSA de 2,5 µg/kg/setmana.

Estudis sobre exposició al cadmi en població infantil efectuats a Alemanya i als EUA indiquen que una fracció petita de la població infantil està sobreexposada i, malgrat això, no presenta dany renal, probablement perquè el ronyó l'acumula i en aquestes edats no és probable que se superi el nivell de càrrega crítica o saturació, per damunt del qual es produirien danys (ANSES, 2011).

Tenint en compte que les dades de la taula 5.5 indiquen una exposició mitjana en la població adulta per sota del nivell de seguretat toxicològica, el fet que se superi aquest nivell en les poblacions infantils i adolescents no reflecteix una situació de risc.

6.4.2 Avaluació probabilística de l'exposició

A la taula 3.6 es presenten els resultats de l'avaluació probabilística de l'exposició al cadmi a través de la dieta.

Taula 6.6. Ingesta diària relativa de cadmi per grups de població. Distribució dels valors d'exposició i influència d'algunes incerteses

	Variabilitat						Incertesa c*Q					
Grup de població	mitjana	SD	P50	P75	P90	P95	mitjana	SD	P50	P75	P90	P95
Homes	2,03	0,56	1,96	2,31	2,73	3,01	2,10	0,63	1,96	2,38	2,87	3,15
Dones	2,31	0,63	2,14	2,59	3,08	3,36	2,31	0,77	2,17	2,66	3,22	3,64
Nois adolescents	2,59	0,63	2,52	2,94	3,43	3,71	2,66	0,70	2,52	3,01	3,47	3,99
Noies adolescents	2,45	0,56	2,38	2,80	3,22	3,50	2,45	0,70	2,38	2,80	3,36	3,71
Homes més grans de 65 anys	1,89	0,49	1,82	2,17	2,52	2,73	0,27	0,63	1,82	2,24	2,66	3,01
Dones més grans de 65 anys	1,75	0,42	1,75	2,03	2,38	2,59	0,26	0,56	1,75	2,10	2,52	2,73
TOTAL	2,17	0,63	2,10	2,52	2,87	3,22	0,32	0,70	2,10	2,52	3,08	3,43

En µg/kg/setmana

Es pot observar una coincidència entre els valors de les mitjanes de l'estudi probabilístic i els càlculs deterministes (taula 3.5). Lògicament, en tenir en compte la incertesa aquests valors augmenten. Tal com passa en la majoria dels països del nostre entorn, una part de la població (entre el 5 i el 50%) sobrepassa lleugerament el nou nivell de 2,5 µg/kg/setmana. El percentil 95 de tots els grups de la població realitza una ingesta de cadmi entre 2,76-3,99 µg/kg/setmana.

Convé que se segueixin els esforços per reduir les concentracions de cadmi en els aliments, atès que una petita fracció de la població (percentil 95) podria superar al llarg de cinquanta anys la ingesta diària admissible (IDA) establerta per l'EFSA i estar en situació de risc.

6.5 EVOLUCIÓ 2000-2005-2008

6.5.1 Concentració

A la taula 6.7 es pot observar la variació detectada en la concentració de cadmi en els grups d'aliments.

Taula 6.7. Variació temporal en les concentracions de cadmi en els grups d'aliments. 2000-2005

	2000	2005	2008
Carns i derivats	0,006	0,023	0,007
Peix i marisc	0,036	0,039	0,089
Verdures i hortalisses	0,005	0,007	0,016
Tubercles	0,020	0,025	0,053
Fruites	0,001	0,005	0,005
Ous	0,008	0,005	0,004
Llet	0,002	0,005	0,004
Derivats làctics	0,006	0,005	0,006
Pa i cereals	0,033	0,016	0,023
Llegums	0,0005	0,120	0,007
Olis i greixos	0,008	0,045	0,005
Brioixeria	-	0,005	0,014

En µg/g pes fresc

Resulta complex extreure'n una conclusió indiscutible sobre la tendència general. Tanmateix, les variacions són de magnitud molt diferent i de signes oposats: s'incrementen les concentracions en peix i marisc, verdures i hortalisses, tubercles, derivats làctics, pa i cereals i brioixeria, i disminueixen en carn i derivats, ous i, especialment, en llegums i olis i greixos.

6.5.2 Ingesta

A la taula 6.8 s'observa la variació en la ingesta diària de cadmi entre els estudis del 2000, 2005 i 2008. En el còmput global, la ingesta varia el 2008 respecte al 2005 i 2000 en un 25,5% i 37% respectivament.

Taula 6.8. Variacions en la ingesta diària de cadmi. 2000-2005

	Consum d'aliment g/dia		Ingesta de Cd µg/dia		
	2000	Encat 2003	2000	2005	2008
Carn i derivats	185	171,9	1,11	2,92	1,16
Peix i marisc	92	67,53	3,33	1,43	4,19
Verdures i hortalisses	226	159,7	1,13	0,98	2,68
Tubercles	74	73,06	1,47	1,80	3,85
Fruites	239	193,6	0,22	0,94	1,10
Ous	34	31,29	0,27	0,15	0,12
Llet	217	157,5	0,43	0,64	0,59
Derivats làctics	106	101,3	0,64	0,38	0,82
Pa i cereals	206	225,3	6,80	4,21	6,06
Llegums	24	30,36	0,01	3,09	0,21
Olis i greixos	41	27,16	0,33	0,43	0,11
Brioixeria	-	45,45	-	0,22	0,70
Total aliment considerat	**1444**	**1284**	**15,74**	**17,19**	**21,57**

6.6 ALTRES ESTUDIS

A la taula 6.9 es presenten les dades d'alguns estudis similars d'arreu del món que, tot i ser difícils les comparacions per raó de les diverses metodologies i dissenys d'estudi emprats, podem utilitzar com a referència.

Taula 6.9. Ingesta diària de cadmi. Comparativa amb altres estudis d'ingesta

País	µg/dia	Autors
França	9,6	ANSES, 2011
Catalunya	21,6	Aquest estudi
Suècia	19	Thomas i col., en premsa
Anglaterra	9,8-11,9	Rose i col., 2010
Bèlgica	9.8	Vromman i col., 2010
Xina	14.4-14.7	Liu i col., 2010
Líban	15,82	Nasreddine i col., 2010
Nova Zelanda	17	Whyte i col., 2009
Espanya	17,43	AESAN, 2008
Xina	41,9	Zheng, N i col., 2007
Espanya	11	Rubio i col., 2006
Japó	15,9	Aung, NN i col., 2006
Egipte	1,47	Radwan, MA i col., 2006
Corea	14,3	Lee, H i col., 2006
Catalunya	17,2	Estudi 2005
Xile (Santiago de Xile)	20	Muñoz, O i col., 2005
França	2,7	Leblanc, JC i col., 2005
Polònia	16,4-34,5	Marzec, Z i col., 2004
Espanya	7,7	Bordajandi, LR i col., 2004
Brasil (Rio de Janeiro)	1,8	Santos, EE i col., 2004
França	3,6	Noël, L i col., 2003
EUA	7,21	Moschandreas, DJ i col., 2002
Catalunya	15,8	Estudi 2000
Regne Unit	12	Ysart, GE i col., 2000
Catalunya (Tarragona)	18	Llobet, JM i col,. 1998
País Basc	11	Urieta, L i col., 1996

7 Arsènic

L'arsènic és un metal·loide molt abundant en l'escorça terrestre (2 mg/Kg de mitjana) i molt present en determinades zones deltaiques. La seva presència a 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 en 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 seu comportament en el medi ambient, la seva biodisponibilitat i la seva toxicitat. La forma més tòxica és la trivalent, la qual és molt reactiva amb el grup sulfúric present en les proteïnes i genera oxigen lliure dins les cèl·lules (EFSA, 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 en forma orgànica per metilació (EFSA, 2009).

Les formes inorgàniques són les més tòxiques a causa de la seva biodisponibilitat i efectes adversos sobre les persones. L'Agència Internacional de Recerca sobre el Càncer (IARC) va avaluar l'arsènic inorgànic (iAs) en diverses ocasions. En la darrera avaluació de 2009[1], l'IARC va concloure que havia suficient evidència en humans que l'arsènic en elevades concentracions a l'aigua de beguda provoca càncer de bufeta de l'orina, pell i pulmó i, a més, que havia evidències limitades per al càncer de pròstata, ronyó i fetge. L'arsènic inorgànic està classificat en el grup 1 com a cancerigen per als humans.

A més de càncer, l'arsènic inorgànic causa lesions cutànies, neurotoxicitat, malalties cardiovasculars, pertorbació del metabolisme de la glucosa i diabetis.

D'acord amb les dades relatives al càncer de pulmó 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 extra (BMDL01) i que s'estableix en un interval de 0,3 a 8,0 µg/kg de pes corporal/dia. El 2010, el JECFA va establir un BMDL0,5 de 3 µg/kg de pes corporal/dia (amb un interval entre 2 i 7 µg/kg de pes corporal/dia).

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, i a més pot variar depenent del tipus de producte. Per a aquests aliments s'ha fixat una quantitat d' iAs de 0,03mg/kg en peix, equivalent a un 2% de la concentració d'As total detectada, i de 0,1mg/kg en altres productes de la pesca, equivalent a un 3,5% de la concentració detectada (EFSA, 2009).

Les formes orgàniques es consideren poc tòxiques, encara que algunes formes com els arsenolípids se'n desconeix la toxicitat sobre els humans. En els peixos marins, la forma predominant és l'arsenobetaïna, un compost que no és tòxic o molt poc. Els arsenosucres es troben a les algues marines i en petites concentracions en mol·luscs filtradors. Aquests compostos semblen tenir alguna activitat tòxica. Els arsenolípids es troben principalment en el greix dels peixos blaus. No s'ha establert una ingesta diària admissible de les formes orgàniques perquè no se'n disposen de prou dades (EFSA, 2009).

1 Arsenic and arsenic compounds. IARC, 2009

7.1. RESULTATS DE LES ANÀLISIS D'ALIMENTS

Les concentracions detectades en els aliments analitzats es presenten a la taula 7.1. Només s'han detectat quantitats significatives d'As en el grup de peix i marisc i a les mostres d'arròs. La concentració més elevada s'ha trobat al moll, amb 21,71 µg/g de pes fresc. També presenten nivells destacats el llenguado (11,61 µg/g de pes fresc) i la gamba (11,10 µg/g de pes fresc). A l'arròs la concentració detectada és de 0,19 µg/g.

Per considerar la proporció d'As que es troba en els aliments, s'assumeix la recomanació de l'EFSA: 70% de l'As total en tots els aliments diferents dels productes de la pesca, 0,03mg/kg o 2% de l'As total per al peix i 0,1mg/kg o 3,5% per al marisc.

Taula 7.1. Concentració d'arsènic total i inorgànic en els aliments. Valors mitjana.

	As total	As inorgànic	
Carns i derivats	0,013	0,009	
Peix i marisc	5,415	0,134[1]	0,046[2]
Verdures i hortalisses	0,019	0,013	
Tubercles	0,013	0,009	
Fruites	0,013	0,009	
Ous	0,013	0,009	
Llet	0,013	0,009	
Derivats làctics	0,026	0,018	
Pa i cereals	0,061	0,043	
Llegums	0,013	0,009	
Olis i greixos	0,013	0,009	
Brioixeria	0,013	0,009	

En µg/pes fresc

1. Estimació a partir del 2% de l'As total del peix i 3,5% del marisc.
2. Estimació a partir del valor de 0,03mg/Kg i 0,1mg/kg i assumint un consum diari de peix de 51,7g i de marisc de 15,82g.

7.2. CONTRIBUCIÓ DELS ALIMENTS A LA INGESTA

La ingesta diària d'arsènic total per a un home adult s'estima en 344,1 µg/dia, dels quals el 92% prové de la ingesta de peix i marisc i un 3.4% del pa i cereals.

S'avalua la ingesta d'As inorgànic en 27,40 µg/dia, dels que el 29,7% prové del grup de pa i cereals i el 28,6 % del peix i marisc (figura 4). Pel que fa a l'aportació de pa i cereals, la contribució més remarcable és la de l'arròs amb 5,60 µg/dia, seguit de la pasta alimentària amb 1,18 µg/dia. De l'arsènic inorgànic del peix, l'aportació més important és deguda a la gamba, amb 1,37 µg/dia, seguit del llenguado amb 1,27 µg/dia i el lluç amb 1,13 µg/dia. Les espècies que menor contribució fan a la ingesta diària estimada d'arsènic inorgànic són l'emperador i la cloïssa, amb 0,002 µg/dia i 0,004 µg/dia respectivament.

A la taula 7.2 es presenta un resum de la ingesta per grups d'aliments.

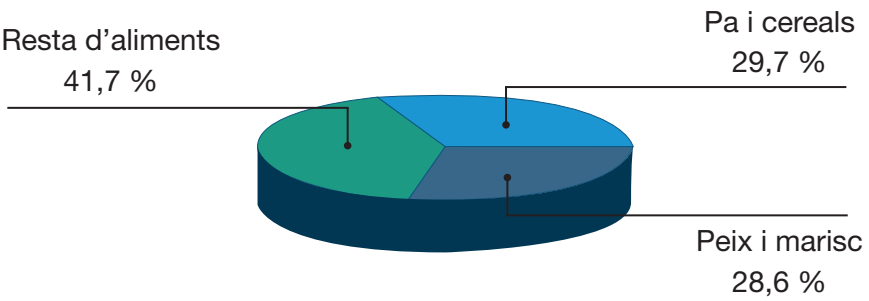
Taula 7.2. Ingesta diària estimada d'arsènic total i arsènic inorgànic. Home adult, per grups d'aliments.

Aliments	Consum d'aliment g/dia	Ingesta d'As total µg/dia	Ingesta d'As inorgànic µg/dia	
Carns i derivats	171,9	2,30	1,61	
Peix i marisc	67,53	316,1	7,84[1]	3,13[2]
Verdures i hortalisses	159,7	3,45	2,41	
Tubercles	73,06	0,98	0,68	
Fruites	193,6	2,59	1,81	
Ous	31,29	0,42	0,29	
Llet	157,5	2,11	1,47	
Derivats làctics	101,3	3,12	2,18	
Pa i cereals	225,3	11,61	8,13	
Llegums	30,36	0,41	0,28	
Olis i greixos	27,16	0,36	0,25	
Brioixeria	45,45	0,61	0,43	
TOTAL aliments	**1284**	**344,1**	**27,40**	**22,86**

1. Estimació a partir del 2% de l'As total del peix i 3,5% del marisc
2. Estimació a partir del valor de 0,03mg/Kg i 0,1mg/kg i assumint un consum diari de peix de 51,7g i de marisc de 15,82g.

Per al nostre estudi hem considerat la ingesta d'arsènic inorgànic en peix i marisc estimada a partir d'una concentració d'un 2% i 3% respectivament del total d'arsènic detectat, atès que és l'escenari més conservador.

Figura 7.1. Contribució del tipus d'aliment a la ingesta diària d'arsènic inorgànic.



A Europa, l'exposició a través dels aliments es deu principalment a l'arròs, els productes de la pesca, el cafè, la cervesa i determinats vegetals.

7.3. INGESTA DIÀRIA ESTIMADA PER GRUPS DE POBLACIÓ

La taula 7.3 mostra la ingesta estimada d'arsènic total i arsènic inorgànic per als diferents grups de població, segons edat i sexe.

Taula 7.3. Ingesta diària estimada d'arsènic dels diferents grups de població.

Grup de població	Ingesta d'arsènic total	Ingesta d'arsènic inorgànic
Homes	344,1	27,40
Dones	334,0	24,79
Nens i nenes	211,2	22,32
Nois adolescents	262,8	25,41
Noies adolescents	213,6	21,91
Homes més grans de 65 anys	368,6	26,13
Dones més grans de 65 anys	296,7	21,90

En µg/dia

7.4. AVALUACIÓ DEL RISC

7.4.1. Comparació amb els nivells de seguretat establerts

A la taula 7.4 es presenta la ingesta diària estimada d'arsènic inorgànic per consum dels aliments considerats, en els diferents grups de població, expressada en funció del pes corporal.

Taula 7.4. Ingesta d'arsènic inorgànic relativa al pes corporal.

