

Contaminantes químicos en pescado y marisco consumido en Cataluña

Evaluación de la ingesta diaria

Abreviaciones

Elementos y compuestos

As	Arsénico
Cd	Cadmio
COP	Contaminantes orgánicos persistentes
HAP	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
HCB	Hexaclorobenceno
Hg	Mercurio
Pb	Plomo
PBDE	Éteres difenílicos polibromados (polybrominated diphenyls ethers)
PCB	Bifenilos policlorados (polychlorinated biphenyls)
PCDD	Dibenzodioxinas policloradas o dioxinas (polychlorinated dibenzodioxins)
PCDE	Éteres difenílicos policlorados (polychlorinated diphenyls ethers)
PCDF	Dibenzofuranos policlorados o furanos (polychlorinated dibenzofurans)
PCN	Naftalenos policlorados (polychlorinated naphthalenes)
TCDD	Tetraclorodibenzos-p-dioxina

Organismos internacionales

ATSDR	Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades (Agency for Toxic Substances and Disease Registry)
EPA	Agencia Americana de Protección Medioambiental (Environmental Protection Agency)
IARC	Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (International Agency for Research on Cancer)
JECFA	Comité Mixto FAO-OMS de expertos en aditivos y contaminantes alimentarios (Joint Expert Committee on Food Additives)
OMS	Organización Mundial de la Salud

Otras abreviaciones

CQPMC	Contaminantes químicos en pescado y marisco consumido en Cataluña
LOAEL	Nivel inferior sin observación de efectos adversos
IDA	Ingesta diaria admisible
IDPT	Ingesta diaria provisional tolerable
IDT	Ingesta diaria tolerable
IMPT	Ingesta mensual provisional tolerable
ISPT	Ingesta semanal provisional tolerable
L_oD	Límite de detección
ND	No detectado
TEF	Factor de equivalencia tóxica
TEQ	Equivalente tóxico

Índice

1. Introducción	111
2. Objetivos	113
3. Material y métodos	115
3.1 Tipo de estudio	115
3.2 Selección de los contaminantes	115
3.3 Selección de las especies de pescado y marisco	115
3.4 Toma de muestras y preparación	116
3.5 Procedimientos analíticos	117
3.6 Grupos de población estudiados	118
3.7 Datos de consumo diario de pescado y marisco	119
3.8 Estimación de la ingesta diaria de un contaminante por el consumo de pescado y marisco ..	121
3.9 Estimación de resultados inferiores al límite de detección	121
3.10 Evolución 2000-2005	122
4. Arsénico	123
4.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco	123
4.2 Ingesta diaria estimada	123
4.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	125
4.4 Evaluación del riesgo	125
4.5 Evolución 2000-2005	126
4.5.1 Concentración	126
4.5.2 Ingesta	126
5. Cadmio	129
5.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco	129
5.2 Ingesta diaria estimada	129
5.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	130
5.4 Evaluación del riesgo	130
5.5 Evolución 2000-2005	132
5.5.1 Concentración	132
5.5.2 Ingesta	133
6. Mercurio	135
6.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco	135
6.2 Ingesta diaria estimada	135
6.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	137
6.4 Evaluación del riesgo	138
6.5 Evolución 2000-2005	138
6.5.1 Concentración	138
6.5.2 Ingesta	140
7. Plomo	141
7.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco	141
7.2 Ingesta diaria estimada	141
7.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	143
7.4 Evaluación del riesgo	143
7.5 Evolución 2000-2005	144
7.5.1 Concentración	144
7.5.2 Ingesta	145

8. Dioxinas, furanos y bifenilos policlorados	147
8.1 Dioxinas y furanos (PCDD/F)	147
8.1.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco	147
8.1.2 Ingesta diaria estimada	149
8.1.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	151
8.1.4 Evaluación del riesgo	151
8.1.5 Evolución 2000-2005	152
8.1.5.1 Concentración	152
8.1.5.2 Ingesta	153
8.2 Bifenilos policlorados (PCB)	153
8.2.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco	153
8.2.2 Ingesta diaria estimada	155
8.2.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	158
8.2.4 Evaluación del riesgo	158
8.2.5 Evolución 2000-2005	159
8.2.5.1 Concentración	159
8.2.5.2 Ingesta	159
8.3 Dioxinas y furanos, y bifenilos policlorados con efecto dioxina (PCB-DL). Evaluación global	160
8.3.1 Concentraciones conjuntas	161
8.3.2 Ingesta diaria conjunta estimada	162
8.3.3 Ingesta conjunta estimada por grupos de población	162
8.3.4 Evaluación conjunta del riesgo	163
8.3.5 Evolución 2000-2005	164
8.3.5.1 Concentración	164
8.3.5.2 Ingesta	164
9. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	165
9.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco	165
9.2 Ingesta diaria estimada	168
9.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	170
9.4 Evaluación del riesgo	170
9.5 Evolución 2000-2005	171
9.5.1 Concentración	171
9.5.2 Ingesta	173
10. Hexaclorobenceno (HCB)	175
10.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco	175
10.2 Ingesta diaria estimada	175
10.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	177
10.4 Evaluación del riesgo	177
10.5 Evolución 2000-2005	178
10.5.1 Concentración	178
10.5.2 Ingesta	179
11. Éteres difenílicos polibromados (PBDE)	181
11.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco	181
11.2 Ingesta diaria estimada	181
11.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	183
11.4 Evaluación del riesgo	184

