

## Informe

# Dioxines, furans i PCBs en els aliments





# DIOXINES, FURANS I PCBS EN ELS ALIMENTS

Agència de Salut Pública de Barcelona

Febrer 2006

Josep Arqués i Boté, Mireia Fontcuberta i Famadas

Aquest informe forma part d'un projecte de recerca sobre contaminants orgànics persistents en la dieta que ha estat possible gràcies al finançament parcial del *Fondo de Investigación Sanitaria* (PI 03/1627). Complementa els informes sobre plaguicides i hidrocarburs aromàtics policíclics en aliments produïts per l'Agència de Salut Pública de Barcelona a principis del 2006 i accessibles a:  
[http://www.aspb.es/quefem/docs/Plaguicides\\_aliments.pdf](http://www.aspb.es/quefem/docs/Plaguicides_aliments.pdf);  
[http://www.aspb.es/quefem/docs/HAPs\\_aliments.pdf](http://www.aspb.es/quefem/docs/HAPs_aliments.pdf).

Dioxines, furans i PCBs en els aliments

1a edició: febrer de 2006

Edita: Agència de Salut Pública de Barcelona

Producció gràfica: Primer Segona

# Índex

<b>Índex de taules</b> .....	5
<b>1. Introducció</b> .....	7
<b>2. Caracterització</b> .....	9
Propietats físico-químiques .....	9
Procedència i usos .....	11
Exposició .....	12
<b>3. Efectes per la salut</b> .....	13
PCDD/F .....	13
PCBs .....	13
<b>Marcadors de contaminació i equivalències tòxiques</b> .....	13
Marcadors de contaminació: els set congèneres de PCBs .....	13
Equivalències tòxiques .....	14
<b>Regulació LEGAL</b> .....	14
Dioxines i pcbs similars a les dioxines .....	14
Recomanacions (no vinculants) .....	16
Recollida de mostres i anàlisis .....	17
<b>4. Algunes dades del nostre entorn</b> .....	19
<b>5. Bibliografia</b> .....	21



# Índex de taules

Taula 1: Estructura bàsica de les dioxines i furans .....	9
Taula 2: Estructura bàsica dels PCBs .....	9
Taula 3: Dioxines, furans i PCBs segons el grau de cloració.....	10
Taula 4: Estructures químiques dels tres principals retardants de flama bromats .....	10
Taula 5: Resum de les fonts principals de dioxines i furans.....	11
Taula 6: Ingestes diàries de 2,3,7,8-TCDD i quantitats d'equivalent tòxic (TEQ) totals a diferents països.....	12
Taula 7: Valors dels factors d'equivalència tòxica (TEF) pels compostos amb toxicitat tipus dioxina .....	15
Taula 8: Nivells màxims de PCDD/F establerts pel Reglament CE/466/2001 .....	15
Taula 9: Valors màxims d'ingesta de dioxines .....	16
Taula 10: Límits admesos de PCDD/F i PCBs en aliments d'origen animal en diferents països, 2000 .....	16
Taula 11: Concentracions i ingestes de PCDD/F i PCBs en aliments a diversos estudis a Espanya. ....	20





# 1. Introducció

Les dioxines i furans, i els PCBs són compostos orgànics persistents que es troben al nostre medi. Per tant, hi podem estar exposats a través de la seva inhalació, absorció dèrmica, ingestió de sòl o pel consum d'aigua i aliments. Però és de fet l'alimentació, la responsable d'un 95-98% de l'entrada diària d'aquests compostos en els humans<sup>1</sup>, i sobretot, els aliments d'origen animal i amb alt contingut de greix. El caràcter lipofílic d'aquestes molècules junt amb la seva persistència fa que s'acumulin en els teixits grassos dels animals i en els seus òrgans al llarg de la cadena tròfica i que el seu grau d'acumulació vagi en augment; essent l'home un dels receptors finals de la cadena (biomagnificació).

El seu origen és ben divers. Les dioxines i furans no són compostos produïts intencionadament, sinó que es formen com a subproductes de múltiples processos (industrials, de combustió i incineració). En comparació amb altres compostos es formen en quantitats petites, però la toxicitat d'alguns d'ells ha fet que siguin tractats com a contaminants ambientals des dels anys 70. A Espanya, s'estima que es generen de 130 a 300 g de dioxines l'any, dels quals el 87% provenen de les activitats industrials.<sup>2</sup> El seu interès a nivell mundial està relacionat amb dos successos colpidors: l'ús del defoliant agent taronja per part de l'exèrcit americà durant la Guerra de Vietnam (1962-70) i l'explosió d'un reactor de producció de 2,4,5 triclofenol que va alliberar de 34 a 126 quilos de dioxines a la planta de Hoffman La Roche) a la ciutat de Seveso (Itàlia, 1976). Per contra, els PCBs sí que tenen un ús comercial que es remunta als anys 30, del segle XX, principalment com a fluids dielèctrics i intercanviadors de calor en transformadors i condensadors. L'any 2001 s'estimava que hi havia a Espanya 210.000 tones de PCBs: 70.000 eren de PCB i aparells que en contenien,

i les altres 14.000 procedien d'olis dielèctrics i aparells potencialment contaminats.<sup>3</sup> La primera constatació d'alliberament de PCBs al medi data del 1966. Poc temps més tard apareixen els primers casos d'intoxicació a través de l'alimentació. Els ocorreguts a Yusho (Japó) el 1968 per ingestió d'oli d'arròs contaminat amb PCBs i PCDF; el de Yu-Cheng (Taiwan, 1979); o el del pinso de pollastres a Bèlgica (1999). Aquests desencadenen una gran preocupació pels efectes a la salut humana dels PCBs.

Una de les mesures recomanades per la Organització Mundial de la Salut (OMS) per minimitzar el risc d'exposició a les dioxines és l'establiment de programes de vigilància del seu contingut en els aliments, basats en límits màxims, a l'actualitat establerts estatalment, però en un futur potser internacionalment, per tal d'assegurar una aplicació uniforme de les mesures de control. Dins la Unió Europea (UE) diversos països membres duen a terme programes de seguiment de dioxines en l'aire, en el sòl, en els sediments, la vegetació, en humans i també en els aliments. Alguns exemples de seguiment regular de dioxines/furans en aliments són el cas de Bèlgica i Holanda, França, Alemanya, Luxemburg, Portugal, Regne Unit, i Suècia.<sup>1</sup>

A Catalunya, el Departament de Salut, a través de la Direcció General de Salut Pública, realitza des de l'any 1999 un programa de vigilància del contingut de les dioxines en els aliments amb col·laboració del Laboratori d'Espectrometria de Masses i Dioxines del Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC) de Barcelona.<sup>4</sup> Dins el programa IQSA de l'Agència de Salut Pública de Barcelona s'analitzen set PCBs des de l'any 2000 en carns, ous, làctics i productes de la pesca.