Grup de població	Ingesta d'arsènic inorgànic
	µg/kg/dia
Homes	0,39
Dones	0,45
Nens i nenes	0,93
Nois adolescents	0,45
Noies adolescents	0,41
Homes més grans de 65 anys	0,40
Dones més grans de 65 anys	0,36

Com es pot comprovar a la taula 7.4, tots els valors d'ingesta calculats per als grups de població catalana es troben en el mateix rang. L'exposició dietètica dels infants és superior a la dels adults, atès que durant la infància fan un major consum d'aliments en relació al seu pes corporal. A part dels infants, els grups amb la ingesta més elevada són les dones adultes i els nois adolescents amb 0,45 µg/kg/dia.

L'avaluació del risc s'ha dut a terme seguint les recomanacions de l'EFSA per 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 per la dosi que es vol avaluar. Per tant, en una situació concreta és desitjable un valor de MOE el més alt possible.

Com es pot comprovar en la taula 7.5, si es considera que els efectes es poden produir en el límit alt de la BMDL01 es pot descartar que hagi un risc per a la població general (MOE >1), en canvi si es considera que els efectes es poden produir en el límit baix de la BMDL01 no es pot descartar la possibilitat d'un risc, atès que els valors d'ingesta per a tots els grups superen lleugerament el límit baix de la BMDL01 (MOE < 1). Per això, mentre no hagi un límit precís, convé reduir les aportacions d'arsènic inorgànic dels aliments i, sobretot, quantificar-ne amb exactitud el contingut, a fi d'ajustar l'avaluació del risc.

Taula 7.5. Marges d'exposició per a l'arsènic inorgànic en els diferents grups de població.

$BMDL_{01}$, µg/kg/dia	Home	Dona	Infants	Nois adolescents	Noies adolescents	Homes més grans de 65 anys	Dones més grans de 65 anys
Límit baix: 0,3	0,77	0,66	0,32	0,66	0,73	0,75	0,83
Límit alt: 8	20,5	17,7	8,6	17,7	19,5	20	22

L'EFSA va estimar una exposició mitjana dels ciutadans europeus a l'As inorgànic, considerant les concentracions mínimes i màximes detectades, en un rang entre 0,13 i 0,56µg/kg/dia, sent els valors del percentil 95%, 0,37 i 1,22µg/kg/dia. Aquesta exposició és equiparable a l'estimada en aquest estudi per a la població catalana. Com en el nostre estudi, aquests valors indiquen que no es pot descartar un risc per a determinats grups de la població europea.

7.4.2. Avaluació probabilística de l'exposició

A la taula 7.6 es presenten els resultats de l'avaluació probabilística de l'exposició a l'arsènic inorgànic a través de la dieta.

Taula 7.6. Ingesta relativa d'As inorgànic per grups de població. Distribució dels valors d'exposició i influència d'algunes incerteses.

	Variabilitat						Incertesa c*Q					
Grup de població	mitjana	SD	P50	P75	P90	P95	mitjana	SD	P50	P75	P90	P95
Homes	0,37	0,10	0,36	0,42	0,50	0,55	0,38	0,17	0,35	0,44	0,55	0,65
Dones	0,43	0,12	0,41	0,49	0,57	0,64	0,44	0,17	0,40	0,51	0,63	0,74
Nois adolescents	0,51	0,16	0,48	0,57	0,69	0,82	0,52	0,27	0,46	0,59	0,78	0,96
Noies adolescents	0,45	0,13	0,43	0,51	0,60	0,67	0,47	0,26	0,43	0,54	0,69	0,82
Homes més grans de 65 anys	0,34	0,08	0,33	0,39	0,45	0,49	0,35	0,14	0,32	0,40	0,50	0,58
Dones més grans de 65 anys	0,36	0,09	0,35	0,41	0,47	0,52	0,37	0,15	0,34	0,42	0,51	0,61
TOTAL	0,40	0,11	0,39	0,46	0,54	0,60	0,41	0,21	0,38	0,48	0,60	0,71

En µg/dia

S'observa en aplicar els factors de variabilitat i d'incertesa en el càlcul probabilístic que la ingesta se situa en tots els casos en el límit baix del rang establert per l'EFSA (0,3-8g/kg/dia).

7.5. EVOLUCIÓ 2000-2005-2008

7.5.1. Concentració

A la taula 7.7 es presenta la variació detectada en la concentració d'As total en els grups d'aliments. Es pot observar un notable increment en les concentracions en peix i marisc, l'aliment de més gran transcendència en aquest cas.

La resta de grups presenten variacions de diversos signes i magnituds. Augmenten tots els grups d'aliments, a excepció dels olis i greixos, que respecte l'estudi del 2000 ha disminuït de 0,092 a 0,013 µg/g pes fresc.

Taula 7.7. Variació temporal d'As total en els grups d'aliments. 2000-2005-2008.

	2000	2005	2008
Carns i derivats	0,020	0,005	0,013
Peix i marisc	2,21	4,39	5,41
Verdures i hortalisses	0,002	0,006	0,019
Tubercles	0,013	0,008	0,013
Fruita	0,002	0,009	0,013
Ous	0,002	0,012	0,013
Llet	0,006	0,004	0,013
Derivats làctics	0,023	0,003	0,026
Pa i cereals	0,042	0,056	0,061
Llegums	0,002	0,003	0,013
Olis i greixos	0,092	0,006	0,013
Brioixeria	-	0,004	0,013

En µg/g pes fresc

7.5.2. Ingesta

A la taula 7.8 s'observa la variació en la ingesta diària d'As inorgànic entre els estudis del 2000, 2005 i l'actual. En el còmput global, la ingesta diària calculada resulta superior a l'estudi anterior, encara que força inferior a la determinada a l'estudi de 2000.

Taula 7.8. Variacions en la ingesta diària d'As inorgànic. 2000-2005.

	Consum d'aliment g/dia		Ingesta d'As inorgànic µg/dia		
	2000	Encat 2003	**2000**	2005	**2008**
Carns i derivats	185	171,9	3,70	0,60	1,61
Peix i marisc	92	67,53	20,33	5,88	7,84
Verdures i hortalisses	226	159,7	0,34	0,65	2,41
Tubercles	74	73,06	0,96	0,41	0,68
Fruita	239	193,6	0,36	1,17	1,81
Ous	34	31,29	0,51	0,26	0,29
Llet	217	157,5	1,30	0,33	1,47
Derivats làctics	106	101,3	2,39	0,16	2,18
Pa i cereals	206	225,3	8,73	7,05	8,13
Llegums	24	30,36	0,04	0,06	0,28
Olis i greixos	41	27,16	3,76	0,20	0,25
Brioixeria	-	45,45	-	0,13	0,43
Total aliment considerat	**1444**	**1284**	**42,42**	**16,25**	**27,40**

7.6. ALTRES ESTUDIS

A la taula 7.9 es presenten les dades d'alguns estudis similars d'arreu del món, on, tot i sent difícils les comparances per raons de les diverses metodologies i dissenys d'estudi emprats, ens situem en el grup de països amb elevada ingesta.

Taula 7.9. Ingesta diària d'As total. Comparativa amb altres estudis d'ingesta.

País	µg/dia	Autors
França	54,56	ANSES, 2011
Catalunya	344	Estudi actual
Tailàndia	73-390	Ruangwises i cols., 2010
Anglaterra	115-117	Rose i cols., 2010
Bèlgica	285-649	Baeyens i cols., 2009
USA	195	Cleland i cols., 2009
Nova Zelanda	211	Whyte i cols., 2009
Bangladesh	214	Islam Khan i cols., 2009
Índia (Oest de Bengala)	150	Signes, A i col., 2008
Bangladesh	150	Ohno, K i col., 2007
Holanda	38	Dokkum i cols, 2007
Índia	568	Uchino, T i col., 2006
Catalunya	264	Estudi 2005
Xile (Santiago de Xile)	77	Muñoz, O i col., 2005
França	62	Leblanc, JC i col., 2006
Espanya (Huelva)	150	Bordajandi, LR i col., 2004
França	147	Noël, L i col., 2003
Mèxic	39-394	Del Razo, LM i col., 2002
USA	46	Moschandreas, DJ i col., 2002
Catalunya	225	Estudi 2000
Regne Unit	120	Ysart, GE i col., 2000
Catalunya (Tarragona)	273	Llobet, JM i col., 1998
País Basc	291	Urieta, L i col., 1996

8 Dioxines, furans i bifenils policlorats (PCDD/F I PCB)

Les dioxines (PCDD), els furans (PCCF) i els bifenils policlorats (PCB) són compostos aromàtics que agrupen 75, 135 i 209 congèneres, respectivament. Aquests congèneres, que es distingeixen pel nombre i la posició dels àtoms de clor en les anelles aromàtiques, són molt estables químicament, insolubles en aigua, molt liposolubles i poc biodegradables. S'acumulen al llarg de la cadena alimentària, particularment en els greixos d'origen animal. L'alimentació constitueix la font principal d'exposició (més d'un 90%) a aquests contaminants (ANSES, 2011)[1].

Mentre que les dioxines i els furans (PCDD/F) es formen per processos de combustió (incendis, incineració, producció d'energia, etc.) o com a residus en la indústria química, els PCB són mescles industrials que, per les seves propietats aïllants i estabilitat, es van fabricar i utilitzar fins a final de la dècada dels vuitanta.

Des d'un punt de vista toxicològic, 12 congèneres de PCB es comporten com PCDD/F i s'uneixen al receptor cel·lular Ah. Se'ls anomena PCB similars a les dioxines (PCB DL, de l'anglès PCB dioxin-like), per oposició a la resta de PCB (PCB NDL, PCB non dioxin-like) que s'uneixen a altres receptors cel·lulars i, per tant, causen efectes diferents en l'organisme. No obstant això, aquests PDB DL comparteixen mecanismes d'acció amb els PCB NDL. Així, doncs, per avaluar el risc d'aquests compostos, els PCB DL s'han de considerar conjuntament, d'una banda amb les dioxines i els furans i, de l'altra, amb els PCB NDL (ANSES, 2011).

8.1. DIOXINES I FURANS (PCDD/F)

Les dioxines i els furans no causen problemes de salut immediats, però l'exposició prolongada permet que se n'acumulin a l'organisme i s'assoleixin concentracions altes que poden provocar efectes tòxics en la reproducció, el desenvolupament i el sistema immunitari.

L'Agència Internacional de Recerca sobre el Càncer ha classificat la dioxina 2,3,7,8-TCDD, el furà 2,3,4,7,8-PeCDF i el PCB126 DL, que són els compostos més tòxics de cada grup, com a cancerígens per a l'home (IARC, 2012)[2].

Aquestes substàncies no són mutagèniques i, en conseqüència, el seu mecanisme cancerigen, que es basa en la unió amb el receptor cel·lular Ah, depèn de la concentració en l'organisme.

La presència de dioxines, furans i PCB DL s'expressa en equivalents tòxics (TEQ) i per calcular-los cal multiplicar les concentracions de cada congènere pels seus factors d'equivalència de toxicitat (TEF). Aquests factors s'han estimat comparant-ne la toxicitat amb la dioxina més tòxica, la 2,3,7,8-TCDD. L'actual legislació europea es basa en els TEF fixats per l'Organització Mundial de la Salut el 2005 (vegeu la taula 8.1).

1 Étude de l'alimentation totale française 2 (EAT 2). Tom 1. Polluants organiques persistants. Dioxines, furanes et PCB. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), 2011.

2 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzopara-dioxin, 2,3,4,7,8-pentachlorodibenzofuran, and 3,3,4,4,5-pentachlorobiphenyl. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, vol. 100F, 2012.

Taula 8.1. Factors d'equivalència tòxica (TEF). OMS, 2005

Congènere	TEF 2005
2,3,7,8-TCDD	1
1,2,3,7,8-PeCDD	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,01
OCDD	0,0003
2,3,7,8-TCDF	0,1
1,2,3,7,8-PeCDF	0,03
2,3,4,7,8-PeCDF	0,3
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,01
OCDF	0,0003

El 1998, l'Organització Mundial de la Salud va avaluar el risc per a la salut associat a la ingesta de dioxines i substàncies similars a aquestes, i va establir una ingesta diària tolerable (IDT) entre 1 i 4 pg OMS TEQ/kg de pes corporal (p. c.)/dia, per a una exposició al llarg de tota la vida[3]. Les exposicions ocasionals de curta durada que excedeixin aquesta IDT no tenen cap repercussió important sobre la salut. També va recomanar als estats que apliquessin mesures de reducció de la contaminació perquè la ingesta se situés per sota del límit baix de l'IDT.

El 2001, el Comitè Científic d'Alimentació de la Comissió Europea va avaluar les dioxines, els furans i els PCB DL i va establir una ingesta setmanal tolerable de 14 pg OMS TEQ/kg p. c./setmana, a partir d'estudis toxicològics dels efectes adversos en el desenvolupament neuronal dels nounats[4].

El 2001, el Comitè Mixt FAO/OMS d'Experts en Additius Alimentaris (JECFA) va establir una ingesta mensual tolerable provisional (IMTP) de 70 pg OMS TEQ/kg p. c./mes, que equival a una ingesta diària de 2,33 pg OMS TEQ/kg p. c./dia[5]. Aquest valor es va estimar a partir d'estudis toxicològics de la reproducció i el desenvolupament neuronal del fetus i del nounat. Es considera que aquesta IMTP protegeix contra els efectes cancerígens (OMS, 2010)[6].

3 Assessment of the health risk of dioxins: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI). WHO Consultation May 25-29, 1998, Ginebra, Suïssa. WHO European Centre for Environment and Health International Programme.

4 Opinion of the Scientific Committee on Food on the risk assessment of dioxins and dioxin-like PCBS in food. DG SANCO. Comissió Europea, 2001.

5 Polychlorinated dibenzodioxins, polychlorinated dibenzofurans and coplanar polychlorinated biphenyls. Evaluation of certain food additives and contaminants, Fifty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, OMS TRS, 909. Ginebra, 2002.

6 Exposure to dioxins and dioxin-like substances: a major public health concern. Public Health and Enviroment. OMS, 2010.

8.1.1. Resultats de les anàlisis d'aliments

En la taula 8.2 es presenten les concentracions dels congèneres de les dioxines i els furans analitzats per grups d'aliment, a més dels corresponents valors en equivalents tòxics.

Els valors mitjans més alts s'han trobat en les mostres de peix i marisc (0,120 ng OMS TEQ/kg de pes fresc) i en l'oli i greixos (0,086 ng OMS TEQ/kg de pes fresc). En aquests grups, i de manera individual, els valors més alts corresponen al moll i la sardina (0,456 i 0,256 ng OMS TEQ/kg de pes fresc, respectivament) i a la mantega i l'oli d'oliva (0,194 i 0,056 ng OMS TEQ/kg de pes fresc, respectivament).

Taula 8.2. Concentracions mitjanes totals de PCDD/F per grups d'aliments

	Carns i derivats	Peix i marisc	Verdures	Tubercles	Fruita	Ous	Llet	Derivats làctics	Pa i cereals	Llegums	Olis i greixos	Brioxeria
2,3,7,8-TCDD	0,004	0,021	0,001	0,001	0,001	0,005	0,001	0,006	0,001	0,001	0,015	0,004
1,2,3,7,8-PeCDD	0,004	0,035	0,001	0,001	0,001	0,007	0,001	0,022	0,002	0,000	0,025	0,009
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,005	0,016	0,001	0,001	0,001	0,007	0,001	0,018	0,003	0,001	0,023	0,008
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,006	0,026	0,001	0,001	0,001	0,028	0,002	0,035	0,003	0,001	0,043	0,010
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,003	0,012	0,001	0,001	0,001	0,010	0,002	0,020	0,002	0,000	0,030	0,009
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,037	0,057	0,004	0,002	0,004	0,224	0,009	0,084	0,011	0,004	0,241	0,044
OCDD	0,204	0,198	0,024	0,019	0,024	0,753	0,028	0,164	0,049	0,013	0,864	0,435
2,3,7,8-TCDF	0,007	0,186	0,001	0,001	0,001	0,011	0,001	0,006	0,003	0,001	0,022	0,010
1,2,3,7,8-PeCDF	0,005	0,048	0,001	0,001	0,001	0,015	0,002	0,010	0,003	0,001	0,017	0,006
2,3,4,7,8-PeCDF	0,007	0,098	0,001	0,001	0,001	0,012	0,003	0,034	0,003	0,002	0,062	0,004
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,007	0,042	0,001	0,001	0,001	0,018	0,004	0,024	0,006	0,002	0,048	0,007
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,006	0,020	0,001	0,001	0,001	0,012	0,003	0,019	0,004	0,001	0,041	0,006
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,006	0,009	0,001	0,001	0,001	0,004	0,001	0,005	0,002	0,001	0,014	0,009
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,005	0,015	0,001	0,001	0,001	0,009	0,002	0,020	0,005	0,003	0,034	0,006
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,025	0,125	0,018	0,014	0,033	0,240	0,031	0,150	0,035	0,014	0,281	0,074
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,008	0,011	0,003	0,002	0,006	0,007	0,003	0,009	0,006	0,003	0,263	0,041
OCDF	0,036	0,112	0,022	0,013	0,034	0,320	0,042	0,167	0,066	0,012	0,310	0,126
Suma OMS-TEQ PCDD[1]	0,005	0,050	0,001	0,001	0,001	0,018	0,003	0,026	0,004	0,001	0,050	0,016
Suma OMS-TEQ PCDF[1]	0,006	0,070	0,001	0,001	0,002	0,014	0,003	0,030	0,003	0,002	0,036	0,007
Suma OMS-TEQ PCDD/F[1]	0,011	0,120	0,002	0,002	0,003	0,032	0,005	0,056	0,007	0,003	0,086	0,023

En ng/kg de pes fresc
[1] En ng OMS-TEQ/kg de pes fresc

8.1.2. Contribució dels aliments a la ingesta

Per a un home adult, la ingesta s'estima en 20,79 pg OMS TEQ/dia. La contribució més important a la ingesta correspon al grup del peix i el marisc, amb 7,86 pg OMS TEQ/dia, i al grup dels tubercles, amb 2,34 pg OMS TEQ/dia. Entre els peixos destaquen la tonyina en llauna (1,96 pg OMS TEQ/dia), el salmó (0,82 pg OMS TEQ/dia) i la sardina (0,75 pg OMS TEQ/dia).