11.5 Evolución 2000-2005	184
11.5.1 Concentración	184
11.5.2 Ingesta	186
12. Éteres difenílicos policlorados (PCDE)	187
12.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco	187
12.2 Ingesta diaria estimada	187
12.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	189
12.4 Evaluación del riesgo	190
12.5 Evolución 2000-2005	190
12.5.1 Concentración	190
12.5.2 Ingesta	192
13. Naftalenos policlorados (PCN)	193
13.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco	193
13.2 Ingesta diaria estimada	194
13.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	196
13.4 Evaluación del riesgo	196
13.5 Evolución 2000-2005	197
13.5.1 Concentración	197
13.5.2 Ingesta	198
14. Conclusiones	199
14.1 Concentración de contaminantes en pescado y marisco	199
14.2 Ingesta diaria estimada	199
14.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población	200
14.4 Evaluación del riesgo	201
14.5 Evolución 2000-2005	202
14.5.1 Concentración	202
14.5.2 Ingesta	203
Bibliografía	205
Summary	207
Resum	215

1

Introducción

Con el fin de evaluar el posible riesgo para la salud de la población derivado de la presencia de contaminantes químicos en los alimentos, en el periodo 2000-2002 el Departamento de Salud puso en marcha el estudio de contaminantes químicos en dieta total en Cataluña con la Universidad Rovira i Virgili y la Universidad de Barcelona.¹

La evaluación de los resultados de este estudio puso de manifiesto que el pescado y el marisco son los alimentos que contribuyen de forma más significativa a la ingesta de contaminantes a través de la dieta. Los demás alimentos, pese a la importancia puntual en cuanto a la concentración de algún contaminante, no representaban aportaciones tan substanciales a la dieta global.

Dada la gran variedad de especies de pescado que se consumen en Cataluña, la Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria creyó importante caracterizar con más precisión la ingesta de contaminantes derivada del consumo de pescado y marisco, un estudio que ha realizado el Laboratorio de Toxicología y Salud Medioambiental de la Universidad Rovira i Virgili y el Grupo de Investigación en Toxicología (GRET-CERE-TOX UB-PCB) de la Universidad de Barcelona.

¹ Contaminantes químicos, estudio de dieta total en Cataluña, publicado por la Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria. Barcelona, 2005.

2

Objetivos

- Caracterizar detalladamente la ingesta de arsénico, cadmio, mercurio, plomo, dioxinas y furanos, bifenilos policlorados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, hexaclorobenceno, éteres difenílicos polibromados, éteres difenílicos policlorados y naftalenos policlorados que representa el consumo de pescado y marisco en la dieta de los habitantes de Cataluña.
- Detectar entre las especies de pescado más consumidas, las que contribuyen con más cantidad de contaminantes en la dieta total.
- Evaluar el riesgo para la salud que esta contribución supone.
- Disponer de información más detallada que la que se generó en el estudio del año 2000 respecto al pescado, que permita realizar el seguimiento de los niveles de contaminación de los alimentos y de su seguridad.

3 Material y métodos

3.1 Tipo de estudio

El tipo de metodología seguido es el mismo que el utilizado en el estudio de dieta total (2000-2002). Por consiguiente, también sigue las indicaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS); debido al propio planteamiento de este trabajo, es decir, la caracterización más exhaustiva de la ingesta de las diferentes especies de pescado más consumido, no era conveniente modificar el tipo de estudio.

Así pues, se utiliza también una técnica mixta que, basándose en las características de los alimentos individuales, incorpora aspectos de los estudios de la cesta de mercado, ya que se analizan muestras compuestas (composites) formadas por mezclas, homogéneas y a partes iguales, de diferentes muestras individuales de la misma especie de pescado o marisco.