## 2. Caracterització

### Propietats físico-químiques

#### Policloro dibenzo-p-dioxines (PCDD) i Policloro dibenzo furans (PCDF)

Generalment, amb el terme "dioxina" ens referim a dos grups de substàncies químiques diferents: les policloro dibenzo-p-dioxines (PCDDs) o dioxines i els policloro dibenzo furans (PCDF) o simplement, furans. Es tracta d'un grup de substàncies aromàtiques amb un nucli principal que és el 1,10 dioxantrencè (dibenzo-p-dioxina) i el dibenzofurà. Poden tenir d'un a vuit àtoms de clor, i segons aquest número d'àtoms dividim la família de les dioxines en vuit grups de substàncies químiques (de mono a octaclorades). Aquests àtoms de clor es lliguen als àtoms de carboni de la molècula base enumerats de 1 a 4 i de 6 a 9. En total, trobem 75 PCDDs diferents o congèneres, dels quals set tenen efecte tòxic reconegut. En el cas dels furans, els diferents nivells de cloració donen lloc a 135 compostos diferents, deu dels quals tenen efectes tòxics. La posició dels àtoms de clor i el grau de substitució determina les seves propietats físico-químiques, així com el seu grau de toxicitat. La dioxina més coneguda degut a la seva alta toxicitat en mamífers i que s'usa com a referència és la 2,3,7,8-tetraclordibenzodioxina (2,3,7,8 TCDD). La resta de dioxines que es consideren que tenen propietats tòxiques similars a la 2,3,7,8-TCDD es coneixen com compostos *dioxin-like* o similars a les dioxines (en total, 17 dioxines en sentit ampli).

**Taula 1: Estructures químiques d'alguns hidrocarburs aromàtics policíclics**

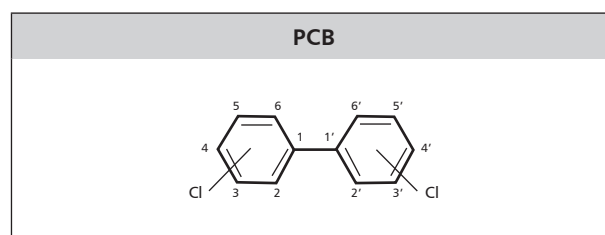
2,3,7,8 TCDD	PCDF

#### Bifenils policlorats o PCBs

Els PCBs pertanyen al grup dels hidrocarburs clorats, que es sintetitzen directament a partir del bifenil. Segons el seu grau de cloració (fins a deu molècules de clor) i de la posició d'aquestes molècules, podem obtenir fins a 209 substàncies possibles, però només 102 són probables; i d'aquestes, se'n consideren tòxiques dotze, (que s'anomenen PCBs similars a les dioxines). Els diferents congèneres de PCBs es poden dividir en tres grups diferents segons la posició dels clors que contenen:

- PCBs no-orto o coplanars: congèneres 77, 81, 126 i 169, els quals no tenen cap clor en la posició orto (posicions 1 i 2). Això atorga una estructura tridimensional planar a la molècula que li permet un major moviment i aquest, una major toxicitat. En comparació, són molt menys potents que les dioxines, però la seva concentració acostuma a ser molt més elevada.<sup>5</sup>
- PCBs mono-orto: congèneres 105, 114, 118, 123, 156, 157, 167 i 189, que tenen un àtom de clor en alguna posició de la substitució orto.
- Altres PCBs: di-orto substituïts. En principi, no se'ls atorga toxicitat.

**Taula 2: Estructura bàsica dels PCBs**



Els PCBs no-orto i mono-orto formen part dels dotze PCBs amb toxicitat tipus dioxina, segons la classificació de la OMS del 1997<sup>6</sup>. De fet, en la seva primera versió del 1994, s'identificaven també dos PCBs di-orto PCBs (el 170 i el 180) amb propietats tòxiques, atorgant-los un factor d'equivalència tòxica (toxic equivalent factor en anglès o TEQ) en referència a la TCDD de 0.0001 i 0.00001.<sup>7</sup>

**Taula 3: Dioxines, furans i PCBs segons el grau de cloració**

	CDD	CDF	PCB	Àtoms de clor
	2	4	3	1
	10	16	12	2
	14	28	24	3
	22	38	42	4
	14	28	46	5
	10	16	42	6
	2	4	24	7
	1	1	12	8
	–	–	3	9
	–	–	1	10
Total	75	135	206	
Tòxics	7	10	12	
Anàlegs (Br)	Sí	Sí	–	

Font: referència<sup>8</sup>

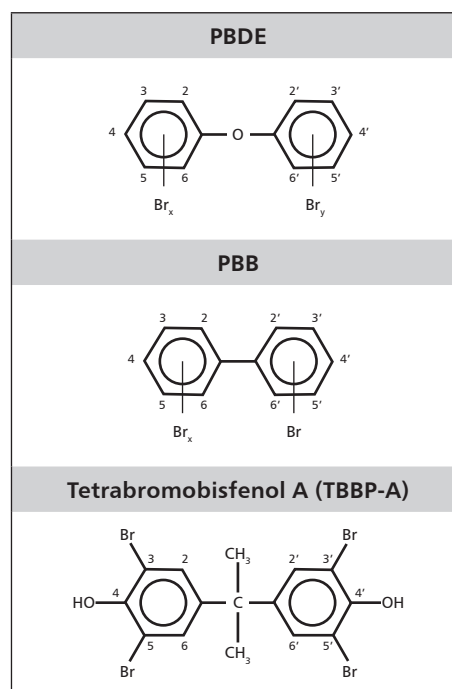
### Compostos bromats

Existeixen compostos químics derivats de les dioxines i els furans, on les molècules de clor són parcial o totalment substituïdes pel brom, amb els mateixos efectes toxicològics. Teòricament, existeixen 75 polibromats p-dioxines (PBDDs) i 135 polibromats dibenzo furans (PBDFs) a més d'un gran número de congèneres halogenats mixtes (PXDDs/PXDFs). En presència d'excés de clor, es tendeix a substituir el brom per clor formant aquests compostos.

Els compostos bromats tenen pesos moleculars superiors al dels seus anàlegs clorats, alts punts de fusió, pressions de vapor i solubilitats en aigua baixes. En general, són solubles en greixos, olis i solvents orgànics. Igual que els seus anàlegs, no es formen de manera intencionada per l'home, i tampoc ocorren de forma natural: són residus no desitjats de diversos processos com: reaccions químiques, fotoquímiques o tèrmiques. Aquests PBDDs/PBDFs provenen de compostos orgànics bromats (ex. bromofenols) i sobretot, dels retardants de flama:

- Difenils èters polibromats (PBDEs)
- Bifenils polibromats (PBBs)
- Tetrabromobisfenol A (TBBPA)

Els retardants de flama són barreges de compostos que s'afegeixen als materials de consum per a reduir la seva inflamabilitat, ja que la majoria d'aparells d'ús habitual actualment generen calor. Aquests compostos s'afegeixen als plàstics, als dispositius electrònics i electrodomèstics (televisors, telèfons mòbils, ordinadors i impressores) o als teixits i escumes del mobiliari domèstic o automobilístic.<sup>9</sup>

**Taula 4: Estructures químiques dels tres principals retardants de flama bromats**

Malgrat existeixen altres retardants de flama sense brom, com els organofosforats (ex. èster fosfats) o els inorgànics (ex. hidròxids d'alumini i de magnesi i els fosfats d'amoni), els bromats representen l'opció més econòmica i viable en l'actualitat, ja que els basats en fòsfor i metall resulten més cars i presenten alguns inconvenients en la seva fabricació.<sup>10</sup>

Cal distingir entre els usos reactius i additius dels retardants de flama. Els TBBPA són reactius, la qual cosa significa que estan units covalentment amb el material, mentre que els additius com els PBDEs, només hi estan dissolts. Així, en el procés de combustió els PBDEs actuen per eliminació dels radicals lliures, finalitzant així amb el procés exotèrmic de l'incendi. La manca d'enllaç covalent amb el polímer els permet migrar fora del material i alliberar-se contínuament al medi durant tota la vida del producte.