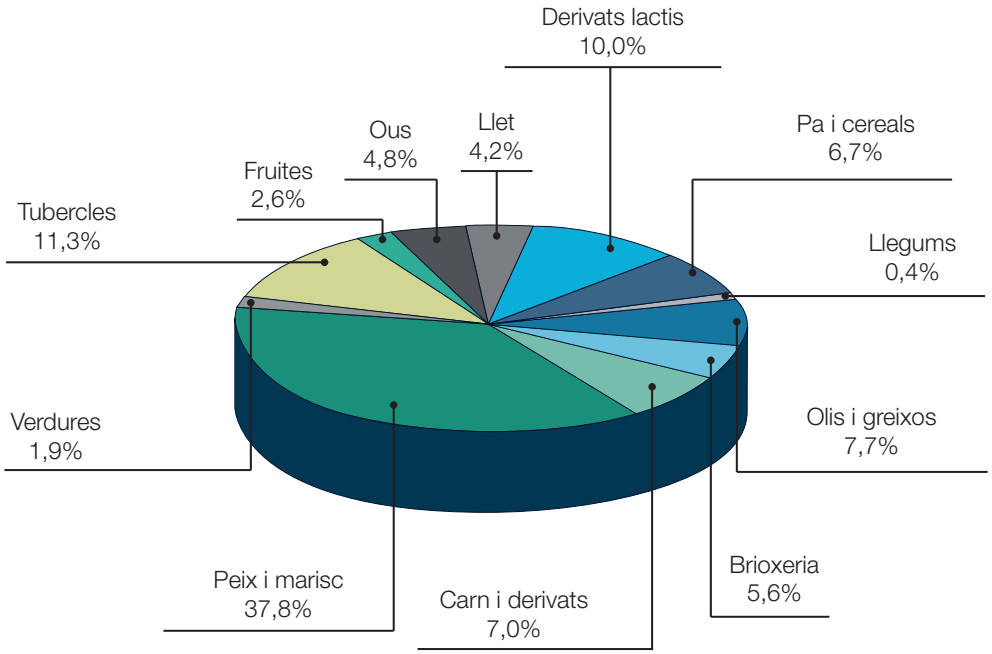
En la taula 8.3 es presenta el resum de la ingesta diària de dioxines i furans per grups d'aliments. Es pot observar la contribució destacada del grup del peix i el marisc, seguida de la del grup dels tubercles.

Taula 8.3. Ingesta diària de PCDD/F. Home adult, per grups d'aliments

	Consum d'aliment g/dia	Ingesta de PCDD/F pg OMS-TEQ/dia
Carn i derivats	171,9	1,45
Peix i marisc	67,53	7,86
Verdures i hortalisses	159,7	0,39
Tubercles	73,06	2,34
Fruites	193,6	0,54
Ous	31,29	1,00
Llet	128,4	0,87
Derivats lactis	75,62	2,09
Pa i cereals	224,3	1,39
Llegums	30,36	0,09
Olis i greixos	27,16	1,60
Brioixeria	45,451	1,17
Total d'aliments	**228**	**20,79**

En la figura 8.1 es pot observar la contribució a la ingesta diària de cada grup d'aliments. La contribució més important és la del peix i el marisc (37,8%), els tubercles (11,3%) i els derivats lactis (10,0%).

Figura 8.1. Contribució dels aliments a la ingesta diària de dioxines i furans



8.1.3. Ingesta diària estimada per grups de població

En la taula 8.4 es mostra la ingesta diària estimada de dioxines i furans en els diferents grups de població, segons l'edat i el sexe. Els valors més alts s'observen en el grup dels homes adults i el dels nens i nenes, amb 20,79 i 20,04 pg OMS-TEQ/dia, respectivament.

Taula 8.4. Ingesta diària estimada de PCDD/F en els diferents grups de població

Grups de població	Ingesta de PCDD/F
Homes	20,79
Dones	17,66
Nens i nenes	20,04
Nois adolescents	18,24
Noies adolescents	15,97
Homes més grans de 65 anys	16,18
Dones més grans de 65 anys	13,91

En pg OMS-TEQ/dia

8.1.4. Avaluació del risc

8.1.4.1. Comparació amb els nivells de seguretat establerts

La ingesta mensual estimada de dioxines i furans per a un home adult de 70 kg, deguda al consum d'aliments, és de 9 pg OMS TEQ/kg p. c. (vegeu la taula 8.5). Aquest valor és molt inferior a la IMTP establerta pel JECFA per a les dioxines i furans i els PCB amb efecte dioxina (70 pg OMS TEQ/kg/mes). El valor màxim el presenten els nens i nenes, amb 25,2 pg OMS TEQ/kg/mes, un valor també força allunyat de l'establert pel JECFA.

Així mateix, la ingesta setmanal per als homes adults i els nens i nenes és de 2,10 i 5,88 pg OMS TEQ/kg/setmana, respectivament, uns valors força inferiors a la xifra de 14 pg OMS TEQ/kg/setmana establerta pel Comitè Científic de l'Alimentació Humana (SCF) i adoptada posteriorment per l'EFSA en les seves avaluacions.

Si considerem la ingesta diària, tots els grups de població presenten unes ingestes per sota del límit inferior de l'interval establert per l'OMS (1-4 pg OMS TEQ/kg/dia). Per tant, es pot considerar que la ingesta d'aquests contaminants associada a la dieta no representa cap problema de salut.

Taula 8.5. Ingesta diària, setmanal i mensual de PCDD/F relativa al pes corporal

Grups de població	Ingesta diària de PCDD/F	Ingesta setmanal de PCDD/F	Ingesta mensual de PCDD/F
Homes	0,30	2,10	9
Dones	0,32	2,14	9,60
Nens i nenes	0,84	5,88	25,20
Nois adolescents	0,33	2,33	9,90
Noies adolescents	0,30	2,10	9
Homes més grans de 65 anys	0,28	1,96	8,40
Dones més grans de 65 anys	0,23	1,61	6,90

En pg OMS-TEQ/kg de pes corporal

8.1.4.2. Avaluació probabilística de l'exposició

En la taula 8.6 es presenten els resultats de l'avaluació probabilística de l'exposició a les dioxines i els furans associada a la dieta.

Taula 8.6. Ingesta relativa de dioxines i furans (PCDD/F) per grups de població. Distribució dels valors d'exposició i influència d'algunes incerteses

	Variabilitat					Incertesa c*Q					
Grups de població	mitjana	DE	P50	P75	P90	mitjana	DE	P50	P75	P90	P95
Homes	0,23	0,06	0,22	0,26	0,30	0,23	0,23	0,22	0,27	0,31	0,34
Dones	0,27	0,08	0,26	0,31	0,37	0,28	0,28	0,27	0,32	0,38	0,43
Nois adolescents	0,30	0,08	0,29	0,34	0,39	0,30	0,30	0,30	0,35	O,40	0,44
Noies adolescents	0,29	0,07	0,28	0,33	0,39	0,30	0,30	0,29	0,34	0,40	0,44
Homes més grans de 65 anys	0,20	0,06	0,20	0,24	0,28	0,21	0,21	0,20	0,24	0,29	0,31
Dones més grans de 65 anys	0,23	0,07	0,22	0,28	0,33	0,24	0,24	0,23	0,28	0,34	0,38
TOTAL	**0,25**	**0,07**	**0,24**	**0,29**	**0,34**	**0,26**	**0,26**	**0,25**	**0,30**	**0,35**	**0,39**

En pg OMS-TEQ/kg/dia

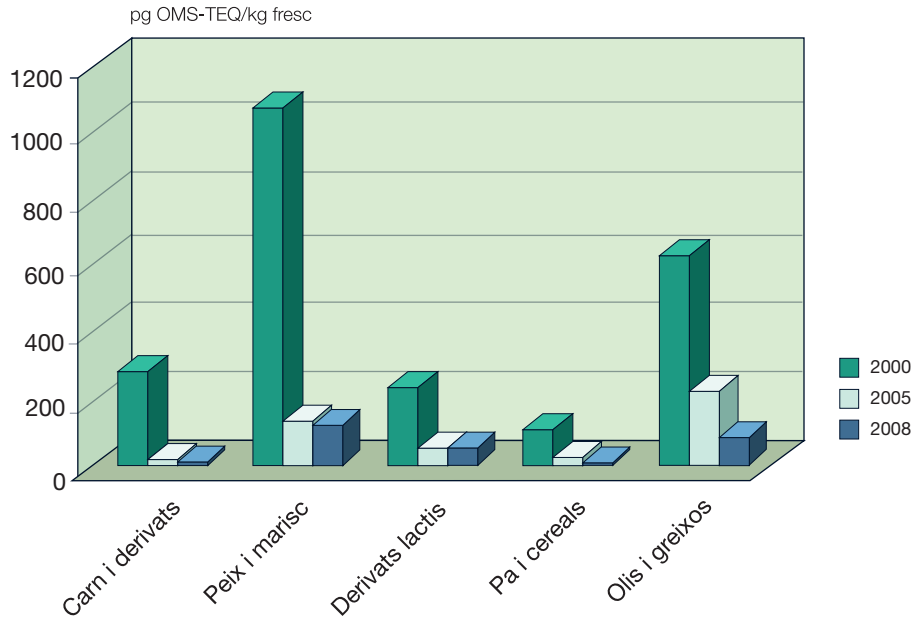
Es pot observar una coincidència considerable entre els valors de les mitjanes de l'estudi probabilístic i els càlculs deterministes. Lògicament, en tenir en compte la incertesa, aquests valors augmenten. Tant si es considera solament la variabilitat, com si es considera el pitjor escenari raonable que es crea en tenir en compte les incerteses associades a les dades de consum i de concentració, tots els valors d'exposició són inferiors a l'interval 1-4 pg OMS TEQ/kg/dia recomanat per l'OMS i també als 14 pg OMS TEQ/kg/setmana recomanats pel SCF i als 70 pg OMS TEQ/kg/mes recomanats pel JECFA. Per al percentil 95 (alt) de la població, la ingesta se situa entre 0,30 i 0,44 pg OMS TEQ/kg/dia, segons el grup considerat, equivalents a 2,10 3,08 pg OMS TEQ/kg/setmana i 9,0 13,2 pg OMS TEQ/kg/mes.

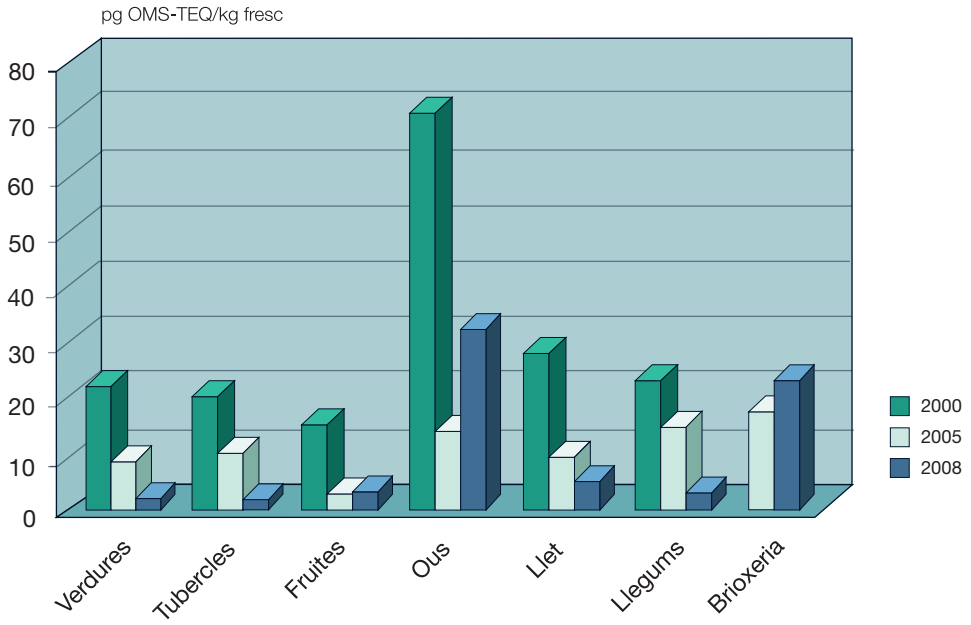
8.1.5. Evolució des de l'any 2000 al 2008

8.1.5.1. Concentració

La figura 8.2 mostra la comparació de les mitjanes de concentració de dioxines i furans (pg OMS TEQ/kg de pes fresc) entre els tres estudis realitzats. Es pot observar un descens generalitzat de la contaminació per PCDD/F en tots els grups d'aliments, a excepció del grup dels ous, la brioixeria i les fruites.

Figura 8.2. Comparació de les concentracions de dioxines i furans (anys 2000, 2005 i 2008)





8.1.5.2. Ingesta

La taula 8.7 mostra l'evolució de la ingesta entre els tres estudis de dieta total, prenent com a referència l'home adult. S'observa que en l'estudi del 2008 es produeix una davallada molt notable respecte al primer (78%) i segon (19%) estudis. Pel que fa als dos darrers estudis, el descens de les aportacions és general i hi destaquen la carn, el pa i els olis, tot i que també hi ha increments lleus de la ingesta, amb el peix i els tubercles com a augments més notables.

Taula 8.7. Evolució de la ingesta de PCDD/F des de l'any 2000 al 2008

	Consum d'aliment g/dia		Ingesta de PCDD/F (pg OMS-TEQ/dia)		
	2000	Encat 2003	2000	2005	2008
Carn i derivats	185	171,9	12,09	2,62	1,45
Peix i marisc	92	67,53	28,74	6,53	7,86
Verdures i hortalisses	226	159,7	1,67	1,28	0,39
Tubercles	74	73,06	0,90	0,77	2,34
Fruites	239	193,6	2,20	0,65	0,54
Ous	34	31,29	2,37	0,43	1,00
Llet	217	128,4	2,10	1,47	0,87
Derivats lactis	106	75,62	23,32	1,81	2,09
Pa i cereals	206	224,3	13,76	6,33	1,39
Llegums	24	30,36	0,33	0,43	0,09
Olis i greixos	41	27,16	7,93	2,50	1,60
Brioixeria	-	45,45	-	0,85	1,17
Total d'aliments considerats	**1444**	**1228**	**95,41**	**25,67**	**20,79**

8.1.6. Altres estudis

En la taula 8.8 es presenten les dades d'alguns estudis similars d'arreu del món. Tot i la dificultat de les comparacions, a causa de les diverses metodologies i dissenys d'estudi emprats, aquestes dades ens permeten situar Catalunya respecte als altres països.