3.2 Selección de los contaminantes

Los contaminantes seleccionados para este segundo estudio fueron los mismos que para el primero, es decir: arsénico, cadmio, mercurio, plomo, dioxinas y furanos, bifenilos policlorados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, hexaclorobenceno, éteres difenílicos polibromados, éteres difenílicos policlorados y nftaleno policlorados.

En lo relativo a los congéneres de bifenilos policlorados analizados, se ha ampliado su número atendiendo a la recomendación de la Unión Europea de 11 de octubre de 2004 relativa al control de los niveles de base de las dioxinas y bifenilos policlorados similares a las dioxinas en los alimentos.

Así, hay que recordar que en el estudio de dieta total se determinaron los bifenilos policlorados conocidos como marcadores, que son indicativos de contaminación de tipo industrial (PCB#28, PCB#52, PCB#101, PCB#138, PCB#153 y PCB#180) y los que hasta entonces se consideraban con efecto dioxina (PCB#77, PCB#105, PCB#118, PCB#126 y PCB#169). De acuerdo con la recomendación de la Comisión Europea, se han determinado además los siguientes congéneres con efecto dioxina: PCB#81, PCB#114, PCB#123, PCB#156, PCB#157, PCB#167 y PCB#189.

3.3 Selección de las especies de pescado y marisco

Se han seleccionado las catorce especies de pescado y marisco más consumidas en Cataluña de acuerdo con los datos de la Encuesta sobre el estado nutricional de la población catalana y evaluación de los hábitos alimentarios 2002-2003 (Encat 2002-2003), el estudio Alimentación Infantil y Juvenil. Estudio enKid (2002), así como los datos de los estudios de consumo de alimentos efectuados por el Instituto Nacional de Estadística en el ámbito del Estado (1991) La alimentación en España, desarrollado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, con distribución por regiones (2002, publicado en 2004).

Las especies de pescado y marisco seleccionadas se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Especies de pescado y marisco seleccionadas

Pescado azul	Pescado blanco	Crustáceos y marisco
Sardina	Merluza	Sepia
Atún	Salmonete	Calamar
Boquerón	Lenguado	Almeja
Caballa		Mejillón
Emperador		Gamba
Salmón		

CQPMC 2005-2007

3.4 Toma de muestras y preparación

Para obtener datos lo más representativos posible, durante los meses de marzo y abril de 2005 se adquirieron sesenta muestras individuales de cada especie seleccionada en las poblaciones siguientes: Barcelona, Tarragona, Lleida, L'Hospitalet de Llobregat, Terrassa y Girona.

Estas ciudades de compra son una muestra que representa las poblaciones de más de 150.000 habitantes, salvo Girona que se incluyó por una cuestión de equilibrio territorial —escogida con los datos del “Mapa de lectura pública de Cataluña” del Departamento de Cultura y con los del Instituto de Estadística de Cataluña (Idescat) de la Generalitat de Cataluña. Son datos de 2003 y de 2000 respectivamente.

En todas las poblaciones se tomaron diez muestras individuales de cada especie estudiada. La compra se distribuyó en cada localidad en un mínimo de cinco establecimientos de diferentes dimensiones (tienda, supermercado pequeño, supermercado grande, gran superficie) para diversificar al máximo el origen del pescado adquirido y obtener un muestreo lo más representativo posible con respecto a todos los tipos de compradores.

Las muestras se transportaron refrigeradas en neveras portátiles a nuestros laboratorios y se procesaron para prepararlas en las 24 horas siguientes a su obtención. Se procesó un total de 840 muestras individuales.

La muestra compuesta se constituyó con 20 muestras (10 + 10), que procedían de dos localidades asociadas al azar. Así pues, las sesenta muestras individuales correspondientes a una especie se repartieron para formar tres muestras compuestas que fueron las muestras analíticas.

La preparación de las muestras compuestas se llevó a cabo siguiendo la misma metodología que en el estudio anterior:

- Limpieza y separación de las partes comestibles, en crudo, de las veinte muestras individuales que participan en una muestra compuesta.
- Pesada de partes aproximadamente iguales de cada muestra individual. Si la muestra presentaba partes muy diferenciadas en textura, cantidad de grasa, etc., como por ejemplo las diferentes partes del salmón en lo concerniente a la grasa o la presencia de patas y cabeza en la sepia, se hizo que todas ellas participaran en la muestra compuesta de forma equilibrada.
- Trituración y homogeneización de las muestras mediante la utilización de robots de cocina.
- Formación de partes alícuotas en frascos especiales de vidrio de laboratorio y conservación por congelación hasta el momento del análisis.