Els PBB foren els primers compostos utilitzats com a retardants de flama, però degut a la seva problemàtica ambiental, molts productors els han abandonat progressivament, essent la família de PBDEs la més comuna actualment. La seva estructura general consisteix en dos anells fenil connectats amb un pont d'èter que contenen fins a 5 substitucions bromades cadascun. Aquesta estructura permet obtenir fins a 209 congèneres (anomenats amb la mateixa nomenclatura desenvolupada pels PCBs), tot i que al medi només se'n detecta un número limitat, ja que les mesclades comercials només n'inclouen uns quants. Les tres barreges comercials principals de PBDEs són la pentaBDE, la octaBDE i la decaBDE, anomenades segons el congène-

re predominant amb 5, 8 o 10 substitucions bromades respectivament. El 1999 els decabromats foren els responsables del 82% de la producció global de PBDEs.<sup>11</sup> El mateix any, el consum a Europa de penta, octa i deca BDE s'estima de 210, 450 i 7.500 Tm, mentre que a EUA les xifres foren de 8.290, 1.375 i 24.300 Tm.

Les barreges de penta i octaBDE s'estan retirant progressivament del mercat europeu arrel de la normativa recent (la comercialització i ús del Penta-BDE i Octa-BDE estan prohibits sota la directiva 2002/95/CE, que dona com a data límit el juliol del 2006). Això ha provocat un augment de l'ús de la barreja decaBDE (on predomina el congènere BDE#209). Malgrat que els decaBDE es valoren com els compostos menys perillosos d'entre els PBDEs, alguns autors creuen que un cop al medi poden derivar a congèneres amb menys broms, com el penta-BDE i que per això haurien de retirar-se del mercat.

Actualment, aquests compostos no es tenen en compte en els programes de control ambiental o alimentari i no existeixen dades quantitatives de PBDEs en els aliments. Alguns estudis recents confirmen la presència de compostos bromats (principalment PBDEs) en mostres humanes (sang, teixit adipós i llet materna)<sup>12-14</sup> i a més a més, detecten un augment exponencialment d'aquesta presència per un factor de 100 durant els últims 30 anys. Val a dir que les concentracions en humans a Europa (2 ng/g greix) són molt més petites que a EUA (35 ng/g greix), i s'observa la mateixa diferència en les mostres d'animals dels dos continents.

No està clar quins són els seus efectes en la salut humana, i malgrat tenen una toxicitat aguda baixa, està demostrat que causen trastorns neurològics i tiroïdals als animals de laboratori. La preocupació que desperten aquests compostos es basa en el creixement exponencial del seu ús en les societats industrials; alguns autors es plantegen si, a mesura que la concentració de molts dels compostos organoclorats continua amb tendència a la baixa, els bromats aniran en augment, i seran en el futur, un nou repte per la salut.

## Procedència i usos

### Dioxines (dioxines i furans)

Les dioxines ocorren naturalment en el medi (durant la combustió incompleta de la matèria orgànica en incendis forestals o en volcans), però principalment estan produïdes per l'activitat humana:

- Durant el procés de blanqueig amb clor de la pasta de paper
- En els processos de fabricació de certes substàncies químiques orgàniques clorades, com els clorfenols:
  - La 2,3,7,8-DDTC és un producte secundari format durant la producció del 2,4,5-triclorofenol (2,4,5-

TCF), utilitzat per produir hexaclorofenol (bactericida) i l'herbicida àcid 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T). Era un dels components de l'Agent Taronja, utilitzat per l'exèrcit dels EE.UU. durant la guerra de Vietnam.

- Altres substàncies químiques clorades, com el pentaclorofenol, s'ha utilitzat en la preservació de la fusta, i conté algunes de les dioxines més clorades, però generalment no conté 2,3,7,8-DDTC.
- Incineració: En general, la principal font d'alliberament de dioxines al medi és durant la combustió de combustibles fòssils (carbó, petroli i gas natural) i fusta, i durant processos d'incineració (incineració de residus sòlids municipals, residus d'hospitals o residus perillosos d'abocadors). Les emissions des de les incineradores varien enormement i depenen de les pràctiques d'ús i de les tecnologies que s'apliquen. Apareixen amb la crema de materials clorats, com els plàstics, la fusta tractada amb pentaclorofenol, els residus tractats amb plaguicides o altres substàncies químiques policlorades (Bifenils policlorats o PCBs). La crema de paper blanquejat també en genera.

En alguns països però, es detecta que després de la Directiva 96/61, de 24 de setembre de 1996, relativa a la prevenció i al control integrat de la contaminació, la incineració ha estat cada cop menys important.<sup>15</sup>

**Taula 5: Resum de les fonts principals de dioxines i furans**

<b>Origen natural</b>
Incendis
Volcans
Reaccions fotolítiques
Reaccions enzimàtiques
<b>Origen antropogènic</b>
<b>A) Processos de combustió</b>
A gran escala: Incineració de residus sòlids urbans, residus industrials o hospitalaris Centrals tèrmiques que fan servir combustibles fòssils
A petita escala: motors d'automòbil, calefacció domèstica, fum del tabac
<b>B) Processos químics o industrials</b>
Fabricació de compostos organoclorats Producció i Reciclatge de metalls Blanqueig de la pasta de paper amb clor Producció electroquímica amb clor amb elèctrodes de grafit Fabricació de retardant de flama Indústria tèxtil, tints
<b>C) Accidents</b>
Incendis que involucren plàstics, organoclorats, o transformadors amb PCBs
<b>D) Productes residuals</b>
Fangs de depuradores i potabilitzadores Lixiviats d'abocadors i aigües residuals domèstiques

Font: referència<sup>16</sup>

## PCBs

Tenen la patent de síntesi des del 1881 (Schmidt i Schultz) i el seu primer ús comercial fou el 1930. Des de llavors, s'han produït al voltant de 2 milions de tones de PCBs com a mescles comercials de 60–90 congèneres, coneguts amb diferents noms comercials: Aroclor a Estats Units i Regne Unit, Kaneclor al Japó, Clophen a Alemanya, Fenclor a Itàlia, Pyralene a França, o Solvol a USSR.<sup>17</sup> Aquestes barreges contenen compostos que presenten diferents graus de cloració i els diferents congèneres s'identifiquen amb el sistema de numeració proposat per Ballschmitter i Zell el 1992 de l'1 al 209<sup>7</sup>. A diferència de les dioxines, els PCBs s'han produït amb una finalitat industrial, degut a les seves propietats físico- químiques:

- no són inflamables
- són altament estables
- alt punt d'ebullició
- baixa conductivitat elèctrica
- elevada conductivitat tèrmica i resistents a la degradació per calor

Els seus usos són principalment com a fluids dielèctrics i intercanviadors de calor en transformadors i condensadors, i com a pigments o pintures.

Actualment, la fabricació, processat i distribució dels PCBs està prohibida en la majoria dels països industrials (a la UE des del 1978 amb la Directiva 76/769/CE), havent-se establert condicions especials per a l'ús dels equips existents i la seva destrucció. No obstant, continuen alliberant-se al medi degut a errors d'aquests dispositius o fugues en els sistemes hidràulics o transformadors existents. D'altra banda, la Directiva del Consell 96/59/EC fixa la data límit per a la descontaminació i/o eliminació dels equips amb PCBs l'any 2010. Tot i això, el 2001 encara hi havia països com Rússia o Corea del Nord on es mantenia la producció.

## Exposició

Les principals vies d'exposició de les persones a les dioxines són bàsicament tres:

- exposició ocupacional,
- accidental o casual,
- exposició ambiental o de fons. Aquesta exposició pot ser a través de:
  - inhalació d'aire i ingestió de les partícules de sòl contaminat a través de la pols,
  - tabac,
  - absorció a través de la pell,
  - consum d'aliments. S'accepta que entre el 80 i el 95% del consum de dioxines és a través de la dieta.