Taula 8.8. Ingesta diària de PCDD/F i comparació amb altres estudis

País	pg TEQ/dia	pg TEQ/kg/dia	Autors
Catalunya	20,79	0,30	Aquest estudi
Suècia	21,8-54,4		Törnkvist et al., 2011
Taiwan	64,8		Wang et al., 2009
Japó	20,50-38,06		Nakatani et al., 2009
Noruega		0,27-0,39	Kvalem et al., 2009
Països Baixos		0,4	De Mul et al., 2008
Japó	26,48		Arisawa et al., 2008
França	30,93-65,73	0,53-1,31	Tard et al., 2007
Xina	5,18-35,17		Li et al., 2007
Egipte		4	Loutfy et al., 2006
Itàlia		0,96	Fattore et al., 2006
Japó	21,52	0,43	Sasamoto et al., 2006
Catalunya	25,67	0,37	Estudi 2005
Espanya (Huelva)	80,5	1,15	Bordanjandi et al., 2004
Austràlia		0,34	Food Standards Australia-New Zealand, 2004
Països Baixos		0,6	Baars et al., 2004
Finlàndia	58	0,76	Kiviranta et al., 2004
Regne Unit		0,4	Dades governamentals
Bèlgica	65,29	1	Focant et al., 2002
Catalunya	95,41	1,36	Estudi 2000

8.2, BIFENILS POLICLORATS (PCB)

Els bifenils policlorats (PCB) constitueixen una classe àmplia de productes químics orgànics persistents que s'acumulen en el medi ambient i estan associats a una llarga sèrie d'efectes sobre la salut. A causa de les seves propietats fisicoquímiques, com l'estabilitat química, una conductivitat tèrmica baixa i una constant dielèctrica alta, els PCB es van utilitzar àmpliament en diverses aplicacions industrials i comercials, entre les quals hi havia sistemes de transferència de calor i hidràulics, fluids de refrigeració i d'aïllament en transformadors i condensadors, pigments, colorants, repel·lents i paper autocopiador, i també com plastificants en pintures, aïllants, productes de plàstic i de goma. Per raons tècniques, els PCB s'utilitzaven com a mescles complexes de fins a 130 congèneres. S'estima una producció històrica global d'1,3 milions de tones de PCB, de les quals prop del 97% es va utilitzar a l'hemisferi nord.

A causa de la toxicitat i la classificació com a contaminants orgànics persistents, se'n va prohibir el processament i la distribució a gairebé tots els països industrialitzats des de la dècada de 1980, però tot i així encara es poden alliberar al medi ambient a partir de la pintura i els aïllants d'edificis antics i a partir d'abocadors mal mantinguts.

Basant-se en les característiques estructurals i els efectes toxicològics, els PCB es divideixen en PCB similars a les dioxines (PCB DL), que mostren propietats toxicològiques similars a les de les dioxines, i no similars a les dioxines (PCB NDL), que no comparteixen el mecanisme de toxicitat de la dioxina, és a dir, la unió al receptor cel·lular Ah. Els PCB NDL s'uneixen a molts receptors, però de moment no se n'ha identificat cap que sigui comú per al conjunt dels PCB NDL, de manera que no s'ha pogut establir cap factor d'equivalència.

S'ha demostrat que les mescles de PCB (DL i NDL) produeixen efectes endocrins, immunològics i cancerígens en animals adults i, a dosis més baixes, efectes en el desenvolupament cerebral del fetus.

L'OMS ha determinat una ingesta diària de PCB de 20 ng/kg de pes corporal i dia, a partir d'estudis sobre els efectes en el desenvolupament cerebral del fetus (IPCS, 2003).[1]

L'Autoritat Europea de Seguretat Alimentària (EFSA), en la seva avaluació dels PCB NDL (EFSA, 2005)[2], va utilitzar els mateixos estudis toxicològics de l'OMS i no va establir cap valor de referència per als PCB NDL ni per al conjunt de PCB, perquè en aquests estudis es van utilitzar mostres que contenien impureses de dioxines i furans que podien interferir en els resultats.

A França, l'Agència nacional de seguretat sanitària de l'alimentació, el medi ambient i el treball (ANSES) considera com a valor de referència una ingesta diària admissible de 10 ng/kg de pes corporal i dia per al grup de sis congèneres PCB NDL, anomenats PCB indicadors, sobre la base de la ingesta establerta per l'OMS i les dades de diferents països europeus recopilades per l'EFSA, que indiquen que aquests PCB indicadors representen fins a un 50% del conjunt de PCB presents als aliments consumits a Europa (ANSES, 2001).[3]

Les persones estan exposades als PCB, principalment a partir d'aliments contaminats d'origen animal rics en greix.

---

1 International Programme on Chemical Safety (IPCS)- Concise International Assessment Document (CIDAD) 55, Polychlorinated biphenyls:human health aspects. OMS, Ginebra, 2003

2 Opinion of the Scientific Panel on contaminants in the food chain [CONTAM] related to the presence of non dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCB) in feed and food. EFSA, 2005.

3 Étude de l'alimentation totale française 2 (EAT 2). Tome 1. Polluants organiques persistants. Dioxines, furanes et PCB. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), 2011

8.2.1, Resultats de les anàlisis d'aliments

S'han analitzat 18 congèneres, dels quals es considera que 12 tenen un efecte dioxina (PCB DL, de l'anglès PCB dioxin like) i els altres 6 no tenen aquest efecte (PCB NDL, PCB non-dioxin-like), els quals són potencialment importants des del punt de vista toxicològic, d'acord amb l'opinió de l'Autoritat Europea de Seguretat Alimentària (EFSA, 2005).

En el cas dels PCB DL, per calcular els valors corresponents en equivalents tòxics (TEQ, expressats en ng OMS TEQ/kg de pes fresc) s'han utilitzat els factors d'equivalència tòxica (TEF) modificats per l'OMS el 2005 i publicats el 2006 (taula 8.9).

Taula 8.9. Factors d'equivalència tòxica (TEF), OMS (2005)

Congénere	TEF 2005
PCB #77	0,0001
PCB #81	0,0003
PCB #105	0,00003
PCB #114	0,00003
PCB #118	0,00003
PCB #123	0,00003
PCB #126	0,1
PCB #156	0,00003
PCB #157	0,00003
PCB #167	0,00003
PCB #169	0,03
PCB #189	0,00003

Les concentracions de PCB als aliments es presenten en la taula 8.10.

Pel que fa al valor global, els grups d'aliments amb una concentració mitjana més alta són el del peix i el marisc (10.265 ng/kg) i el d'olis i greixos (697,9 ng/kg). Els peixos amb una concentració més alta de PCB són el moll (47,913 ng/kg), el verat (26,664 ng/kg) i la sardina (24,667 ng/kg). En el grup d'olis i greixos, els aliments amb una concentració més alta són la mantega (1,736 ng/kg) i la margarina (358,8 ng/kg).

Taula 8.10. Valors de la concentració mitjana de PCB (ng/kg de pes fresc) als aliments

	Carns i derivats	Peix i marisc	Verdures	Tubercles	Fruita	Ous	Llet	Derivats làctics	Pa i cereals	Llegums	Olis i greixos	Brioxeria
PCB #77	0,24	13,67	0,10	0,10	0,11	0,44	0,05	0,34	0,17	0,10	2,47	1,73
PCB #81	0,12	0,66	0,05	0,05	0,06	0,22	0,02	0,17	0,09	0,05	1,24	0,34
PCB #105	1,51	222,1	0,58	0,49	0,56	5,25	0,64	13,24	0,86	0,50	22,62	3,44
PCB #114	0,26	17,24	0,10	0,10	0,11	0,44	0,05	1,24	0,17	0,10	5,76	0,68
PCB #118	7,87	826,2	1,28	0,98	1,10	15,50	2,98	52,84	1,98	1,01	79,88	8,33
PCB #123	0,24	23,05	0,10	0,10	0,11	0,44	0,05	0,72	0,17	0,10	2,47	0,68
PCB #126	0,07	5,31	0,03	0,02	0,03	0,11	0,02	0,57	0,04	0,02	1,09	0,17
PCB #156	1,84	151,1	0,51	0,50	0,53	2,20	0,30	7,34	0,88	0,50	16,00	3,43
PCB #157	0,38	35,69	0,10	0,10	0,11	0,46	0,05	1,55	0,17	0,10	3,19	0,68
PCB #167	1,09	99,05	0,52	0,49	0,53	2,18	0,25	3,17	0,86	0,50	12,38	3,44
PCB #169	0,06	0,84	0,03	0,02	0,03	0,11	0,01	0,09	0,04	0,02	0,61	0,17
PCB #189	0,27	30,45	0,10	0,10	0,11	0,46	0,05	0,78	0,17	0,10	2,47	0,68
Suma PCB DL	13,94	1.425	3,51	3,05	3,38	27,80	4,47	82,05	5,62	3,12	150,2	23,80
Suma PCB DL TEQ*	0,00925	0,60	0,003	0,003	0,004	0,02	0,002	0,06	0,006	0,003	0,13	0,02
PCB #28	12,03	130,4	2,61	0,98	1,10	25,00	2,55	15,53	9,94	1,33	106,9	24,50
PCB #52	6,23	232,6	1,39	0,98	1,10	4,43	4,05	7,30	4,13	1,01	58,06	13,00
PCB #101	4,37	540,6	1,52	0,98	1,10	4,43	0,82	3,77	2,49	1,01	28,88	6,83
PCB #138	21,75	2.140	1,54	0,98	1,10	34,50	5,10	79,46	2,21	1,01	114,9	14,00
PCB #153	31,79	3.948	2,22	0,98	1,10	48,00	6,53	121,5	2,88	1,24	160,4	21,17
PCB #180	19,42	1.848	1,34	0,98	1,10	29,00	3,18	53,87	2,04	1,01	78,63	11,17
Suma PCB NDL	95,58	8.840	10,62	5,85	6,60	145,4	22,17	281,4	23,69	6,60	547,7	90,67
Suma PCB total	109,5	10.265	14,12	8,90	9,98	173,2	26,64	363,5	29,31	9,72	697,9	114,5

En ng/kg de pes fresc; *en ng OMS-TEQ/kg de pes fresc

El mateix podem observar en estudiar els grups de PCB DL i NDL. Atenent a les concentracions mitjanes de PCB DL, el grup del peix i el marisc (0,60 ng OMS TEQ/kg) i el d'olis i greixos (0,13 ng OMS TEQ/kg) tornen a ser els que presenten un contingut més alt. En el cas dels PCB NDL, el peix i els olis continuen superant a la resta amb concentracions de 8.840 i 547,7 ng OMS TEQ/kg, respectivament.

Encara que la fracció de PCB NDL sempre és majoritària, la presència de PCB DL als diferents grups d'aliments no és del tot homogènia. En la figura 8.3 es pot observar com als tubercles, les fruites i els llegums, la proporció de DL se situa entre el 30% i el 40%, mentre que a la resta de grups està al voltant del 20%. En la figura 8.4 es pot apreciar la proporció de cadascun dels PCB DL en el conjunt d'aliments.

En termes d'OMS-TEQ, els congèneres que més hi aporten són el 126 i el 169, amb un clar predomini del primer. Entre els dos sumen més d'un 90% del contingut en tots els grups d'aliments. Aquesta dada és especialment rellevant ja que, entre els PCB DL, aquests dos són els que tenen un TEF més alt i, per tant, els que més s'assemblen biològicament a les dioxines.

Figura 8.3. Proporció de PCB DL/NDL als grups d'aliments

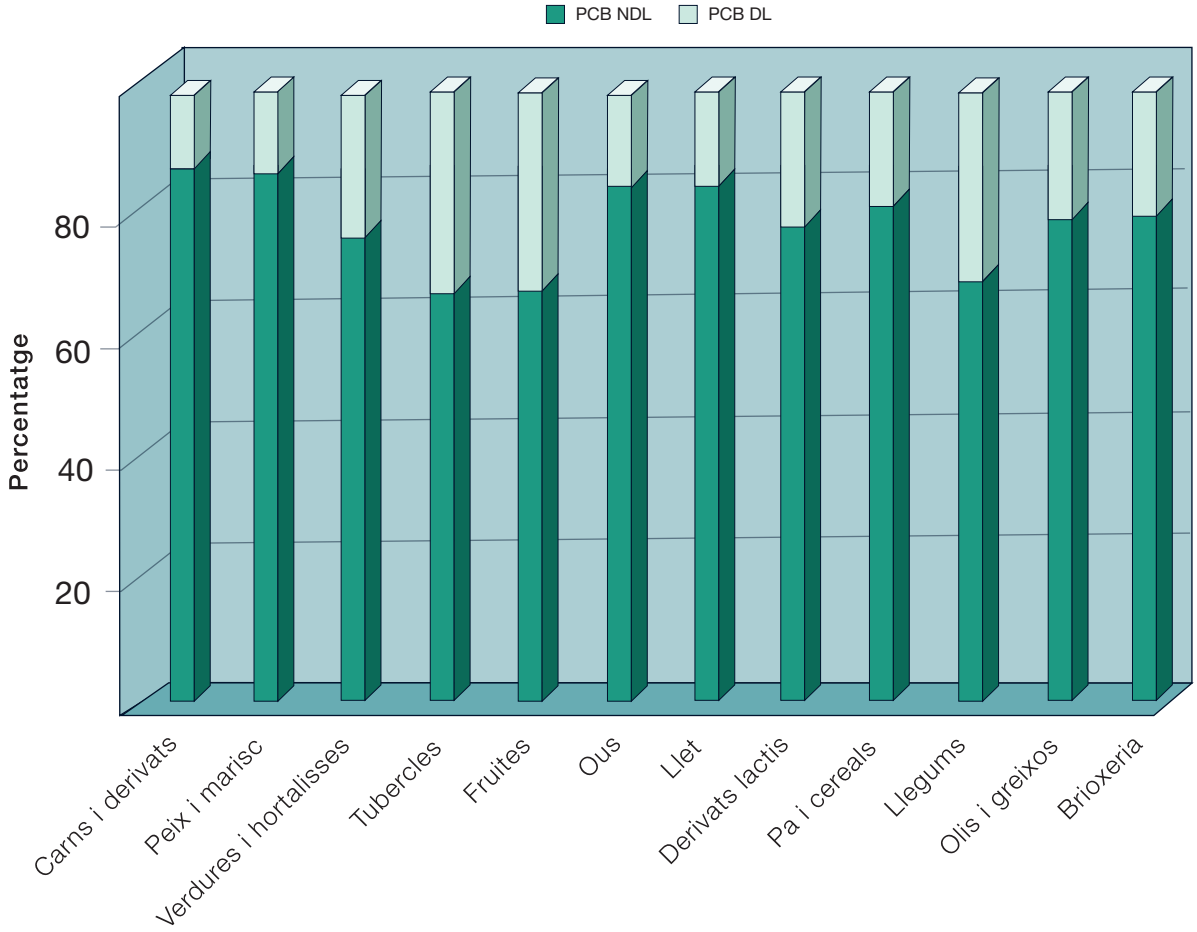
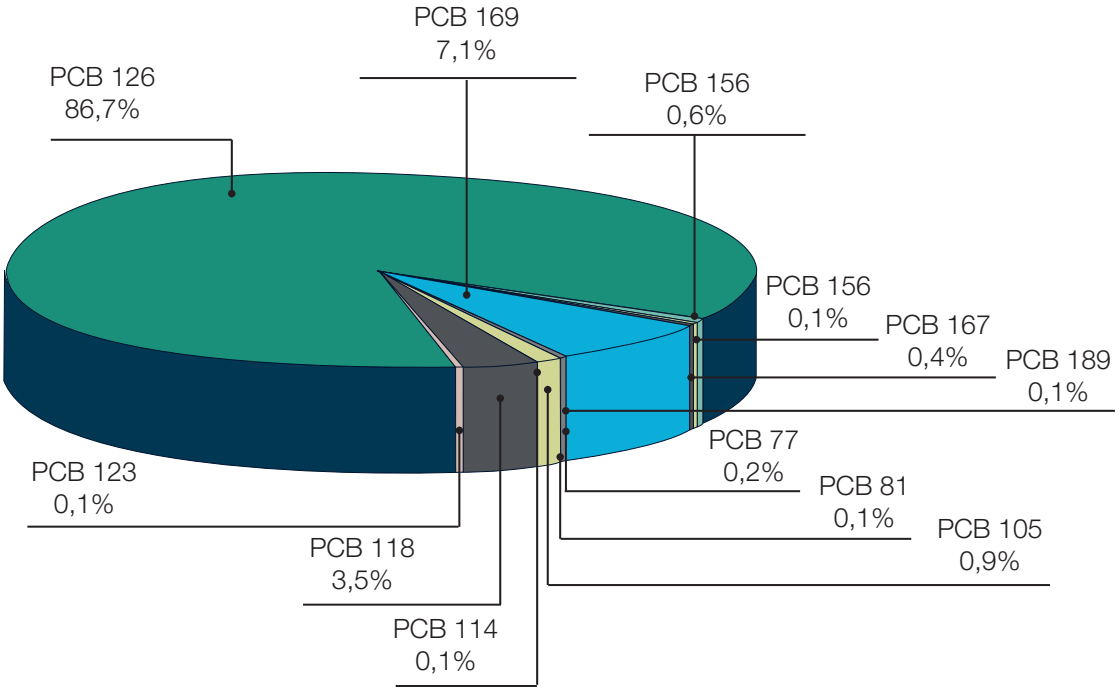


Figura 8.4. Distribució dels PCB DL als aliments. Percentatge de l'aportació al total de TEQ



8.2.2. Contribució dels aliments a la ingesta

Per tal d'estimar la ingesta diària de PCB associada al consum d'aliments, s'han considerat per separat els congèneres DL, els NDL i el total.