3.5 Procedimientos analíticos

La determinación de metales se llevó a cabo en el Laboratorio de Espectroscopia de los Servicios Cientificotécnicos de la Universidad de Barcelona, laboratorio que forma parte de la Red de Innovación Tecnológica (XIT) del Centro de Innovación y Desarrollo Empresarial (CIDEM).

Aproximadamente 0,5 g de muestras compuestas se trataron con 5 ml de HNO₃ (65% Suprapur, E. Merck, Darmstadt, Alemania) en el interior de bombas de Teflon®. Se llevó a cabo una predigestión a temperatura ambiente durante 8 horas. Después, las bombas se calentaron a 80°C durante 8 horas más. Una vez frías, las soluciones se filtraron y se enrasaron a 25 ml con agua desionizada. En estas disoluciones se determinó el cadmio, el mercurio y el plomo utilizando un aparato de inducción de plasma acoplado con detector de masas (ICP-MS, Perkin Elmer Elan 8000). El arsénico se determinó mediante la técnica de generación de hidruros. Se empleo Rh como estándar interno y la cuantificación se basó en el isótopo más abundante.

Los contaminantes orgánicos (dioxinas y furanos, hidrocarburos aromáticos policíclicos, hexaclorobenceno y naftaleno policlorado) fueron analizados por el laboratorio SGS Controll-Co. M.b.H de Hamburgo (Alemania). Este laboratorio colaboró en su día en la analítica de contaminantes orgánicos persistentes del estudio de dieta total. Se ha utilizado, por tanto, igual tecnología e iguales pautas de trabajo.

Los procedimientos son los mismos que los utilizados en el estudio de dieta total y comprenden procesos comunes de extracción de contaminantes o clean-up, lo cual contribuye a simplificar los procesos de preparación de muestras y su envío, y a homogeneizar los resultados.

El método analítico para determinar la presencia de bifenilos policlorados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, hexaclorobenceno, éteres difenílicos polibromados, éteres difenílicos policlorados y naftalenos policlorados deriva del método núm. 1625 de la Environmental Protection Agency (EPA).

De forma resumida, el proceso analítico fue el siguiente:

- La extracción y el clean-up se llevaron a cabo bajo condiciones de poca exposición a la luz para evitar la pérdida de productos fotosensibles, como por ejemplo algunos éteres difenílicos polibromados.
- Las muestras se volvieron a homogeneizar y se pasaron por el proceso extractivo y de evaporación de solventes.
- Una vez divididas en las submuestras correspondientes, éstas se reforzaron (spiked) con los estándares apropiados marcados isotópicamente: ¹³C₁₂-PCB, ¹³C₁₂-PCDE, ¹³C₁₂-PBDE, ¹³C₁₂-PCN, ¹³C₆-HCB e hidrocarburos aromáticos policíclicos con deuterio.
- Para los naftalenos policlorados el proceso de clean-up se llevó a cabo con cromatografía de adsorción en una columna mixed-silica y por adsorción/fraccionamiento en una columna de alúmina. Para el hexaclorobenceno y los hidrocarburos aromáticos policíclicos, el clean-up y el fraccionamiento del extracto crudo se llevaron a cabo por cromatografía de exclusión de tamaños.
- Los extractos netos se analizaron con un sistema HRGC/HRMS, utilizando aparatos Agilent GCs (HP 5890 y 6890) acoplados a un sistema Waters (Micromass) Autospec Ultima HRMS (selected ion recording resolution: 10000).
- Los análisis se llevaron a cabo en columnas del tipo DB5 GC, no polar.

- La cuantificación se hizo utilizando los estándares internos.

El método analítico empleado para determinar dioxinas y furanos deriva de los métodos núm. 1613 y 8290 de la EPA.

De forma resumida, el proceso analítico fue el siguiente:

- Las muestras se homogeneizaron y se pasaron por el proceso extractivo y de evaporación de solventes.
- Las muestras se reforzaron (spiked) con los estándares apropiados marcados isotópicamente: $^{13}\text{C}_{12}$ -PCDD/PCDF.
- El proceso de clean-up se llevó a cabo con cromatografía de adsorción con múltiples etapas y utilizando columnas de sílice y aluminio.
- Los extractos netos se analizaron con un sistema HRGC/HRMS, utilizando aparatos Agilent GCs (HP 6890) acoplados a un sistema VG Autospec Ultima HRMS (Selected Ion Recording Resolution: 10000).
- Los análisis de los congéneres se llevaron a cabo en columnas del tipo DB5 GC, no polar.
- La cuantificación se realizó utilizando estándares internos.