La contaminació per dioxines és molt variable, tant en els tipus de congèneres presents com en la quantitat de cada un. Un cop alliberades al medi es reparteixen a l'atzar per l'aire, l'aigua i el sòl, tendint a fixar-se en les partícules dels sediments, on resten relativament inamovibles degut a la seva poca solubilitat en l'aigua. Aquestes, poden ser absorbides pels animals i plantes a través del propi sòl o l'aigua i introduir-se així a la cadena alimentària.

Les dioxines i furans substituïts en posició 2,3,7,8 són els compostos que s'absorbeixen predominantment. Una vegada a la sang s'uneixen a les lipoproteïnes i des d'allà es transporten i es deposen en els teixits grassos, al fetge i a la llet materna. L'absorció de dioxines i furans varia segons el medi d'administració, el compost específic i que l'exposició sigui a través de la boca, la pell o els pulmons. En general, l'absorció és major quan s'ingereixen que quan s'apliquen a la pell, o per absorció pulmonar.

Els PCBs com les dioxines poden distribuir-se pels diferents compartiments de la natura, però tendeixen a acumular-se al medi marí i a entrar des d'aquest a la cadena alimentària.

**Taula 6: Ingestes diàries de 2,3,7,8-TCDD i quantitats d'equivalent tòxic (TEQ) totals a diferents països**

País	Ingesta diària de 2,3,7,8-TCDD (pg/dia)	Ingesta diària total (TEQ d/f) (pg/dia)	Matriu
EUA	34.8	–	Boví, llet, peix, ous, aigua, inhalació,
Canadà		140-290	Aire, aigua, sòl, aliments
Alemanya	25	158	Làctics, peix, carn
Països Baixos	20	121-126	Làctics, carn, peix
Anglaterra	–	69	Carn, peix, làctics, pa, ous, cereals
Espanya	–	210	Verdures, llenties i mongetes, cereals, fruites, peix, carn, ous, làctics, olis...

Font: referència<sup>18</sup>

## 3. Efectes per la salut

### PCDD/F

Les 210 dioxines són molt diferents en quan a la seva toxicitat. Les més tòxiques són les que tenen la substitució de clors en la posició 2,3,7,8; havent-hi 17 compostos amb importància toxicològica, i 193 que contribueixen en un grau molt inferior a la toxicitat. Alguns efectes aguts de les dioxines en humans són: la pèrdua de pes, la reducció del timus, fotosensibilitat, decoloració de la pell, pèrdua de cabell, diabetis o el cloracne (tipus d'acne molt sever característic de l'exposició d'humans a les dioxines). En experimentació animal s'ha comprovat que la TCDD, la dioxina de referència, presenta una gran diversitat d'efectes tòxics que van des de lesions epidèmiques, hepatotoxicitat, efectes sobre la reproducció, el desenvolupament i sobre el sistema immune, entre altres, així com una marcada activitat carcinogènica (càncer de fetge, pulmó, llengua, boca, nas, tiroides, glàndula adrenal, dermis i epidermis). L'Agència Internacional per a la Investigació sobre el Càncer (IARC) classifica la TCDD en el grup 1, és a dir, com a carcinògen pels humans. I la resta de dioxines i furans en el grup 3, com a agents inclassificables. Els altres 16 compostos que presenten àtoms de clor en les 4 posicions laterals 2,3,7,8 actuen amb el mateix mecanisme però són menys tòxics, i la resta no sembla tenir activitat biològica.<sup>2</sup> Tot i aquesta consideració com a agents carcinogènics, el seu principal risc són els trastorns neurològics, l'endometriosis i la immunodepressió.

La influència bàsica que pot suposar una molècula per un organisme és a nivell molecular, la qual si és suficientment gran pot tenir impactes a nivell cel·lular, de teixits i d'òrgans. La majoria dels seus efectes tòxics semblen estar relacionats amb la seva capacitat per a unir-se a una proteïna del citoplasma, l'anomenat receptor Ah, que pot associar-se a l'ADN. Però alguns efectes toxicològics no es poden explicar amb el receptor Ah, la qual cosa genera molts dubtes sobre el mecanisme d'acció dels PCDD/Fs.

La seva metabolització dura diversos anys i segons la IARC (1997) la vida mitja en l'home de la 2,3,7,8-TeCDD és entre 5 i 11 anys, i la dels furans, d'1 a 2 anys. L'eliminació es fa principalment a través de les matèries fecals, i en el cas de les dones, a través de la llet materna i la placenta (per mitjà de la llet, es pot excretar

entre un 20 i un 80 % de la càrrega de dioxines de la mare), la qual cosa no deixa de ser un inconvenient més de cara al fetus. La concentració mitjana de dioxines en llet materna en els països industrialitzats és segons dades del 1993, entre 17 i 24 pg I-TEQ/g de grassa; i segons la OMS, (1988) entre 5 i 35 ng de WHO-TEQs/kg de grassa, valors que tendeixen a disminuir proporcionalment amb les concentracions ambientals, amb l'alletament natural i en augmentar el número de fills. Els nivells de dioxines en teixit gras humà són al voltant de 3 a 10 ng /kg de pes, amb una contribució de furans molt petita.

### PCBs

En termes generals, podem considerar que les dioxines són més tòxiques que els PCBs, però els nivells d'emissió al medi de PCBs són molt superiors. Igual que la resta de COPs, els PCBs s'acumulen a la cadena alimentària, i a mesura que augmenta el número d'àtoms de clor s'incrementa la seva estabilitat i liposolubilitat. Per això, els congèneres majoritaris a les mesclades comercials no coincideixen amb els majoritaris en els aliments o en les mostres biològiques.<sup>2</sup> La IARC classifica la mescla de PCBs com a probable cancerígen pels humans (Grup 2A).

S'ha demostrat que les mesclades comercials de PCBs produeixen una gran varietat d'efectes tòxics, però no existeixen suficients dades per a establir una ingesta tolerable per l'home. Els congèneres no-orto substituïts i en menor mesura alguns mono-orto, poden adoptar una configuració plana que els permet unir-se al receptor Ah i sumar els seus efectes als de les dioxines. Per aquests compostos s'han establert els factors d'equivalència.

## Marcadors de contaminació i equivalències tòxiques

### Marcadors de contaminació: els set congèneres de PCBs

Durant la crisi del pollastre i del porc a Bèlgica (1999), es van distribuir 500 tones de menjar d'animals contaminat aproximadament amb 50 kg de PCBs i 1 g de dioxines (majoritàriament furans) a diferents granges.<sup>19</sup>

Degut a la complexitat dels PCBs trobats es van escollir 7 congèneres concrets de PCBs, que ajudessin a predir la concentració de contaminants lipofílics. Aquests marcadors, la toxicitat dels quals era molt menor que la dels PCBs similars a les dioxines (només un d'ells té activitat tipus dioxina: el 118), eren els PCBs que es trobaven predominantment en moltes de les mesclures comercials i de les mostres ambientals. Alguns (el 138, 153 i el 180) eren els compostos trobats majoritàriament en teixits humans.<sup>5</sup> Els congèneres no planars són més persistents en el medi i en els organismes vius, per la qual cosa alguns autors defensen que s'està subestimant el seu perill per la salut humana i ambiental.<sup>20</sup> Aquests marcadors, també coneguts amb el nom de ICES-7 (International Council for the Exploration of the Sea) són:

PCB-28 (2,4,4<sub>0</sub>-triclorbifenil),  
 PCB-52 (2,2<sub>0</sub>,5,5<sub>0</sub>-tetraclorbifenil),  
 PCB-101 (2,2<sub>0</sub>,4,5,5<sub>0</sub>-pentaclorbifenil),  
 PCB-118 (2,3<sub>0</sub>,4,4<sub>0</sub>,5-pentaclorbifenil),  
 PCB-138 (2,2<sub>0</sub>,3,4,4<sub>0</sub>,5<sub>0</sub>-hexaclorbifenil),  
 PCB-153 (2,2<sub>0</sub>,4,4<sub>0</sub>,5,5<sub>0</sub>-hexaclorbifenil),  
 PCB-180 (2,2<sub>0</sub>,3,4,4<sub>0</sub>,5,5<sub>0</sub>-heptaclorbifenil)

Amb el seguiment dels 7 PCBs es pretenia simplificar els processos analítics de laboratori, ja que aquests són molt més senzills per detectar PCBs que per les dioxines. Així, les dioxines s'analitzaven només quan la concentració dels 7 indicadors excedia el límit de tolerància belga establert en 200 ng/g de pes de greix.