En la taula 8.11 es presenta la ingesta diària estimada per a un home adult. Pel que fa als PCB DL, la contribució més important es deu al peix i el marisc (21,72 pg OMS TEQ/dia), seguit dels olis i greixos i els derivats lactis (2,46 i 2,30 pg OMS TEQ/dia, respectivament). En el grup del peix i el marisc destaca la sardina com l'espècie que més PCB DL hi aporta, amb 5,12 pg OMS TEQ/dia. En el grup dels olis i greixos ho és l'oli d'oliva, amb 2,05 pg OMS TEQ/dia, i en el dels derivats lactis ho és el formatge tipus 2 (manxego i similars), amb 0,58 pg OMS TEQ/dia. Atenent als PCB NDL i al total, s'observa un comportament lleugerament diferent ja que, tot i que el peix es manté com a màxim aportador, el segon lloc l'ocupen els derivats lactis i la carn i derivats, amb valors molt similars entre aquests dos grups.

Taula 8.11. Ingesta diària de PCB (home adult, per grups d'aliments)

	Consum d'aliment g/dia	Ingesta de PCB DL pg OMS-TEQ/dia	Ingesta de PCB NDL ng/dia	Ingesta de PCB total ng/dia
Carn i derivats	171,9	0,84	10,66	12,35
Peix i marisc	67,53	21,72	318,00	364,40
Verdures i hortalisses	159,7	0,55	2,09	2,64
Tubercles	73,06	0,24	0,44	12,65
Fruites	193,6	0,68	1,23	1,86
Ous	31,29	0,48	4,55	5,42
Llet	128,4	0,72	4,03	4,76
Derivats lactis	75,62	2,30	10,56	13,41
Pa i cereals	224,3	1,30	4,93	6,12
Llegums	30,36	0,10	0,20	0,29
Olis i greixos	27,16	2,46	8,20	10,55
Brioixeria	45,45	1,05	4,51	5,60
Total d'aliments considerats	1228	32,43	369,4	440,1

En les figures 8.5 i 8.6 es presenta la contribució dels diferents aliments a la ingesta de PCB DL i de PCB NDL. Com es pot comprovar, el grup del peix i el marisc aporta el 67,0% i el 86,1% del total de la ingesta, respectivament.

Figura 8.5. Contribució dels diferents aliments a la ingesta diària de PCB DL

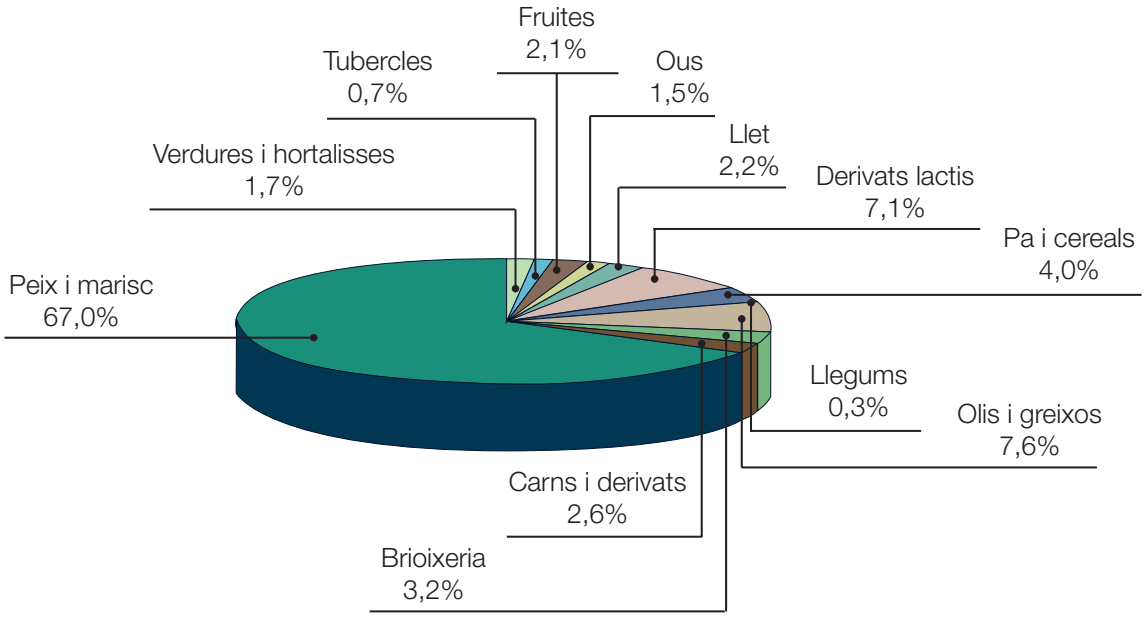
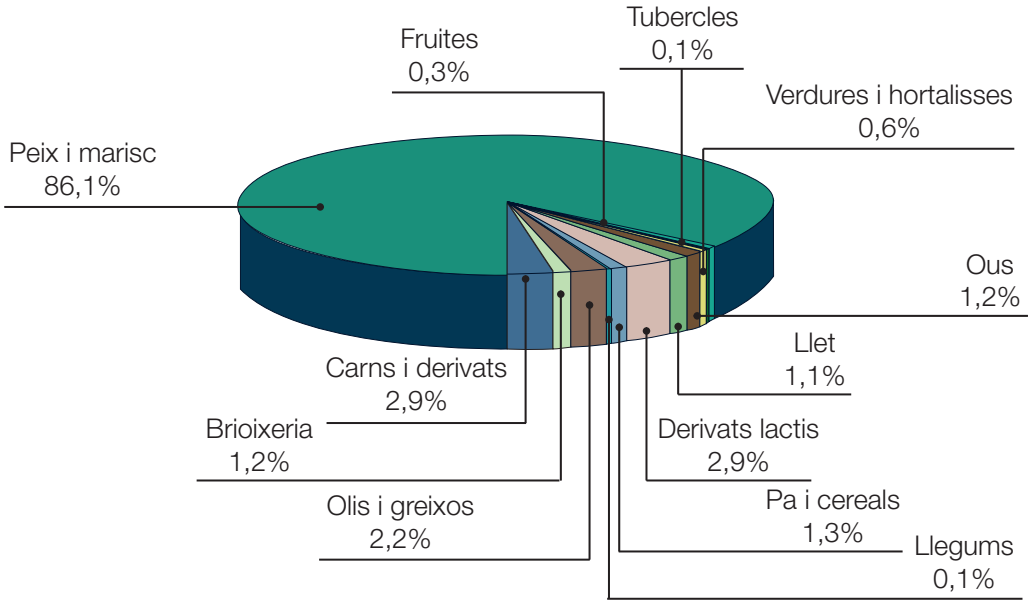


Figura 8.6. Contribució dels diferents aliments a la ingesta diària de PCB NDL



8.2.3. Ingesta diària estimada per grups de població

La taula 8.12 mostra la ingesta diària estimada de PCB per als diferents grups de població, segons l'edat i el sexe. No s'aprecien grans diferències entre els grups de població estudiats.

Taula 8.12. Ingesta diària estimada de PCB en els diferents grups de població

Grups de població	Ingesta de PCB DL pg OMS-TEQ/dia	Ingesta de PCB NDL ng/dia	Ingesta de PCB total ng/dia
Homes	32,43	369,4	440,1
Dones	30,66	355,5	282,5
Nens i nenes	37,48	386,1	455,8
Nois adolescents	23,76	236,0	237,3
Noies adolescents	23,18	244,0	219,9
Homes més grans de 65 anys	34,24	404,9	361,8
Dones més grans de 65 anys	35,91	445,3	173,9

8.2.4. Avaluació del risc

8.2.4.1. Comparació amb els nivells de seguretat establerts

En la taula 8.13 es presenta la ingesta diària estimada de PCB en els diferents grups de població, expressada en funció del pes corporal. Per a un home adult de 70 kg de pes, la ingesta de PCB DL s'estima en 0,46 pg OMS TEQ/kg/dia. Aquest valor és inferior al valor establert per l'OMS com a ingesta diària tolerable (IDT) per a les dioxines, els furans i els PCB DL (1-4 pg OMS TEQ/kg/dia).

Pel que fa a la ingesta de PCB NDL, per a un home adult es considera una ingesta de 5,28 ng/kg/dia. Aquest valor és dues vegades inferior a la ingesta diària de referència utilitzada en l'estudi de dieta de França (PCB indicadors) i és inferior a la ingesta estimada per a la població europea de 10-45 ng/kg/dia (EFSA, 2005).

Quant a la ingesta de PCB totals, s'estima que aquesta és de 6,29 ng/kg/dia en el grup d'homes adults, tres vegades inferior a la IDT establerta per l'OMS.

Taula 8.13. Ingesta diària de PCB relativa al pes corporal

Grups de població	Ingesta de PCB DL pg OMS-TEQ/kg/dia	Ingesta de PCB NDL ng/kg/dia	Ingesta de PCB total ng/kg/dia
Homes	0,46	5,28	6,29
Dones	0,56	6,46	5,14
Nens i nenes	1,56	16,09	18,99
Nois adolescents	0,42	4,21	4,24
Noies adolescents	0,44	4,62	4,15
Homes més grans de 65 anys	0,53	6,23	5,57
Dones més grans de 65 anys	0,60	7,42	2,90

Pel que fa als PCB DL i als PCB totals, les dades del nostre estudi indiquen que en cap cas la ingesta estimada no supera els valors de referència establerts per l'OMS.

En la població infantil, la ingesta de PCB DL se situa en el límit baix de l'interval establert per l'OMS (1-4 pg OMS TEQ/kg/dia) i, pel que fa als PCB totals, és lleugerament inferior al valor establert per l'OMS (20 ng/kg/dia). Respecte de la ingesta de PCB NDL en el grup de nens i nenes, estimada en 16,09 ng/kg/dia, aquesta és més baixa que l'estimada per a la població infantil europea, que se situa entre 27 i 50 ng/kg/dia (EFSA, 2005).

8.2.4.2. Avaluació probabilística de l'exposició

En la taula 8.14 es presenten els resultats de l'avaluació probabilística de l'exposició al PCB DL associada a la dieta.

Taula 8.14. Ingesta relativa de PCB DL per grups de població. Distribució dels valors d'exposició i influència d'algunes incerteses

	Variabilitat						Incertesa c*Q					
Grups de població	mitjana	DE	P50	P75	P90	P95	mitjana	DE	P50	P75	P90	P95
Homes	0,43	0,17	0,41	0,52	0,66	0,74	0,45	0,19	0,42	0,55	0,69	0,80
Dones	0,54	0,22	0,50	0,64	0,81	0,92	0,56	0,25	0,51	0,67	0,85	0,98
Nois adolescents	0,46	0,16	0,43	0,55	0,68	0,78	0,47	0,18	0,44	0,56	0,72	0,82
Noies adolescents	0,47	0,17	0,45	0,55	0,66	0,76	0,49	0,20	0,45	0,57	0,71	0,84
Homes més grans de 65 anys	0,49	0,21	0,46	0,60	0,76	0,88	0,51	0,21	0,46	0,61	0,79	0,92
Dones més grans de 65 anys	0,60	0,32	0,53	0,78	1,02	1,17	0,61	0,33	0,53	0,79	1,05	1,23
TOTAL	0,50	0,20	0,46	0,59	0,75	0,86	0,51	0,24	0,47	0,61	0,78	0,91

En pg OMS-TEQ/kg/dia

Quan es considera solament la variabilitat, la majoria de la població presenta una ingesta inferior a l'interval màxim recomanat per l'OMS per a tots els productes DL (1-4 pg OMS TEQ/kg/dia). Només un 10% de les dones més grans de 65 anys són a la banda baixa d'aquest interval. En tots els casos, la ingesta derivada de la consideració de la variabilitat és inferior als 14 pg OMS TEQ/kg/setmana i als 70 pg OMS TEQ/kg/mes recomanats pel JECFA.

Quan es considera el pitjor escenari raonable, que es crea en tenir en compte les incerteses associades a les dades de consum i de concentració, tampoc no s'observa que l'exposició calculada superi el nivell de seguretat toxicològic d'1-4 pg OMS TEQ/kg/dia establert per l'OMS, i únicament el 10% de les dones més grans de 65 anys es manté a la banda baixa de l'interval. En tots els casos, la ingesta derivada de la consideració de la variabilitat és inferior als 14 pg OMS-TEQ/kg/setmana i als 70 pg OMS-TEQ/kg/mes recomanats pel JECFA.

El percentil 95 (alt) de la població presenta una ingesta entre 0,80 i 1,23 pg OMS TEQ/kg/dia, el que correspon a una ingesta setmanal entre 5,60 i 8,61 pg OMS-TEQ/kg i a una ingesta mensual entre 24,0 i 36,9 pg OMS TEQ/kg, segons el grup de població considerat.

8.2.5. Evolució des de l'any 2000 al 2008

8.2.5.1. Concentració

Les figures 8.7 i 8.8 mostren la comparació de les mitjanes de concentració dels PCB en aliments (ng/kg de pes fresc) entre els tres estudis.

En la figura 8.7 es presenten els canvis en els aliments estudiats, a excepció del peix i el marisc. En la figura 8.8 es mostra per separat la variació observada en el grup del peix i el marisc, ja que aquest grup presenta unes concentracions mitjanes d'ordre de magnitud molt superior. Es pot observar una davallada en la majoria de valors obtinguts, a excepció del grup dels olis i greixos.