3.6 Grupos de población estudiados

Siguiendo las directrices marcadas en el estudio Contaminantes químicos, estudio de dieta total en Cataluña, y conforme a las indicaciones de la OMS, se estudiaron los mismos grupos de edad, que reflejan, del conjunto de la población, el hombre adulto y otros grupos de población con dietas probablemente diferentes por razones de necesidades energéticas. En el estudio actual, a diferencia del anterior, se desglosan los dos sexos en todos los grupos de edad para adecuarse a la estructura de los datos de la Encat 2002-2003, a los que nos referiremos seguidamente y en los que se detectan algunas diferencias de consumo de pescado según el sexo. En la tabla 2 se presentan los grupos de población estudiados y el peso corporal asumido para cada uno de ellos.

Tabla 2. Grupos de población, rangos de edad y peso

Grupo	Edad (años)	Peso corporal (kg)
Hombres	20-65	70
Mujeres	20-65	55
Niños	4-9	24
Niñas	4-9	24
Chicos adolescentes	10-19	56
Chicas adolescentes	10-19	53
Hombres mayores de 65 años	> 65	65
Mujeres mayores de 65 años	> 65	60

CQPMC 2005-2007

3.7 Datos de consumo diario de pescado y marisco

Como ya se ha expuesto, los datos de consumo se han actualizado con los correspondientes a la Encat 2002-2003. Ésta presenta importantes diferencias respecto a los datos de consumo utilizados en el estudio de dieta total del periodo 2000-2002, que se referían a una zona concreta de Cataluña; en primer lugar, por la representatividad de la muestra, que comprende toda la población de Cataluña.

Una diferencia es la disminución del consumo de pescado detectada en 2003: mientras que para un hombre estándar en el año 2000 se consideraban 92 g/día de consumo, en 2003, de acuerdo con la Encat 2002-2003, el consumo de pescado es de 68 g/día, que supone una reducción del consumo de aproximadamente el 26%. Esta importante variación representa una considerable dificultad añadida a la hora de evaluar los cambios detectados entre los años 2000 y 2005.

Debe mencionarse que, como ya se ha dicho antes, en lo relativo a las especies de pescado más consumidas, que los datos de 2003 no estaban procesados con el detalle requerido para este estudio. Por tanto, se han utilizado datos de otros estudios de ámbito estatal (véase el punto 3.3). En base a estos se seleccionaron también el salmonete y el emperador como especies para el estudio.

En la Encat 2002-2003 estas dos especies no estaban incluidas. Con el fin de asumir valores de ingesta para estas especies que fueran lo más reales posible, se realizó una aproximación porcentual a partir de los datos ya mencionados de los estudios de consumo de alimentos en el Estado.

Una vez calculada la ingesta correspondiente al salmonete y al emperador se hicieron los mismos cálculos para otras especies de las que se disponía de datos actuales para comprobar la bondad del procedimiento seguido.

Los datos de consumo de las distintas especies de pescado tenidas en cuenta en la Encat más las inferencias para el salmonete y el emperador se presentan en las tablas 3 y 4, distribuidos según los diferentes grupos de edad y agrupados por clases de pescado (azul, blanco y crustáceos y marisco). Asimismo, en las últimas filas de la tabla 3 se indica la cantidad de pescado consumida por la población que corresponden a especies no tenidas en cuenta en este estudio. Este último dato se calcula considerando el 100% de pescado consumido igual al total considerado en la Encat.

Debe insistirse en el hecho de que en todos los grupos de edad y de manera no homogénea hay un grupo de especies de pescado que queda fuera de nuestro estudio. Para valorar este dato se ha calculado el porcentaje de representatividad de nuestra selección tomando como 100% los datos totales para cada grupo de la Encat. Estos datos se presentan en las tablas 5 y 6.