Existeixen alguns estudis que proven de cercar una relació matemàtica entre aquests marcadors i la contaminació per PCBs i dioxines. Kim et al. per exemple, presenta una contaminació mitjana dels 7 PCBs indicadors en productes làctics 450 vegades major que els nivells de 3 PCBs coplanars.<sup>17</sup> Covaci et al. (estudi núm. 5) analitza la concentració de congèneres individuals i de grups de PCBs (també els 7 marcadors) en diferents mostres de pollastre i porc, i troba que les proporcions són aproximadament constants en cada espècie. En el cas del pollastre els 7 marcadors constitueixen un 51 % de la concentració total i en el cas del porc un 56 % aproximadament.<sup>21</sup>

Tot i així, l'ús d'aquests marcadors de contaminació per PCDD/F i PCBs és molt limitat en la literatura científica. La pròpia legislació europea, reconeix la importància d'establir la relació entre dioxines, furans i PCBs similars a les dioxines amb els PCBs no similars a les dioxines, i reconeix que en gran part és desconeguda<sup>22</sup>. De fet, existeixen algunes diferències en l'elecció de marcadors de contaminació per PCBs dins d'Europa. Alemanya per exemple, utilitza sis dels set PCBs descrits (deixant fora el PCB 118) i Suècia fa servir únicament el PCB -153.

El PCB 153 és un dels congèneres que més contribueixen a la concentració total de PCBs en mostres de sang (teixit adipós, sang i orina) segons diversos autors. Algun d'ells demostra una bona relació entre la concentració en sang d'aquest congènere i la concentració total de PCBs i la de PCBs di-orto (els 7 marcadors).<sup>23</sup>

## Equivalències tòxiques

A causa de la complexa barreja de dioxines, furans i PCBs que s'alliberen al medi, i per facilitar la comparació de dades analítiques, d'exposició i l'establiment de regulacions normatives, s'ha adoptat un únic valor per expressar la seva concentració: la quantitat d'equivalent tòxic (toxic equivalent quantity o TEQ en anglès). Aquesta conversió es fa assumint que els diferents congèneres tenen un mateix mecanisme d'acció i produeixen, qualitativament els mateixos o similars efectes tòxics però amb diferent potència.<sup>4</sup> Es considera doncs, que no existeixen efectes sinèrgics o antagonistes, però si additius.

Es defineixen així els factors d'equivalència tòxica o TEFs (inicials de toxic equivalency factors) que mesuren la toxicitat relativa de cada compost respecte de la dioxina més tòxica, la 2,3,7,8- tetra-cloro-para-dibenzodioxina, a la qual se li ha assignat un valor de TEF arbitrari igual a 1. Els valors de TEF per cada congènere s'han establert internacionalment, són les valors I-TEQ (DOCE Núm. 232/44, de 20 d'agost de 1994). Per la seva banda, la OMS va establir l'any 1998 els seus propis valors de TEF i va assignar valors més alts a determinats congèneres (valors WHO-TEQ). En el cas dels aliments, els resultats expressats com a WHO-TEQ són entre un 10-20% superiors als establerts internacionalment.

Així, la multiplicació de la quantitat de cada congènere en una mostra concreta pel seu valor TEF ens dóna la quantitat de valor equivalent o TEQ.

$$\text{TEQ} = \sum [\text{PCDD}]_i \times \text{TEF}_i + \sum [\text{PCDF}]_j \times \text{TEF}_j + \sum [\text{PCB}]_k \times \text{TEF}_k$$

-> taula 7

## Regulació LEGAL

### Dioxines i PCBs similars a les dioxines

La Unió Europea, en el seu llibre blanc de substàncies i preparats químics (2001), fa una sèrie de propostes per a disminuir la contaminació per dioxines<sup>25</sup>:

- Establir nivells màxims: com eina de conscienciació.
- Establir nivells d'acció: funcionarien com una alarma de possibles riscos.
- Establir nivells d'objectiu: com eina per assegurar la innocuïtat dels aliments.



Taula 7: Valors dels factors d'equivalència tòxica (TEF) pels compostos amb toxicitat tipus dioxina

PCDDs i PCDFs	Factors d'equivalència tòxica (TEF)		PCBs	Factors d'equivalència tòxica (TEF)	
	I-TEF (NATO/CCMS) 1986	WHO-TEF (Van den Berg et al, 1998)		I-TEF (NATO/CCMS) 1986	WHO-TEF (Van Berg, 1998)
2,3,7,8-TCDD	1	1	No-orto PCBs		
1,2,3,7,8-PeCDD	0.5	1	3,3',4,4'-CB (77)	0.0005	0.0001
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	0.1	3,4,4',5-CB (81)	–	0.0001
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	0.1	3,3',4,4',5-CB (126)	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	0.1	3,3',4,4',5,5'-CB (169)	0.01	0.01
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	0.01	Mono-orto PCBs		
OCDD	0.001	0.0001	2,3,3',4,4'-CB (105)	0.0001	0.0001
2,3,7,8-TCDF	0.1	0.1	2,3,4,4',5-CB (114)	0.0005	0.0005
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05	0.05	2,3',4,4',5-CB (118)	0.0001	0.0001
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	0.5	2,3,4,4',5-CB (123)	0.0001	0.0001
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	0.1	2,3,3',4,4',5-CB (156)	0.0005	0.0005
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1	2,3,3',4,4',5'-CB (157)	0.0005	0.0005
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	0.1	2,3',4,4',5,5'-CB (167)	0.00001	0.00001
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1	2,3,3',4,4',5,5'-CB(189)	0.0001	0.0001
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	0.01	Altres PCBs		
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	0.01	2,2',3,3',4,4'-CB(138)	–	–
OCDF	0.001	0.0001	2,2',4,4',5,5'-CB(153)	–	–
			2,2',3,4,4',5,5'-CB(180)	0.00001	–

Font: referència<sup>24</sup>

En el cas dels PCBs encara no existeixen nivells objectiu de PCBs en cap normativa europea, a banda del límit establert arrel de la crisi del pollastre belga el 1999, en que un grup de treball de la Comissió sobre PCBs va establir l'ús dels 7 PCBs indicadors de la contaminació de dioxines en els ous i els productes d'aus de corral, recomanant un nivell llindar d'intervenció de 200 ng de PCBs /g de grassa per les aus de corral.

- Directiva 96/59/EC: fixa finals del 2010 per la descontaminació i/o eliminació dels equips amb PCBs
- Reglament CE/466/2001 de 8 de març de 2001, pel que es fixa el contingut màxim de determinats contaminants en els productes alimentaris. Estableix els nivells màxims de dioxines i furans en TEQ-WHO-
- Reglamento 472/2002, de 12 de març: La Comissió revisarà els nivells establerts al Reglament 466/2001 abans del 31 de desembre de 2005 (en un inici 2004), per fixar també límits pels PCBs similars a les dioxines. I aquests límits es revisaran cada dos anys.