Figura 8.7. Comparació de les concentracions de PCB (anys 2000, 2005 i 2008)

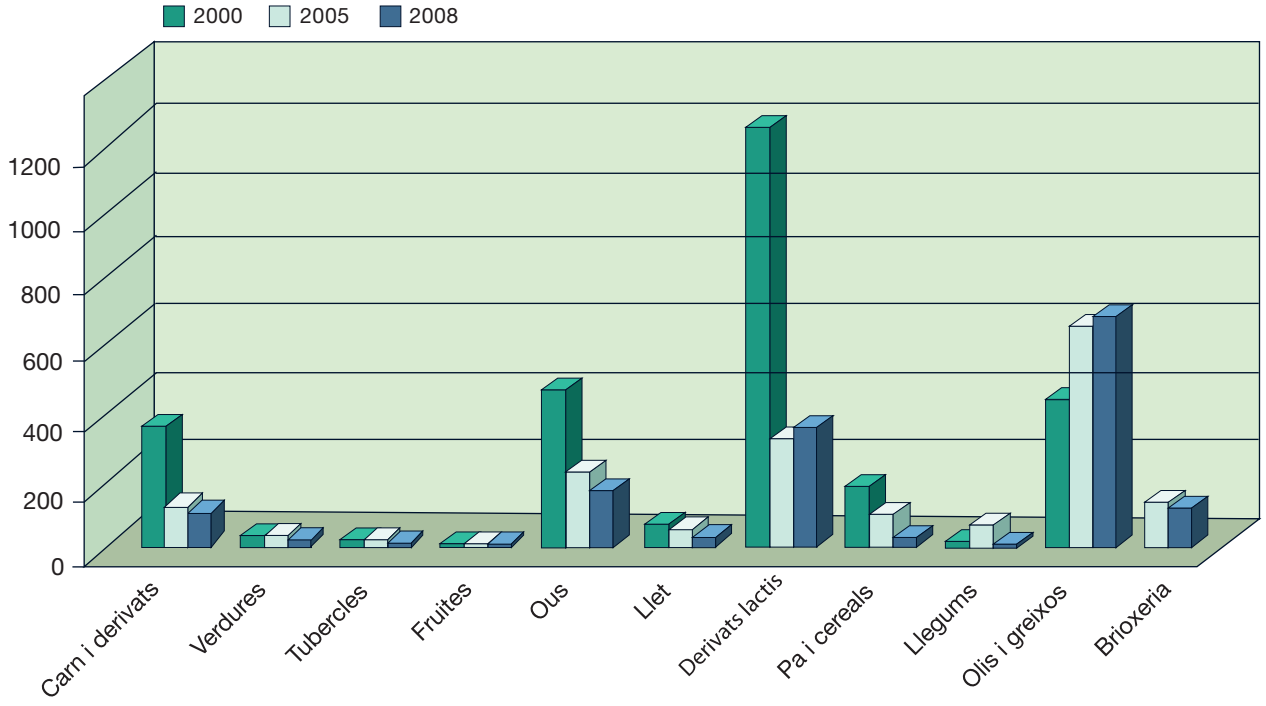
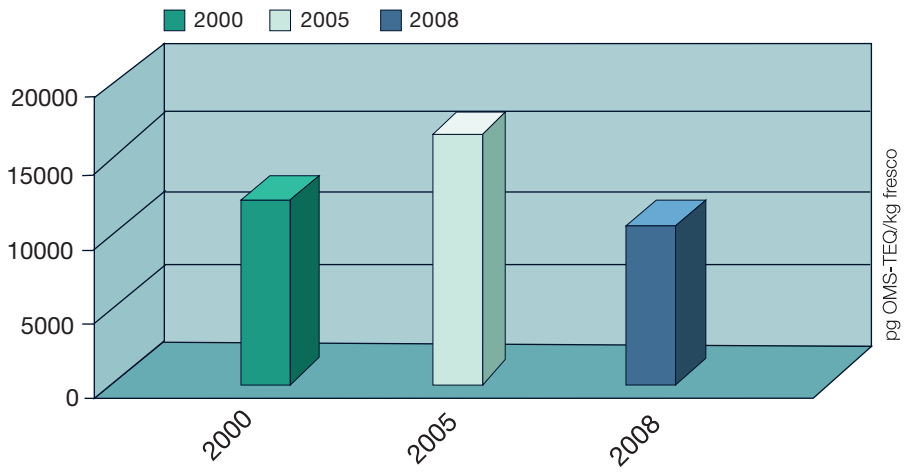


Figura 8.8. Comparació de les concentracions de PCB en peix i marisc (anys 2000, 2005 i 2008)



8.2.5.2. Ingesta

La taula 8.15 mostra l'evolució de la ingesta de PCB NDL i DL entre els tres estudis de dieta total, prenent com a referència l'home adult. Com s'hi pot observar, la davallada és molt notable i generalitzada per als PCB NDL (48%) i els PCB DL (38%).

Taula 8.15. Evolució de la ingesta de PCB NDL i DL (anys 2000, 2005 i 2008)

	Consum d'aliment g/da		Ingesta de PCB NDL ng/dia			Ingesta de PCB DL pg OMS-TEQ/dia		
	2000	Encat 2003	2000	2005	2008	2000	2005	2008
Carn i derivats	185	171,9	63,34	17,34	10,66	8,85	2,24	0,84
Peix i marisc	92	67,53	987,6	956,1	318,0	82,87	38,77	21,72
Verdures i hortalisses	226	159,7	4,50	3,11	2,09	1,07	0,70	0,55
Tubercles	74	73,06	1,13	0,79	0,44	0,83	0,45	0,24
Fruites	239	193,6	1,16	1,37	1,23	2,10	0,79	0,68
Ous	34	31,29	6,82	6,27	4,55	0,84	0,55	0,48
Llet	217	128,4	11,78	4,72	4,03	1,78	1,72	0,72
Derivats lactis	106	75,62	117,3	20,28	10,56	29,38	1,24	2,30
Pa i cereals	206	224,3	35,54	17,22	4,93	11,36	2,27	1,30
Llegums	24	30,36	0,29	1,71	0,20	0,37	0,22	0,10
Olis i greixos	41	27,16	16,43	13,33	8,20	10,67	2,48	2,46
Brioixeria	-	45,45	-	4,94	4,51	-	0,98	1,05
Total d'aliments considerats	**1444**	**1228**	**1.246**	**707,2**	**369,4**	**150,12**	**52,40**	**32,43**

8.2.6. Altres estudis

En les taules 8.16 i 8.17 es presenten les dades d'alguns estudis similars d'arreu del món. Tot i la dificultat de les comparacions, a causa de les diverses metodologies i dissenys d'estudi emprats, aquestes dades ens permeten situar Catalunya respecte als altres països.

Taula 8.16. Ingesta diària de PCB DL i comparació amb altres estudis

País	pg TEQ/dia	pg TEQ/kg/dia	Autors
Catalunya	32,4	0,46	Aquest estudi
Turquia		0,59	Kilic et al., 2011
Suècia	21,7-41,4		Törnkivst et al., 2011
Xina		9,78	Xing et al., 2011
Noruega		1,25	Kvalem et al., 2009
Xina	3,81-21,93		Li et al., 2007
Catalunya	52,4	0,75	Estudi 2005
Egipte		2,68	Loutfy et al., 2006
Itàlia		1,3	Fattore et al., 2006
Japó	55,9	1,12	Sasamoto et al., 2006
Espanya (Huelva)	184,1	2,63	Bordanjandi et al., 2004
Austràlia		0,18	Food Standars Australia-New Zealand, 2004
Països Baixos		0,5	Baars et al., 2004
Finlàndia	56	0,74	Kiviranta et al., 2004
Regne Unit		0,5	Dades governamentals
Bèlgica	67,6	1,04	Focant et al., 2002
Catalunya	150,12	2,15	Estudi 2000

Taula 8.17. Ingesta diària de PCB NDL i comparació amb altres estudis

País	ng/kg/dia	Observacions	Autors
França	1,83-2,71	Adult, 6 PCB	ANSES,2011
Catalunya	5,3	Adult, 6 PCB	Aquest estudi
França	12,9	3-14 anys, 6 PCB	Arnich et al., 2009
	7,7	Adult, 6 PCB	
Alemanya	11,2	Adult, 6 PCB	Fromme et al., 2009
Itàlia	24,6	0,5-6 anys, 6 PCB	Fattore et al., 2008
	16,1	7-12 anys, 6 PCB	
	10,9	Adult, 6 PCB	
Catalunya	18,60	Adult, 6 PCB	Estudi 2005
Països Baixos	21,9	2 anys, 7 PCB	Bakker et al., 2003
	12,5 8,6	10 anys, 7 PCB 40 anys, 7 PCB	
Alemanya	30,5	1,5-3 anys, 3 PCB	Petzold et al., 1999
	16,5	20-35 anys, 3 PCB	Schäfer et al., 2000
Itàlia	39,0	6 PCB	Zuccato et al., 1999
	16,1	7-12 anys, 6 PCB	Fattore et al., 2005
	10,9	13-94 anys, 6 PCB	
Catalunya	17,80	Adult, 6 PCB	Estudi 2000

8.3. AVALUACIÓ CONJUNTA DELS PCDD/F I ELS PCB SIMILARS A LES DIOXINES (PCB DL)

Per avaluar-ne els riscos s'ha de valorar conjuntament l'exposició a dioxines, furans i PCB amb efecte dioxina, ja que tant l'OMS com l'EFSA estableixen valors de seguretat que engloben els dos tipus de contaminants.

8.3.1. Concentracions conjuntes

En la taula 8.18 es presenten les concentracions equivalents (OMS-TEQ) de PCDD/F, PCB DL i totes dues en conjunt per als grups d'aliments analitzats. Per als càlculs s'han utilitzat els valors de TEF publicats per l'OMS el 2005 (vegeu els apartats anteriors).

Taula 8.18. Concentracions de PCDD/F i PCB DL

	PCDD/F	PCB DL	PCDD/F + PCB DL
Carn i derivats	0,011	0,009	0,020
Peix i marisc	0,120	0,600	0,720
Verdures i hortalisess	0,002	0,003	0,006
Tubercles	0,002	0,003	0,005
Fruites	0,003	0,004	0,007
Ous	0,032	0,015	0,047
Llet	0,005	0,002	0,007
Derivats lactis	0,056	0,060	0,116
Pa i cereals	0,007	0,006	0,013
Llegums	0,003	0,003	0,006
Olis i greixos	0,086	0,133	0,219
Brioixeria	0,023	0,023	0,046

8.3.2. Contribució dels aliments a la ingesta

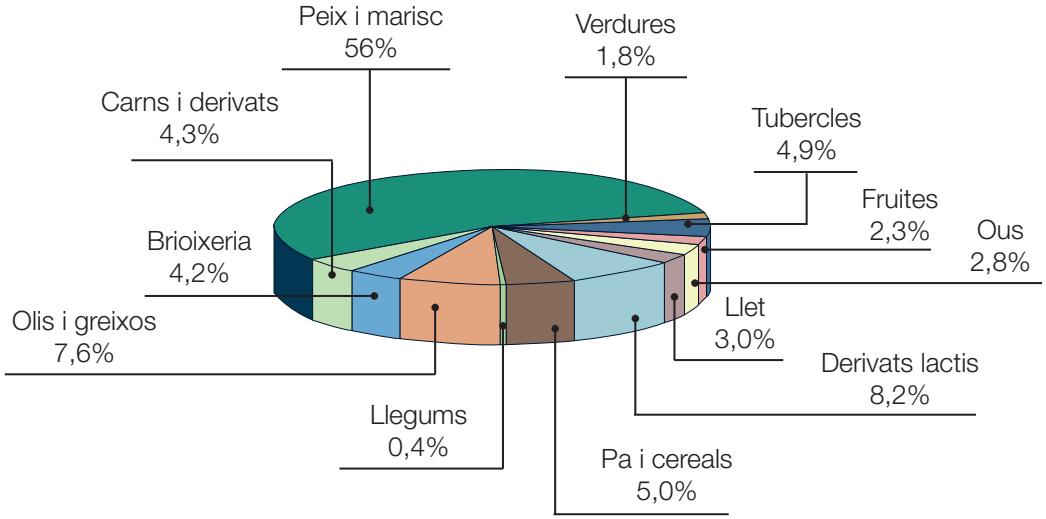
En la taula 8.19 es presenten, ordenades per grups d'aliments, les ingestes diàries estimades de PCDD/F i PCB DL i la suma d'ambdós conceptes per a un home adult. La ingesta diària estimada per a un home adult és de 53,23 pg OMS TEQ. La contribució dels PCB DL a aquesta ingesta és del 61%.

Taula 8.19. Ingesta diària de PCDD/F + PCB DL (home adult, per grups d'aliments)

	Consum d'aliment g/dia	Ingesta de PCDD/F pg OMS-TEQ/dia	Ingesta de PCB DL pg OMS-TEQ/dia	Ingesta conjunta pg OMS-TEQ/dia
Carn i derivats	171,9	1,45	0,84	2,29
Peix i marisc	67,5	7,86	21,72	29,58
Verdures i hortalisses	159,7	0,39	0,55	0,94
Tubercles	73,06	2,34	0,24	2,59
Fruites	193,6	0,54	0,68	1,22
Ous	31,29	1,00	0,48	1,48
Llet	128,4	0,87	0,72	1,59
Derivats lactis	75,62	2,09	2,30	4,38
Pa i cereals	224,3	1,39	1,30	2,68
Llegums	30,36	0,09	0,10	0,19
Olis i greixos	27,16	1,60	2,46	4,06
Brioixeria	45,45	1,17	1,05	2,22
Total d'aliments considerats	1228	20,79	32,44	53,23

En la figura 8.9 es pot observar la contribució dels diferents tipus d'aliments a la ingesta conjunta de PCDD/F + PCB DL en l'home adult. Per tipus d'aliment, l'aportació més considerable és la del grup del peix i el marisc (29,58 pg OMS TEQ), que representa el 56% del total, seguit a molta distància pel grup dels derivats lactis (4,38 pg OMS TEQ) i pel dels olis i greixos (4,06 pg OMS TEQ).

Figura 8.9. Contribució del tipus d'aliment a la ingesta de PCDD/F + PCB DL



8.3.3. Ingesta diària estimada per grups de població

En la taula 8.20 es mostra la ingesta diària conjunta estimada per als diferents grups de població, segons l'edat i el sexe. El grup amb una ingesta més alta és el dels nens i nenes, seguit dels homes adults.

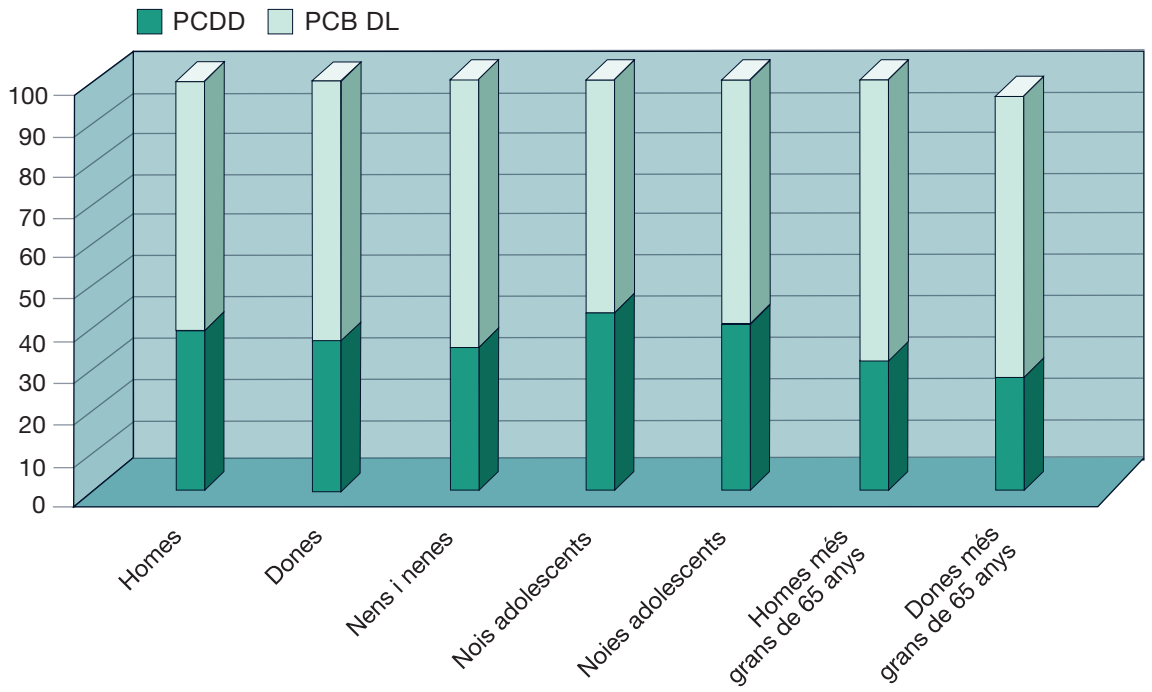
Taula 8.20. Ingesta diària estimada en els diferents grups de població

Grups de població	Ingesta de PCDD/F	Ingesta de PCB DL	Ingesta conjunta
Homes	20,79	32,43	53,22
Dones	17,66	30,66	48,32
Nens i nenes	20,04	37,48	57,52
Nois adolescents	18,24	23,76	42,00
Noies adolescents	15,97	23,18	39,15
Homes més grans de 65 anys	16,18	34,24	50,42
Dones més grans de 65 anys	13,91	35,91	49,82

En pg OMS-TEQ/dia

En la figura 8.10 es presenta el percentatge de participació corresponent als PCDD/F i els PCB DL en la ingesta diària. Es pot observar la gran proporció que representen els PCB DL en la ingesta total, amb un 64% de mitjana. La contribució dels PCDD/F és bastant regular en tots els grups d'edat i se situa entre el 28% i el 43%.

Figura 8.10. Proporció en percentatge de PCDD/F i PCB DL a la ingesta diària



8.3.4. Avaluació del risc

8.3.4.1. Comparació amb els nivells de seguretat establerts

En la taula 8.21 es pot observar la ingesta diària conjunta dels dos grups de contaminants, per als diferents grups de població i en relació amb el pes corporal.

Taula 8.21. Ingesta diària de PCDD/F + PCB DL relativa al pes corporal

Grups de població	Ingesta de PCDD/F	Ingesta de PCB DL	Ingesta conjunta
Homes	0,30	0,46	0,76
Dones	0,32	0,56	0,88
Nens i nenes	0,84	1,56	2,40
Nois adolescents	0,33	0,42	0,75
Noies adolescents	0,30	0,44	0,74
Homes més grans de 65 anys	0,28	0,53	0,81
Dones més grans de 65 anys	0,23	0,60	0,83

En pg OMS-TEQ/kg/dia

Es pot observar com en tots els casos, a pesar que els OMS TEQ augmenten considerablement quan es tenen en compte els PCB DL, la ingesta és inferior o se situa en l'interval diari tolerable establert per l'OMS (1-4 pg OMS TEQ/kg/dia) en tots els grups de població.