Tabla 3. Consumo diario de pescado en Cataluña, 2002-2003

	Niños	Niñas	Chicos adolescentes	Chicas adolescentes	Hombres	Mujeres	Hombres > 65 años	Mujeres > 65 años
Sardina	0,00	1,88	1,05	2,16	3,78	2,98	3,50	5,33
Atún	7,15	4,15	7,64	10,82	10,13	8,49	4,91	3,17
Boquerón	0,09	0,00	2,29	1,04	2,05	1,89	3,43	1,21
Caballa	0,00	0,00	0,35	0,32	1,13	1,27	0,50	2,86
Emperador	0,00	0,00	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06	0,05
Salmón	1,16	0,00	3,30	1,00	1,80	3,00	2,23	1,14
Merluza	18,08	16,24	8,39	11,16	15,78	14,65	23,31	14,56
Salmonete	0,00	0,00	0,22	0,22	0,33	0,32	0,36	0,27
Lenguado	5,23	2,35	6,22	3,72	5,48	5,62	3,65	5,17
Sepia	0,29	3,12	2,41	1,04	4,46	2,75	5,95	1,86
Calamar	1,90	0,59	1,88	5,18	3,17	3,17	3,18	0,77
Almeja	0,09	0,27	0,18	0,04	0,27	0,64	0,20	0,24
Mejillón	0,33	0,56	1,26	0,00	0,97	1,84	2,06	0,67
Gamba	0,00	0,71	3,24	3,00	3,53	3,85	2,68	1,68
Total esp. del estudio	34,33	29,87	38,47	39,73	52,94	50,53	56,04	38,98
Otras especies	0,93	3,53	6,58	5,66	14,59	14,44	17,24	16,67
Total ENCAT	35,26	33,40	45,05	45,39	67,53	64,97	73,28	55,65

En g/día.

CQPMC 2005-2007

Tabla 4. Consumo de las especies de pescado y marisco consideradas en nuestro estudio agrupadas por clases

	Niños	Niñas	Chicos adolescentes	Chicas adolescentes	Hombres	Mujeres	Hombres > 65 años	Mujeres > 65 años
Pescado azul	8,41	6,04	14,67	15,37	18,94	17,69	14,64	13,76
Pescado blanco	23,31	18,59	14,83	15,10	21,59	20,59	27,32	20,00
Crustáceos y marisco	2,61	5,25	8,97	9,26	12,40	12,25	14,08	5,22

En g/día.

CQPMC 2005-2007

Tabla 5. Consumo de pescado y marisco distribuido por clases según la Encat 2002-2003

	Niños	Niñas	Chicos adolescentes	Chicas adolescentes	Hombres	Mujeres	Hombres > 65 años	Mujeres > 65 años
Pescado azul	8,41	6,03	14,63	16,14	19,34	18,14	14,91	14,86
Pescado blanco	24,24	22,12	20,60	18,08	32,15	31,75	43,31	33,75
Crustáceos y marisco	2,61	5,25	9,83	11,18	16,04	15,08	15,06	7,04
Total	35,26	33,40	45,05	45,39	67,53	64,97	73,28	55,65

En g/día.

CQPMC 2005-2007

Tabla 6. Representatividad de las clases de pescado y marisco según la Encat 2002-2003

	Niños	Niñas	Chicos adolescentes	Chicas adolescentes	Hombres	Mujeres	Hombres > 65 años	Mujeres > 65 años
Pescado azul	100	100	100	95	98	98	98	93
Pescado blanco	96	84	72	84	67	65	63	59
Crustáceos y marisco	100	100	91	83	77	81	93	74
Total	97	89	85	88	78	78	76	70

En porcentajes.

CQPMC 2005-2007

3.8 Estimación de la ingesta diaria de un contaminante por consumo de pescado y marisco

La ingesta de un contaminante mediante el consumo de pescado y marisco se calcula multiplicando la concentración del contaminante en cuestión en cada especie por la cantidad diaria ingerida, y sumando todos los productos obtenidos.

$$\text{Ingesta diaria a través del pescado} = \sum (\text{concentración de contaminante} \times \text{cantidad de alimento ingerido})$$

En el estudio actual las catorce especies de pescado y marisco seleccionadas representan un alto porcentaje de la cantidad total ingerida, un 78% para un hombre adulto (véase la tabla 6). Para llevar a cabo una estimación lo más meticulosa posible, se ha considerado para cada contaminante cuál sería la ingesta si el total de pescado (67,53 g/día para el hombre adulto) estuviera formado proporcionalmente por las catorce especies estudiadas.

A título de ejemplo, véase la tabla 7 para el cálculo de la ingesta de arsénico en un hombre adulto.

Tabla 7. Ingesta de arsénico en un hombre adulto

	Consumo de pescado (g/día)	Ingesta d'As (mg/día)
Total de las especies del estudio	52,94	198,45
Total considerado *	67,53	253,16

Fuente: Encat 2002-2003.