Taula 8: Nivells màxims de PCDD/F establerts pel Reglament CE/466/2001

Productes	Continguts màxims PCDD/F pg TEQ-WHO/g greix o producte	Mostreig i anàlisi
Carn i derivats procedents de:		
–Remugants (bovins i ovins)	3 pg/g greix 2 pg/g greix	Directiva 2002/69/CE
–Aus de corral i caça	1 pg/g greix	
–Porcs	6 pg/g greix	
Fetge i derivats d'animals terrestres		
Peix i derivats	4 pg/g pes fresc	
Llet i làctics	3 pg/g greix	
Ous de gallina i ovo-productes	3 pg/g greix	
Olis i greixos animals		
–De remugants	3 pg/g greix	
–D'aus de corral i caça	2 pg/g greix	
–De porcs	1 pg/g greix	
–Mescles d'animals	2 pg/g greix	
Olis i greixos vegetals	0.75 pg/g greix	
Olis de peix destinat al consum humà	2 pg/g greix	

**Recomanacions (no vinculants)**

- Recomanació 2002/201/CE, de 4 de març de 2002, relativa a la reducció de la presència de dioxines, furans i PCBs en pinso i aliments. Redueix els nivells del Reglament CE/466/2001 de dioxines i furans en els aliments. No dona nivells de PCBs.
- Recomanació 2004/705/CE, d'11 d'octubre de 2004, relativa al control dels nivells de base de dioxines i PCBs similars a dioxines en els productes alimentaris.

Dóna freqüència mínima de mostres a analitzar a l'any de cada tipus d'aliment per país fins el 31 de desembre de 2006. Per a Espanya:

- Carns (34): 7 vaca, 9 porc, 11 ovella, 7 aus de corral, 6 fetge
- Peix (49): 33 peix, 16 aquicultura
- Làctics (6): 3 llet, 3 derivats
- Ous (14): 7 ous gallines gàbia, 7 ous gallines camp
- Olis i grasses (19): 4 animals, 10 vegetals, 5 olis de peix (5)
- Fruita, hortalisses i cereals (23): 9 hortalisses, 10 fruita, 4 cereals

Congèneres de PCBs que recomana revisar (amb els seus factors d'equivalència tòxic). Recomana considerar els PCBs no similars a les dioxines, per tal de millorar el coneixement de la relació entre aquests i els compostos amb efecte tipus dioxina.

- Similars a les dioxines
  1. PCB no-orto : 77, 81, 126, 169
  2. PCB mono-orto: 105, 114, 118, 123, 156, 157, 167, 189
- PCB-7 : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180
- Recomanacions d'ingesta: diverses organitzacions internacionals han recomanat valors màxims d'ingesta de PCDD/F amb l'objectiu de minimitzar-ne el risc.

**Taula 9: Valors màxims d'ingesta de dioxines recomanats per alguns organismes.**

Any	Organisme	Valor recomanat	Compostos
1998	OMS <sup>1</sup>	IDT=1-4 pg EQT-OMS/Kg pes corporal/dia	Dioxines i PCBs similars a les dioxines
2001	CCAH (UE) <sup>2</sup>	IST= 14 pg EQT-OMS/Kg pes corporal/setmana	Dioxines i PCBs similars a les dioxines
2001	JEFCA (FAO-WHO) <sup>3</sup>	IMT= 70 pg EQT-OMS/Kg pes corporal/mes	Dioxines i PCBs similars a les dioxines

IDT: ingesta diària tolerable; IST: ingesta setmanal tolerable; IMT: ingesta mensual tolerable; EQT-OMS: equivalent tòxic calculat sobre la base dels factors de toxicitat fixats per la OMS

1 OMS: Organització Mundial de la Salut

2 CCAH (UE): Comitè Científic en Alimentació Humana

3 JEFCA: Comitè d'Experts en Additius Alimentaris

**Taula 10: Límits admesos de PCDD/F i PCBs en aliments d'origen animal a diferents països, 2000.**

País	Aliments d'origen animal	
	PCDDs i PCDFs	PCBs
Àustria	Provisional límits: Porc 2, llet 3, ous 5 boví 6 pg WHO-TEQ(PCDD/PCDF)/g greix	
Bèlgica	Llet, boví, greix i olis animals, ous i derivats, si >2% greix: 5 pg WHO-TEQ (PCDD/PCDF)/g greix Porc i derivats, si >2% greix: 3 pg WHO-TEQ (PCDD/PCDF)/g greix.	Suma PCBs: 28, 52, 101, 118, 138, 153, i 180: Llet i derivats, si >2% greix: 100 ng/g greix Boví, porc, greix i olis animals, ous i derivats, si >2% greix: 200 ng/g greix
Dinamarca, Finlàndia, Grècia, Noruega, Portugal	Sense límits nacionals	Sense límits nacionals
França	Llet i Làctics: 5 pg/g greix	Sense límits nacionals
Alemanya	Recomanacions per llet i derivats (pg I-TEQ/g greix llet): < 0.9 (objectiu desitjat) > 5.0 (sanció)	Límits pels congèneres: 28, 52, 101, 138, 153 i 180 en productes d'origen animal: 0.008-0.6 mg/kg greix o producte sencer
Irlanda	Normes internacionals	Normes internacionals
Itàlia	Sense límits nacionals	Nivell d'actuació per la suma de tri- a octa clorobifenils en diversos productes d'origen animal (excloent peix): 100 ng/g greix
Luxemburg	Recomanació: Porc 2, boví 6 llet 3 i ous 5 pg/g greix	Sense límits nacionals

Font: referència<sup>24</sup>

- Conveni d'Estocolm o de Compostos Orgànics Persistents: Tractat internacional ratificat també per Espanya, el qual entrà en vigor el maig de 2004 i que es centra en 12 substàncies organoclorades. Té com a objectiu eliminar la producció i l'ús d'aldrí, PCBs, clordà, dieldrí, endrí, heptaclor, HCB, mirex i toxafè; restringir la producció i ús del DDT (excepció com a ús contra vectors de malalties, i per la fabricació de dicofol); així com reduir l'emissió de subproductes no intencionats com les dioxines i els furans. Comporta que:
  - Cada part elabori un pla pel seu compliment.
  - Les parts identificaran les existències, productes, articles en ús i residus que continguin o estiguin contaminats per COPs i gestionaran aquestes existències de manera que es destrueixin totalment o es transformin fins que perdin les característiques de COP.
  - Cada país adoptarà mesures per prevenir la producció i ús de nous productes químics que posseïxin les característiques dels COPs.
  - Qualsevol país podrà presentar una proposta d'inclusió d'un producte químic que compleixi els requisits de persistència, bioacumulació, potència de transport a llarga distància i efectes adversos pels organismes.
  - Cada país designarà un centre nacional de coordinació per l'intercanvi d'informació sobre la reducció o eliminació de la producció i alternatives a l'ús dels COPs.
  - Les part desenvoluparan programes d'investigació i vigilància dels Cops i les seves alternatives.

Alguns autors troben punts febles al tractat, entre altres<sup>26</sup>:

- No estableix límits quantitius per la reducció de subproductes no intencionats.
- Malgrat la intenció d'ampliar l'abast del conveni, finalment només es van incloure els 12 compostos inclosos des de l'inici de les negociacions. Tot i que al llarg de les negociacions es parlaren de moltes altres substàncies (com el HCH, els HAPs, el clordecona o hexabromobifenil) i diferents països han demanat la inclusió de substàncies com els PBBs.<sup>27</sup>
- Té un horitzó d'actuació respecte els PCBs molt llunyà (2030).