En general, la ingesta setmanal també està força per sota de la ingesta setmanal tolerable provisional (ISTP), xifrada en 14 pg OMS TEQ/kg/setmana per l'EFSA el 2001, ja que la majoria de grups presenten una ingesta setmanal entre 5,18 i 6,16 pg OMS TEQ/kg/setmana. Solament per als nens i nenes s'obté una ingesta superior, de 16,80 pg OMS TEQ/kg/setmana. S'ha de tenir en compte que el període d'exposició és curt i l'excés d'ingesta és molt petit.

De la mateixa manera, la majoria de grups presenten una ingesta mensual entre 22 i 26 pg OMS TEQ/kg/mes, inferior a la ingesta mensual tolerable provisional (IMTP) de 70 pg OMS TEQ/kg/mes recomanada pel JECFA el 2001. En els nens i nenes, la ingesta és de 72 pg OMS TEQ/kg/mes.

8.3.4.2. Avaluació probabilística de l'exposició

En la taula 8.22 es presenten els resultats de l'avaluació probabilística de l'exposició conjunta a PCDD/F i PCB DL associada a la dieta.

Taula 8.22. Ingesta relativa de PCDD/F i PCB DL per grups de població. Distribució dels valors d'exposició i influència d'algunes incerteses

Grups de població	Variabilitat						Incertesa c*Q					
	mitjana	DE	P50	P75	P90	P95	mitjana	DE	P50	P75	P90	P95
Homes	0,66	0,22	0,63	0,78	0,95	1,02	0,68	0,24	0,64	0,80	1,00	1,12
Dones	0,82	0,29	0,77	0,95	1,17	1,31	0,83	0,32	0,78	0,98	1,20	1,38
Nois adolescents	0,76	0,23	0,73	0,88	1,07	1,19	0,78	0,25	0,74	0,91	1,10	1,25
Noies adolescents	0,76	0,23	0,73	0,87	1,04	1,17	0,78	0,27	0,74	0,90	1,10	1,27
Homes més grans de 65 anys	0,70	0,26	0,66	0,83	1,02	1,17	0,71	0,28	0,67	0,85	1,06	1,22
Dones més grans de 65 anys	0,84	0,38	0,76	1,06	1,34	1,54	0,84	0,39	0,76	1,06	1,37	1,59
TOTAL	0,75	0,26	0,71	0,88	1,08	1,21	0,76	0,29	0,72	0,90	1,12	1,28

En pg OMS-TEQ/kg/dia

Es pot observar una coincidència considerable entre els valors de les mitjanes de l'estudi probabilístic i els càlculs deterministes.

Quan es considera solament la variabilitat, i també quan es considera el pitjor escenari raonable que es crea en tenir en compte les incerteses associades a les dades de consum i de concentració, s'observa que tota la població presenta una ingesta inferior als 14 pg OMS TEQ/kg/setmana recomanats per l'EFSA i als 70 pg OMS TEQ/kg/mes recomanats pel JECFA, mentre que el percentil 90 de la població se situa en la banda baixa de l'interval recomanat per l'OMS (1-4 pg OMS TEQ/kg/dia).

8.3.5. Evolució des de l'any 2000 al 2008

8.3.5.1. Concentració

Per comparar l'estudi actual amb els anteriors s'ha tingut en compte només la concentració dels congèneres dels PCB analitzats en tots tres estudis (28, 52, 77, 101, 105, 118, 126, 138, 153, 169 i 180). Les figures 8.11a, b i c mostren la comparació de les mitjanes de concentració dels PCDD/F i els PCB en els aliments obtingudes en tots tres estudis (els diferents tipus d'aliments es mostren agrupats segons la magnitud de les concentracions corresponents).

Figura 8.11a. Evolució de la concentració de PCDD/F + PCB (anys 2000, 2005 i 2008)

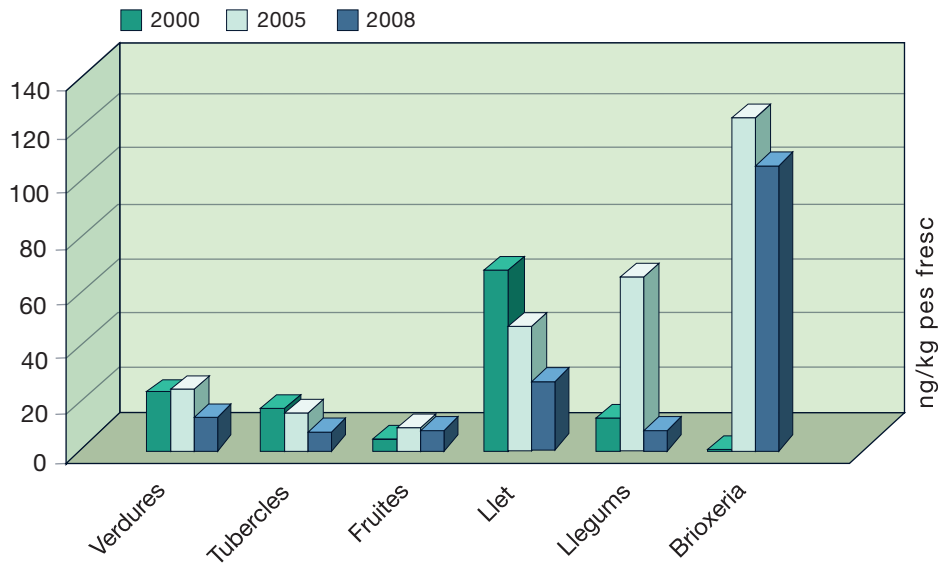


Figura 8.11b. Evolució de la concentració de PCDD/F + PCB (anys 2000, 2005 i 2008)

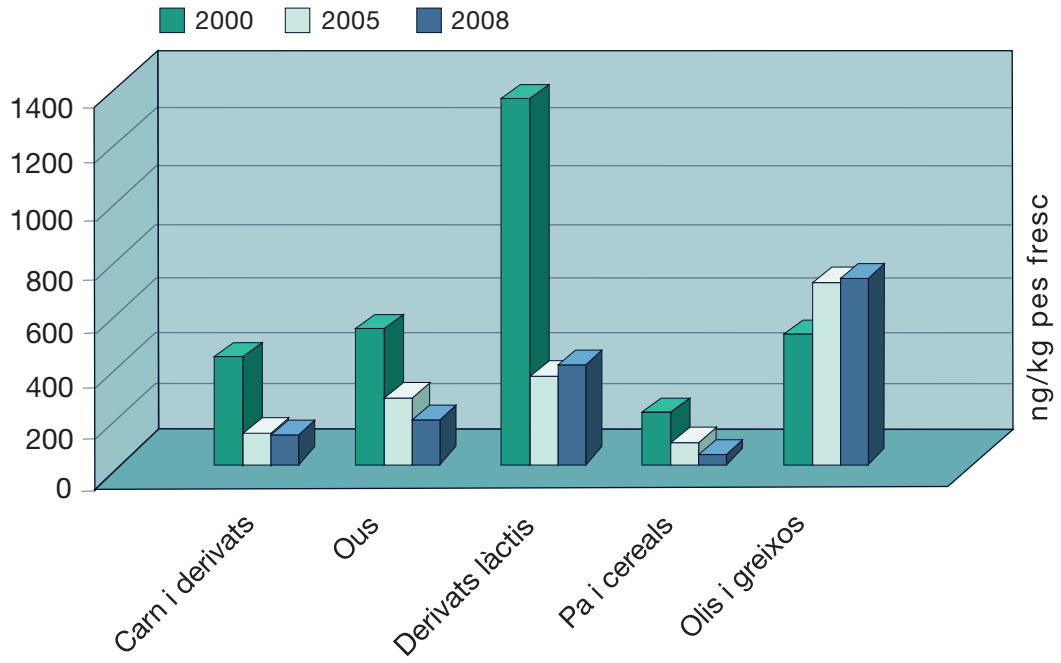
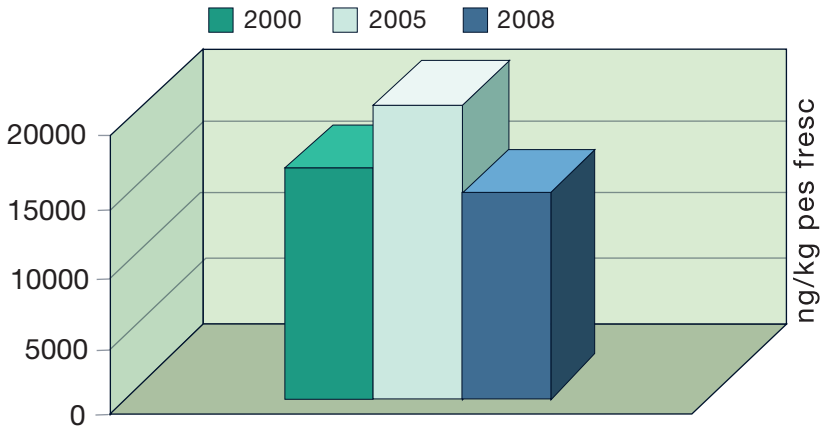


Figura 8.11c. Evolució de la concentració de PCDD/F + PCB en peix i marisc (2000, 2005 i 2008)



En general, es pot destacar una davallada de la concentració en la majoria de grups d'aliments, a excepció del grup dels lactis i el dels olis i greixos, en els quals la concentració augmenta lleugerament respecte al 2005. Quant al grup del peix i el marisc, l'estudi del 2005 indica un augment de la concentració en relació amb l'estudi de l'any 2000, probablement perquè es va incrementar el nombre d'espècies analitzades de 3 a 14. En canvi, en l'estudi del 2008, amb les mateixes 14 espècies de l'estudi del 2005 i, per tant, comparables, s'observa una disminució de la concentració de PCCD/F i PCB.

8.3.5.2. Ingesta

La taula 8.23 mostra l'evolució de la ingesta conjunta entre els tres estudis de dieta total, prenent com a referent la de l'home adult. S'hi observa una disminució important: de 245,5 pg OMS TEQ/dia l'any 2000 a 78,07 pg OMS TEQ/dia l'any 2005 i a 53,23 pg OMS TEQ/dia l'any 2008. Entre els dos darrers estudis, la disminució de la ingesta conjunta ha estat del 41%. El descens de les aportacions és marcat i general, llevat d'increments moderats en alguns grups d'aliments.

Taula 8.23. Evolució de la ingesta de PCDD/F + PCB DL (anys 2000, 2005 i 2008)

	Consum d'aliment g/dia		Ingesta de PCDD/F + PCB DL pg OMS-TEQ/dia		
	2000	Encat 2003	2000	2005	2008
Carn i derivats	185	171,9	20,94	4,86	2,29
Peix i marisc	92	67,53	111,60	45,30	29,58
Verdures i hortalisses	226	159,7	2,74	1,98	0,94
Tubercles	74	73,06	1,73	1,22	2,59
Fruites	239	193,6	4,30	1,44	1,22
Ous	34	31,29	3,21	0,99	1,48
Llet	217	128,4	3,88	3,19	1,59
Derivats lactis	106	75,62	52,70	3,05	4,38
Pa i cereals	206	224,3	25,12	8,60	2,68
Llegums	24	30,36	0,70	0,65	0,19
Olis i greixos	41	27,16	18,60	4,98	4,06
Brioixeria	-	45,45	-	1,82	2,22
Total d'aliments considerats	1444	1228	245,52	78,07	53,23

8.3.6. Altres estudis

En la taula 8.24 es presenten les dades d'alguns estudis similars d'arreu del món. Tot i la dificultat de les comparacions, a causa de les diverses metodologies i dissenys d'estudi emprats, aquestes dades ens permeten situar Catalunya respecte als altres països.

Taula 8.24. Ingesta diària conjunta de PCDD/F + PCB DL i comparació amb altres estudis

País	pg TEQ/dia	pg TEQ/kg/dia	Autors
França		0,47-057	ANSES, 2011
Catalunya	53,23	0,76	Aquest estudi
Japó	87,28-104,24	1,45-2,08	Nakatani et al., 2011
Suècia		0,6	Törnkvist et al., 2011
Bèlgica		0,72	Windal et al., 2010
Xina	81,8	9,54	Zhang et al., 2008
Països Baixos		0,8-0,9	De Mul et al., 2008
Bèlgica		1,74	Bilau et al., 2008
Japó	43,43		Arisawa et al., 2008
França	30,93-65,73	0,53-1,31	Tard et al., 2007
Xina	9,06-57,10		Li et al., 2007
Japó		1,49	Mato et al., 2007
Egipte		6,68	Loutfy et al., 2006
Itàlia		2,28	Fattore et al., 2006
Japó	77,49	1,55	Sasamoto et al., 2006
Catalunya	78,07	1,12	Estudi 2005
Espanya (Huelva)	264,6	3,78	Bordanjandi et al., 2004
Austràlia		0,52	
Països Baixos		1,1	Baars et al., 2004
Finlàndia	114	1,5	
Regne Unit		0,9	Dades governamentals
Bèlgica	132,9	2,04	
Catalunya	245,5	3,51	Estudi 2000

9 Hexaclorobenzè

L'hexaclorobenzè (HCB) es va introduir com plaguicida agrícola el 1945, i el 1981 es va prohibir per a ús agrícola a la Comunitat Europea, a causa de la persistència alta en el medi ambient i els éssers vius. No obstant això, encara s'utilitza en certa mesura com a producte químic industrial i s'allibera al medi ambient durant la incineració de residus. A més, en certa mesura, és un subproducte de la fabricació de productes químics industrials i apareix en les formulacions de diversos plaguicides. L'HCB és molt volàtil, altament lipòfil i és ubic en l'ambient. Pot ser transportat a llargues distàncies i es bioacumula en els teixits grassos. L'HCB està inclòs en el Conveni d'Estocolm sobre contaminants orgànics persistents (COP).

L'hexaclorobenzè s'absorbeix fàcilment en els éssers humans i animals. Presenta una toxicitat aguda baixa i el fetge és l'òrgan diana. A dosis subagudes, l'HCB interfereix en l'acció de diferents enzims hepàtics, especialment els implicats en la síntesi del grup hemo, i causa porfíria, lesions cutànies, hiperexcitabilitat, inflamació i cirrosi. L'HCB provoca efectes adversos en la reproducció i els teixits reproductius, interfereix en la síntesi d'hormones esteroides ovàriques i causa problemes renals i en les glàndules tiroide i paratiroide.

L'OMS ha establert una ingesta diària admissible de 0,16 µg/kg de pes corporal i dia, sobre la base dels efectes cancerígens, a partir de la qual ha establert un contingut màxim d'1 µg/l a l'aigua de consum humà (IPCS, 1997).[1]

L'Agència de Protecció del Medi Ambient d'Estats Units ha establert, tenint en compte els efectes hepàtics adversos, una dosi oral de referència de 0,08 mg/kg i dia (US EPA, 1991).[2]

L'Agència Internacional de Recerca sobre el Càncer classifica l'HCB com a possible carcinogen humà (grup 2B), basant-se en els efectes carcinògens observats en animals d'experimentació (IARC, 2001).[3]

9.1. RESULTATS DE LES ANÀLISIS D'ALIMENTS

Les concentracions detectades en els diferents grups d'aliments analitzats es presenten en la taula 9.1. Les concentracions més altes s'han trobat en el grup dels olis i greixos, com la mantega i l'oli d'oliva (860 i 195 ng/kg de pes fresc, respectivament); i en el grup dels derivats làctics, com el formatge tipus 2 (manxego i similars) i el formatge tipus 3 (porcions, brie i similars), amb 435 i 380 ng/kg, respectivament.

Les concentracions més baixes es detecten als llegums (1,67 ng/kg), les fruites (1,87 ng/kg) i les verdures i hortalisses (4,87 ng/kg de pes fresc).

---

[1] Hexachlorobenzene in drinking-water. Background for development of WHO guidelines for drinking water quality. OMS, 2004.

[2] Hexachlorobenzene. Integrated Risk information System. US EPA, 1991.

[3] Hexachlorobenzane. IARC, vol. 79, 2001.