CQPMC 2005-2007

Hay que tener muy en cuenta estas aproximaciones diferentes a la realidad en el momento de evaluar la ingesta diaria y hacer comparaciones entre los dos estudios, que, obviamente y después de lo que acabamos de expresar, sólo pueden ser orientativas.

3.9 Estimación de resultados inferiores al límite de detección

En cuanto a los resultados analíticos que están por debajo del límite de detección de la técnica analítica (LoD), siguiendo el procedimiento utilizado en el estudio anterior y las recomendaciones de la OMS, se considera en todos los casos un valor igual a la mitad de dicho límite.

3.10 Evolución 2000-2005

Como se ha explicado en los apartados 3.7 y 3.8, los datos de los estudios del año 2000 y los de 2005 son difíciles de comparar por la diferencia en consumo de pescado y marisco al que se hace referencia en este período, así como por el incremento en el número de especies incluidas en el estudio de 2005.

Para hacer más comprensible este complejo apartado, en cada uno de los estudios particulares de los contaminantes seguiremos el mismo método al presentar los datos y que se resume en el esquema siguiente:

Concentración

- La concentración media de cada contaminante presente en el pescado se calcula teniendo en cuenta las especies estudiadas en cada estudio particular (5 especies en el año 2000 y 14 especies en el 2005). Se comparan, en el mismo gráfico, con las concentraciones medias totales obtenidas por los dos estudios considerando sólo las 3 especies comunes (sardina, merluza y mejillón).
- Se evalúa la variación observada en la concentración de cada contaminante presente en cada una de las tres especies coincidentes en ambos estudios (merluza, sardinas y mejillones).

Ingesta

- Comparación de la ingesta diaria obtenida en los dos estudios, teniendo en cuenta en cada uno de ellos el total de pescado consumido y las especies comunes.

4 Arsénico

4.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco

Las concentraciones detectadas en las diferentes especies analizadas se presentan en la tabla 8. La concentración más elevada se ha hallado en el salmonete, con 16,58 $\mu\text{g/g}$ de peso en fresco. También presentan niveles destacados la gamba (6,31 $\mu\text{g/g}$ de peso en fresco) y el lenguado (6,09 $\mu\text{g/g}$ de peso en fresco). Los niveles de arsénico menores se detectan en el atún y el salmón. No se han establecido contenidos máximos para el arsénico en alimentos en el marco comunitario.

Tabla 8. Concentración de arsénico en pescado y marisco

	Arsénico
Sardina	3,67
Atún	1,13
Boquerón	4,63
Caballa	4,19
Emperador	2,10
Salmón	1,90
Merluza	4,10
Salmonete	16,58
Lenguado	6,09
Sepia	2,10
Calamar	4,26
Almeja	2,23
Mejillón	2,23
Gamba	6,31
Media	4,46

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

CQPMC 2005-2007

4.2 Ingesta diaria estimada

La tabla 9 representa la ingesta estimada para un hombre adulto de 70 kg de peso corporal. La ingesta estimada de arsénico a través del consumo de pescado y marisco es de 253,14 $\mu\text{g/día}$.

La aportación más importante se debe a la merluza, con 64,61 $\mu\text{g/día}$, seguida del lenguado y la gamba con 33,38 $\mu\text{g/día}$ y 22,27 $\mu\text{g/día}$ respectivamente. Las especies que contribuyen menos a la ingesta diaria estimada de arsénico son el emperador y la almeja, con 0,13 $\mu\text{g/día}$ y 0,60 $\mu\text{g/día}$ respectivamente.

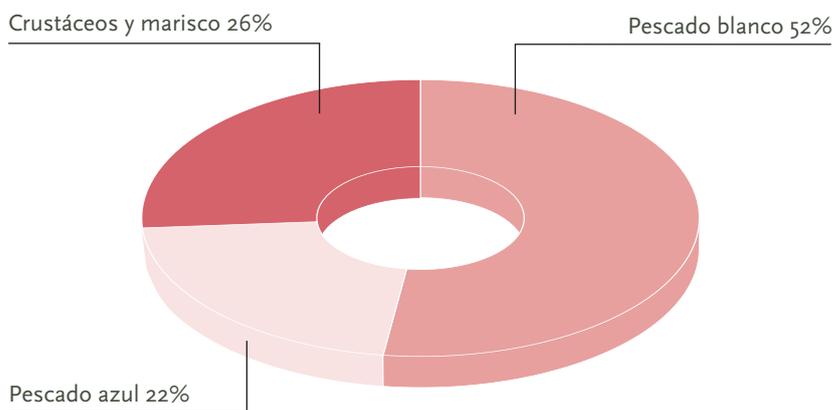
En lo relativo a la ingesta de arsénico por tipo de pescado (figura 1), el pescado blanco representa el 52%, mientras que el pescado azul y el marisco aportan proporciones parecidas del 22% y del 26%, respectivamente.