### Recollida de mostres i anàlisis

El mètode d'anàlisi de dioxines és fiable i sensible, però també costós i lent. La capacitat d'anàlisi dels laboratoris és reduïda. L'anàlisi de les dioxines es basa en la separació dels diferents congèneres per cromatografia de gasos i detecció per espectrometria de masses (GC/MS). Per l'anàlisi de les mostres amb menor contingut de dioxines s'usen espectròmetres de masses d'alta resolució (GM-HRMS) que permeten trobar concentracions de 5pg/g de greix.

- Ordre del Ministeri de Sanitat SCO/3767/2004 de 10 de Novembre, per la que es modifiquen els annexes I i II del Real decret 604/2003, pel que s'estableixen els mètodes de presa de mostres i d'anàlisi pel control oficial de les dioxines i la determinació de PCBs similars a les dioxines en els productes alimentaris.
- Real Decreto 604/2003, de 23 de maig, pel que s'estableixen els mètodes de presa de mostres i d'anàlisi pel control oficial de les dioxines i la determinació de PCBs similars a les dioxines en els productes alimentaris (transposició de la directiva 2002/69/CE).



## 4. Algunes dades del nostre entorn

La taula 11 mostra els resultats d'alguns estudis a Catalunya o Espanya. Hi ha factors que dificulten la comparació:

- Heterogeneïtat dels compostos agafats
- Límits de detecció diferent per cada laboratori
- Diferents unitats (I-TEQ/WHO-TEQ)
- Criteri amb els no detectats. Pocs estudis consideren els valors no detectats com igual a 0, sinó que els donen la meitat del límit de quantificació o detecció, i en alguns casos, fins i tot, el valor complet del límit.

Amb aquest estudis comprovem que els PCBs estan en concentracions molt més elevades que els PCDD/F. La majoria d'estudis agafen els 17 congèneres descrits amb activitat tipus dioxina actualment. En el cas dels PCBs hi ha una gran diversitat: molts estudis agafen els PCB-7, però no sols sinó amb d'altres tipus dioxina, normalment per comparar els nivells trobats, ja que els PCB-7 es troben en concentracions molt més altes que els PCBs més actius toxicològicament. Els aliments que acumulen

més PCBs en aquests estudis són els aliments derivats de la pesca, amb nivells molt alt en els musclos. I seguidament els làctics. Pel que fa els PCDD/F també els derivats de la pesca i la carn (pollastre sobretot) .

Pel que fa la ingesta, normalment no es comparable entre estudis perquè hi juguen un paper fonamental els hàbits alimentaris de la zona. En la selecció de la taula 11 però, en ser tots espanyols podríem estimar que l'alimentació és similar i per tant, els valors comparables. Es pot observar com la ingesta de PCBs és més elevada que la de PCDD/F (trobem els PCBs en concentracions molt més elevades). Els valors es mouen entre 2 i 3 Pg WHO-TEQ/Kg/dia si es té en compte tant els PCBs com els dioxines (per un individu de 70 Kg). En alguns casos, veiem que hi ha aliments que tenen més importància en la ingesta que no en els nivells de concentració, degut a la importància en els hàbits alimentaris. És el cas dels làctics i dels productes de la pesca. També veiem que els ous tenen concentracions força altes però que en canvi, no tenen una contribució massa important en la ingesta.

Taula 11: Concentracions de PCDD/F i PCBs en aliments segons diversos estudis recents fets a Espanya.

Referència	País	Mostres	Grup aliment	PCDD/F pg/g	PCBs Pg/g	Ingesta pgWHO-TEQ Kg/dia
Casas et al. 2002 <sup>28</sup>	Catalunya	9 5 5	Mantega Boví Musclos	0.54 greix 0.96 reix 0.92		3,5
Kalantzi et al. 2001 <sup>29</sup>	24 països (inclòs Espanya)	3 * 24 3	Mantega		230-14100 greix (valors extrems de mitjanes) 5470 greix	
Abad et al. 2002 <sup>30</sup>	Catalunya	12 19 9 5	Pollastre Llet Mantega Musclos	3.6 greix WHO 0.426 greix 0.54 greix 3.6 total	0,3 greix WHO 0,652 greix 0,584 greix 16.3 total	
Bordjandi et al. 2004 <sup>31</sup>	Espanya	1 1 3	Mantega Musclos Pollastre	26.2 greix 21.4 tot 18-76.1 greix (min-màx)	9610 greix 13100 tot 40800-52100 greix	
Llobet et al. 2003 <sup>32</sup>	Catalunya	16 30 8 6	Peix i marisc Carn Làctics Olis i greixos		11864 pes fresc 373 pes fresc 674,5 pes fresc 451,53 pes fresc	2.1
Eljarrat et al. 2002 <sup>33</sup>	Catalunya	5 5 4	Llet Boví Musclos	nd-2.36 greix (min-màx) 0.07-46.6 greix 0.01-4.08 tot	1,2 greix 0,48 greix 4,55 total	
Bascompta et al. 2002 <sup>34</sup>	Catalunya	?	Llet Carn Peix	0.28-1.33 greix WHO 0.89-2.26 greix 0.23-0.4 pf	0.05-1.35 greix WHO 0.43-0.29 greix 1.16-2.79 pes fresc	0,67 (d/f)/ 2,78 (+pcb)
Cuervo et al. 2002 <sup>35</sup>	País Basc	8 dietes (1 mes)	Carn PeixL àctics	0,08 total 0,13 total 0,05 total	0,08 total 0,79 total 0,08 total	2.5
Llobet et al. 2003 <sup>36</sup>	Catalunya	16 30 8	Pesca Carn Làctics	160,71 greix 24,16 greix 18,79 greix		1.3
Bocio et do-mingo, 2005 <sup>37</sup>	Catalunya	2 (10) 6 (10) 2 (10) 4 (10)	Cereals Peix Marisc Llet	1,39 pes sec 71,8 greix 645,6 26,92 greix		0.91