Taula 9.1. Concentració d'HCB en els aliments

	Concentració d'HCB
Carn i derivats	83,43
Peix i marisc	170,27
Verdures i hortalisses	4,87
Tubercles	8,90
Fruites	1,87
Ous	38,00
Llet	11,65
Derivats làctics	224,70
Pa i cereals	10,53
Llegums	1,67
Olis i greixos	297,31
Brioixeria	47,83

En ng/kg de pes fresc

9.2. CONTRIBUCIÓ DELS ALIMENTS A LA INGESTA

La ingesta diària estimada d'hexaclorobenzè per a un home adult es xifra en 37,70 ng/dia. L'oli d'oliva, el formatge tipus 2 (manxego i similars) i el bistec de vedella són els aliments que més contribueixen a la ingesta d'hexaclorobenzè, amb 4,70 ng/dia, 3,07 ng/dia i 2,75 ng/dia, respectivament.

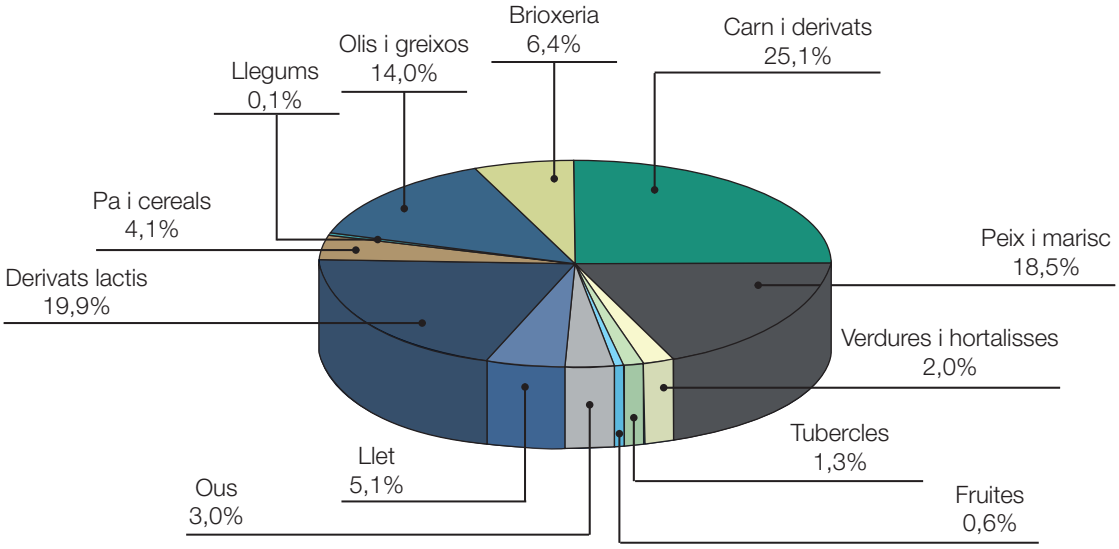
En la taula 9.2 es mostra el resum de la ingesta diària d'hexaclorobenzè per a un home adult i per grups d'aliments. Els que contribueixen més a la ingesta són la carn i derivats, seguits pel grup de derivats làctics i olis i greixos.

Taula 9.2. Ingesta diària d'HCB en un home adult

	Consum d'aliment g/dia	Ingesta d'HCB ng/dia
Carn i derivats	171,9	9,97
Peix i marisc	67,53	5,76
Verdures i hortalisses	159,7	0,78
Tubercles	73,06	0,54
Fruites	193,6	0,23
Ous	31,29	1,19
Llet	128,4	2,03
Derivats làctics	75,62	7,93
Pa i cereals	224,3	1,62
Llegums	30,36	0,05
Olis i greixos	27,16	5,57
Brioxeria	45,45	2,53
Total d'aliments considerats	**1228**	**39,13**

En la figura 9.1 es presenta el percentatge de contribució dels diferents tipus d'aliments a la ingesta diària d'hexaclorobenzè. S'observa com la contribució de la carn i derivats és del 25,1%, la dels derivats làctics del 19,9%, la d'olis i greixos del 14,0% i la del peix i marisc del 18,5%. Aquests quatre grups representen el 77,5% de la ingesta.

Figura 9.1. Contribució del tipus d'aliment a la ingesta diària d'HCB



9.3. INGESTA DIÀRIA ESTIMADA PER GRUPS DE POBLACIÓ

La taula 9.3 mostra la ingesta estimada d'hexaclorobenzè per als diferents grups de població, segons edat i sexe.

El grup de població amb una ingesta estimada d'hexaclorobenzè més alta, derivada del consum d'aliments, és el dels nens i nenes (61,13 ng/dia), seguit pel de les noies adolescents (39,37 ng/dia), mentre que el grup amb una ingesta diària més baixa és el de les dones de més de 65 anys (30,46 ng/dia).

Taula 9.3. Ingesta diària estimada d'HCB en els diferents grups de població. Valor corresponent al total d'aliments considerats

Grups de població	Ingesta d'HCB
Homes	39,78
Dones	34,79
Nens i nenes	61,13
Nois adolescents	39,95
Noies adolescents	33,30
Homes més grans de 65 anys	32,41
Dones més grans de 65 anys	29,70

En ng/dia

9.4. AVALUACIÓ DEL RISC

9.4.1. Comparació amb els nivells de seguretat establerts

En la taula 9.4 es mostra la ingesta diària estimada d'hexaclorobenzè per consum d'aliments en els diferents grups de població, expressada en funció del pes corporal.

Taula 9.4. Ingesta d'HCB relativa al pes corporal

Grups de població	Ingesta d'HCB
Homes	0,57
Dones	0,63
Nens i nenes	2,55
Nois adolescents	0,71
Noies adolescents	0,62
Homes més grans de 65 anys	0,50
Dones més grans de 65 anys	0,49

En ng/kg/dia

Per avaluar la ingesta d'hexaclorobenzè aportada pels aliments s'ha tingut en compte el mètode del marge d'exposició, i s'ha comparat amb la dosi oral de referència establerta per l'EPA (0,08 mg/kg/dia) i la ingesta diària admissible establerta per l'OMS (0,16 µg/kg/dia). Com es pot veure en la taula 9.5, la ingesta per a un home adult és dues-centes vuitanta vegades més baixa, si es considera el valor de referència de l'OMS, i cent quaranta-cinc mil vegades inferior si es considera el valor de l'EPA.

Taula 9.5. Marge d'exposició (MOE) segons els valors de referència de l'OMS i l'EPA

Grups de població	MOE OMS	MOE EPA
Homes	280,7	$1{,}45 \cdot 10^5$
Dones	254	$1{,}26 \cdot 10^5$
Nens i nenes	62,75	$0{,}31 \cdot 10^4$
Nois adolescents	225	$1{,}12 \cdot 10^5$
Noies adolescents	258	$1{,}29 \cdot 10^5$
Homes més grans de 65 anys	320	$1{,}60 \cdot 10^5$
Dones més grans de 65 anys	326,5	$1{,}26 \cdot 10^5$

En ng/kg/dia

S'observa un ampli marge d'exposició en tots els grups de població, tant si es considera el valor de referència de l'OMS com el de l'EPA.

9.4.2. Avaluació probabilística de l'exposició

En la taula 9.6 es presenten els resultats de l'avaluació probabilística de l'exposició a l'hexaclorobenzè associada a la dieta.

Taula 9.6. Ingesta relativa d'HCB per grups de població. Distribució dels valors d'exposició i influència d'algunes incerteses

	Variabilitat						Incertesa c*Q					
Grups de població	mitjana	DE	P50	P75	P90	P95	mitjana	DE	P50	P75	P90	P95
Homes	0,59	0,17	0,57	0,68	0,81	0,90	0,60	0,20	0,57	0,71	0,85	0,96
Dones	0,71	0,24	0,67	0,82	1,00	1,13	0,72	0,27	0,68	0,84	1,03	1,18
Nois adolescents	0,80	0,23	0,77	0,92	1,08	1,18	0,82	0,26	0,78	0,95	1,13	1,27
Noies adolescents	0,76	0,24	0,72	0,89	1,07	1,21	0,77	0,27	0,73	0,91	1,12	1,27
Homes més grans de 65 anys	0,51	0,16	0,49	0,61	0,73	0,81	0,52	0,19	0,49	0,62	0,76	0,86
Dones més grans de 65 anys	0,56	0,19	0,53	0,66	0,80	0,90	0,56	0,21	0,53	0,67	0,83	0,95
TOTAL	**0,65**	**0,21**	**0,62**	**0,76**	**0,92**	**1,03**	**0,66**	**0,24**	**0,63**	**0,78**	**0,96**	**1,09**

En ng/kg/dia

En cap cas, ni quan es considera la variabilitat ni en el pitjor escenari raonable que es crea en tenir en compte les incerteses associades a les dades de consum i de concentració, no s'observa que l'exposició calculada superi la dosi oral de referència establerta per l'EPA (0,08 mg/kg/dia) i la ingesta diària establerta per l'OMS (0,16 µg/kg/dia). El percentil 95 (alt) de la població ingereix entre 0,86 i1,27 ng/kg/dia, segons el grup de població considerat.

9.5. EVOLUCIÓ DES DE L'ANY 2000 AL 2008

9.5.1. Concentració

Les figures 9.2a i 9.2b mostren la comparació de les concentracions mitjanes d'hexaclorobenzè entre els tres estudis realitzats. Es detecta una disminució de la concentració en la majoria de grups, força destacable en el grup dels llegums (89%) i en el dels ous (78%). L'únic augment de la concentració es dóna en el grup dels tubercles, en el qual la concentració augmenta un 16% respecte a l'estudi del 2005.

Figura 9.2a. Concentració mitjana d'HCB en aliments. Comparació 2000-2005-2008

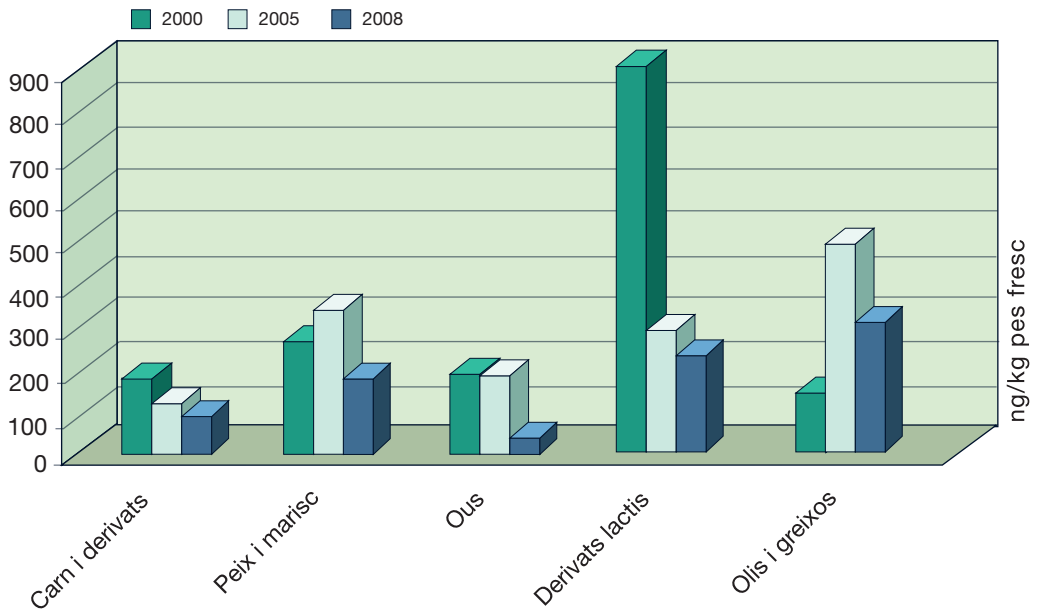
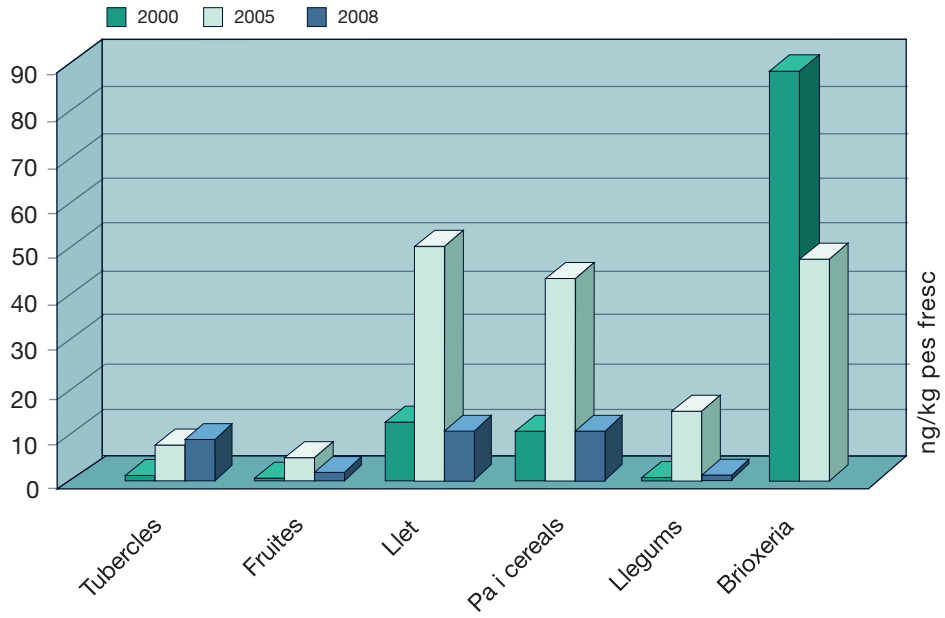


Figura 9.2b. Concentració mitjana d'HCB en aliments. Comparació 2000-2005-2008



9.5.2. Ingesta

La taula 9.6 mostra l'evolució de la ingesta d'hexaclorobenzè entre els tres estudis de dieta total, prenent com a referència l'home adult. Com s'hi pot observar, la davallada és molt notable i general (44%). La ingesta total d'hexaclorobenzè estimada per a una persona estàndard és de 39,78 ng/dia, un valor força més baix que en els estudis anteriors, en els quals es van estimar ingestes de 166,2 i 71,62 ng/dia, els anys 2000 i 2005, respectivament. Cal destacar la davallada important de la ingesta en el cas dels llegums (88%) i el pa i cereals (84%).

Taula 9.6. Evolució de la ingesta d'HCB des de l'any 2000 al 2008

	Consum d'aliment g/dia		Ingesta de PCDD/F (pg OMS-TEQ/dia)		
	2000	Encat 2003	2000	2005	2008
Carn i derivats	185	171,9	31,98	12,83	9,97
Peix i marisc	92	67,53	23,59	14,70	7,35
Verdures i hortalisses	226	159,7	1,31	0,94	0,78
Tubercles	74	73,06	0,10	0,56	0,54
Fruites	239	193,6	0,17	1,05	0,23
Ous	34	31,29	6,26	5,47	1,19
Llet	217	128,4	2,80	7,57	2,03
Derivats lactis	106	75,62	92,15	8,74	7,93
Pa i cereals	206	224,3	2,19	10,17	1,62
Llegums	24	30,36	0,01	0,42	0,05
Olis i greixos	41	27,16	5,61	4,50	5,57
Brioixeria	-	45,45	-	4,68	2,53
Total d'aliments considerats	**1444**	**1228**	**166,2**	**71,62**	**39,78**

9.6. ALTRES ESTUDIS

En la taula 9.7 es presenten les dades d'alguns estudis similars d'arreu del món. Tot i la dificultat de les comparacions, a causa de les diverses metodologies i dissenys d'estudi emprats, aquestes dades ens permeten situar Catalunya respecte als altres països.

Taula 9.7. Ingesta diària d'HCB i comparació amb altres estudis

País	ng/dia	Autors
Catalunya	40	Aquest estudi
Suècia	77	Törnkvist et al., 2011
Rússia	259	Polder et al., 2010
EUA	405	Johnson-Restrepo et al., 2007
Japó	114	Darnerud et al., 2006
Xina	11,4	Yang et al., 2006
Catalunya	72	Estudi 2005
Xina	560	Nakata et al., 2002
Catalunya	166	Estudi 2000
País Basc	203	Urieta et al., 1996
Països Baixos	98-217	Brussaard et al., 1996
Suècia	350	Vaz et al., 1995
Austràlia	280	Kannan et al., 1994
Índia	126	Kannan et al., 1992
Anglaterra	210	Burton et al., 1987
Països Baixos	1001	Greve et al., 1986
Finlàndia	1694	Moilanen et al., 1986