## 5. Bibliografia

- 1 Compilation of EU dioxin exposure and health data (pàgina web). European Commission. (actualitzat el: 1/2004; consultat el: 2/2005). Disponible a: <http://europa.eu.int/comm/environment/dioxin/download.htm#European%20Dioxin%20Inventory>
- 2 González-Moreno MJ, Urieta I, Macho ML, Azpiri M. Vigilancia de la contaminación química de los alimentos en la Comunidad Autónoma del País Vasco: 1990-95. Vitoria: Eusko Jaurlaritza (Osasun Saila); 1997. Report No.: 84-457-1137-7. Disponible a: <http://www.euskadi.net/sanidad/publicaciones/seguridad.htm>.
- 3 Porta M. Conocer la contaminación por compuestos tóxicos persistentes y prevenir sus efectos. ¿Utopías asequibles? Quadern CAPS. 2004; 32: 76-84.
- 4 Rivera J. Vigilància i control sanitari de les dioxines. Butlletí Epidemiològic de Catalunya. 2001; XXII: 71-73.
- 5 National Center for Environmental Health. Second national report on human exposure to environmental chemicals. Atlanta, Georgia: 2003. Report No.: 02-0716. Disponible a: <http://www.cdc.gov/exposurereport/2nd/>.
- 6 Van den Berg M, Birnbaum L, Bosveld A, Brunström B, Cook P, Feeley M et al. Toxic Equivalency Factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife. Environ Health Perspect. 1998; 106: 775-792.
- 7 PCB ID - Toxicity Equivalency Factors (TEFs) (pàgina web). U.S EPA. Disponible a: <http://www.epa.gov/toxteam/pcb/tefs.htm#references> (actualitzat el: 5/2003; consultat el: 2/2005).
- 8 Alonso P. Dioxines i PCBs similars a les dioxines (monografia d'internet). Barcelona : 2003 Disponible a: <http://magno.uab.es/epsi/alimentaria/dioxines.pdf> (consultat el: 2/2005).
- 9 Ohta S, Okumura T, Nishimura H, Nakao T, Shimizu Y, Ochiai F et al. Levels of PBDEs, TBBPA, TBPs, PCDDs/DF, PXDD/DFs and PBDD/F in human milk for nursing women and dairy milk products in Japan. Organohalogen compounds. 2004; 66: 2.891-2.896.
- 10 Vives Rubio I. Contaminants orgànics persistents en peixos de llacs alpins i àrtics (tesi doctoral). Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC); 2002.
- 11 Manchester JB, Valters K, Sonzogni WC. Comparison of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in lake Michigan Salmonids. Environ Sci Technol. 2001; 35: 1.072-1.077.
- 12 Schecter A, Pavuk M, Pöpke O, Ryan JJ, Birnbaum L, Rosen R. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in US Mothers' milk. Environ Health Perspect. 2003; 111: 1.723-1.729.
- 13 Hooper K, McDonald TA. The PBDEs: An emerging environmental challenge and another reason for breast-milk monitoring programs. Environ Health Perspect. 2000; 108: 387-392.
- 14 Hites RA. Polybrominated diphenyl ethers in the environment and in people: a meta-analysis of concentrations. Environ Sci Technol. 2004; 38: 945-956.
- 15 Food Standards Agency (FSA). Dioxins and dioxin-like PCBs in the UK diet: 2001 total diet study samples (monografia d'internet). Londres: 2003 Disponible a: [http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/fsis38\\_2003.pdf](http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/fsis38_2003.pdf) (consultat el: 2/2005).
- 16 Gorrachategui García M. Seguridad alimentaria: dioxinas. Madrid: 2001 Disponible a: <http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/2001CAPVIII.pdf> (consultat el: 2/2005).
- 17 Kim M, Kim S, Yun S, Lee M, Cho B, Park J et al. Comparison of seven indicator PCBs and three coplanar PCB beef, pork, and chicken fat. Chemosphere. 2004; 54: 1.533-1.538.

- 18 Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-Dioxin (TCDD) and Related Compounds (pàgina web). National Academy Sciences (NAS). Disponible a: <http://www.epa.gov/ncea/pdfs/dioxin/nas-review/> (actualitzat el: 10/2004; consultat el: 2/2005).
- 19 Larebeke van N, Hens L, Schepens P, Covaci A, Bayens J, Everaert K et al. The Belgian PCB and Dioxin Incident of January-June 1999: Exposure Data and Potential Impact on Health. *Environ Health Perspect.* 2001; 109: 265-273.
- 20 Hansen LG. Stepping backward to improve assessment of PCB congener toxicities. *Environ Health Perspect.* 1998; 106: 171-189.
- 21 Covaci A, Ryan JJ, Schepens P. Patterns of PCBs and PCDD/F in chicken and pork fat following a Belgian food contamination incident. *Chemosphere.* 2002; 47: 207-217.
- 22 Recomendación 2004/705 de la Comisión, de 11 de octubre de 2004, relativa al control de los niveles base de las dioxinas y los PCBs similares a las dioxinas en los productos alimenticios. (DOUE L 321/45 de 11 de octubre de 2004).
- 23 Glynn AW, Wolck A, Aune M, Atuma S, Zettermark S, Maehle-Schmid M et al. Serum concentrations of organochlorine in men: a search for markers of exposure. *Sci Total Environ.* 2000; 263: 197-208.
- 24 European Commission. Assessment of dietary intake of dioxins and related PCBs by the population of EU members states. Belgium: 2000
- 25 European Commission. Libro blanco: Estrategia para la futura política en materia de sustancias y preparados químicos (monografía d'internet). Bruselas: 2001. Disponible a: [http://europa.eu.int/comm/environment/chemicals/pdf/0188\\_es.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/chemicals/pdf/0188_es.pdf) (consultat el: 2/2005).
- 26 Porta M, Kogevinas M, Zumeta E, Sunyer J, Ribas Fitó N. Concentraciones de CTP en la población española: el rompecabezas sin piezas. *Gac Sanit.* 2002; 16: 257-266.
- 27 Porta M, Zumeta E. Implementing the Stockholm Treaty on Persistent Organic Pollutants. *Occup Environ Med.* 2002; 59: 651-653.
- 28 Casas C, Teixidó A, Domingo JL. Estudi d'estimació d'ingesta de dioxines de la població de Catalunya. *Butlletí Epidemiològic de Catalunya.* 2003; 23: 157-160.
- 29 Kalantzi OL, Alcock RE, Johnston PA, Santillo D, Stringer RL, Thomas GO et al. The Global Distribution of PCBs and Organochlorine Pesticides in Butter. *Environ Sci Technol.* 2001; 35: 1.013-1.018.
- 30 Abad E, Llerena JJ, Sauló J, Caixach J, Rivera J. Study on PCDD/F and co-PCBs content in food samples from Catalonia. *Chemosphere.* 2002; 46: 1.435-1.441.
- 31 Bordajandi, LR, Gómez, G, Abad, E, Rivera, J, Fernández-Bastón, MM, Blasco, J et al. Survey of persistent organochlorine contaminants (PCBs, PCDD/Fs, and PAHs), heavy metals (Cu, Cd, Zn, Pb, and Hg), and arsenic in food samples from Huelva (Spain): levels and health implications. *J Agric Food Chem.* 2004; 52: 992-1.001.
- 32 Llobet JM, Domingo JL, Teixidó A, Casas C, Müller L, Bocio A. Levels of Polychlorinated Biphenyls in foods from Catalonia, Spain: Estimated dietary intake. *J Food Prot.* 2003; 66: 479-484.
- 33 Eljarrat E, Monjonell A, Caixach J, Rivera, J. Toxic potency of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, polychlorinated dibenzofurans, and polychlorinated biphenyls in food samples from Catalonia (Spain). *J Agric Food Chem.* 2002; 50: 1.161-1.167.
- 34 Bascompta O, Montaña MJ, Martí R, Broto-Puig F, Comellas L, Díaz-Ferrero J et al. Levels of Persistent Organic Pollutants (PCDD/F and dioxin-like PCB) in food from the Mediterranean diet. *Organohalogen compounds.* 2002; 57: 149-151.
- 35 Cuervo L, Jalon M, Rose M, Fernandes A, White S, González de Galdeano L. Dietary intakes of PCDDs, PCDFs and PCBs in total diet samples from the Basque Country (Spain). *Organohalogen compounds.* 2002; 55: 219-222.
- 36 Llobet JM, Casas C, Teixidó A, Müller L, Bocio A, Domingo JL. Human exposure to dioxins through the diet in Catalonia, Spain: carcinogenic and non-carcinogenic risk. *Chemosphere.* 2003; 50: 1.193-1.200.
- 37 Bocio A, Domingo JL. Daily intake of PCDD/PCDF in foodstuffs consumed in Tarragona, Spain: a review of recent studies (2001-2003) on human PCDD/PCDF exposure through the diet. *Environ Res.* 2005; 97: 1-9.





**C S B** Consorci Sanitari  
de Barcelona

 **Agència  
de Salut Pública**