Tabla 9. Ingesta estimada de arsénico en un hombre adulto por consumo de pescado y marisco

	Consumo de pescado (g/día)	Ingesta de As (µg/día)
Sardina	3,78	13,89
Atún	10,13	11,47
Boquerón	2,05	9,49
Caballa	1,13	4,73
Emperador	0,06	0,13
Salmón	1,80	3,41
Merluza	15,78	64,61
Salmonete	0,33	5,48
Lenguado	5,48	33,38
Sepia	4,46	13,34
Calamar	3,17	13,50
Almeja	0,27	0,60
Mejillón	0,97	2,17
Gamba	3,53	22,27
Total en las especies del estudio	52,94	198,45
Total considerado	67,53	253,16

CQPMC 2005-2007

Figura 1. Contribución a la ingesta diaria de arsénico según el tipo de pescado



CQPMC 2005-2007

4.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 10 muestra la ingesta estimada de arsénico total y arsénico inorgánico para los diferentes grupos de población según la edad y el sexo.

Los pescados, los crustáceos, los moluscos y otros animales acuáticos tienen la capacidad de metabolizar el arsénico y acumularlo en forma de dimetilarsénico, una forma orgánica con una toxicidad mucho más baja que la forma inorgánica. Según la bibliografía se estima que el arsénico inorgánico en estas especies es, como máximo, un 10% del arsénico total.

Tabla 10. Ingesta diaria estimada de arsénico de diferentes grupos de población per consumo de pescado y marisco

	Ingesta de As total	Ingesta de As inorgánico
Hombres	253,16	25,32
Mujeres	246,21	24,62
Niños	129,95	13,00
Niñas	123,64	12,36
Chicos adolescentes	170,62	17,06
Chicas adolescentes	165,01	16,50
Hombres mayores de 65 años	284,67	28,47
Mujeres mayores de 65 años	228,56	22,86

En $\mu\text{g}/\text{día}$.

CQPMC 2005-2007

Los hombres mayores de 65 años son el grupo de población con una ingesta estimada de arsénico más elevada, con $284,67 \mu\text{g}/\text{día}$, mientras que la menor ingesta corresponde a las niñas, con $123,64 \mu\text{g}/\text{día}$.

4.4 Evaluación del riesgo

En la tabla 11 se muestra la ingesta diaria estimada de arsénico inorgánico por consumo de pescado y marisco en los diferentes grupos de población expresada en función del peso corporal.

La ingesta estimada de arsénico inorgánico se encuentra en todos los grupos de población muy por debajo del nivel de seguridad toxicológica de $15 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$, establecidos por el Comité Mixto FAO-OMS de expertos en aditivos y contaminantes alimentarios (JECFA), como valor de ingesta tolerable semanal.

Tabla 11. Ingesta de arsénico inorgánico por consumo de pescado y marisco relativa al peso corporal

	Ingesta diaria ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$)	Ingesta semanal ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$)*
Hombres	0,36	2,53
Mujeres	0,45	3,13
Niños	0,54	3,79
Niñas	0,52	3,61
Chicos adolescentes	0,30	2,13
Chicas adolescentes	0,31	2,18
Hombres mayores de 65 años	0,44	3,07
Mujeres mayores de 65 años	0,38	2,67

*Aproximada.

CQPMC 2005-2007

Para evaluar la ingesta de arsénico inorgánico aportado por el pescado en el contexto de la dieta podemos efectuar una estimación substituyendo el valor considerado para el pescado en el cálculo del año 2000 por el más preciso hallado en este estudio. Así, para un hombre adulto, a una ingesta de 2,53 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$ derivada del consumo de pescado le correspondería una ingesta dietética total de 4,7 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$, muy por debajo de los 15 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$ (nivel de seguridad toxicológica establecido por el JECFA).

4.5 Evolución 2000-2005

4.5.1 Concentración

La concentración media de arsénico en el total de pescado y de marisco analizado en este estudio es de 4,46 $\mu\text{g}/\text{g}$ de peso en fresco, en el estudio del año 2000 fue de 2,21 $\mu\text{g}/\text{g}$ de peso en fresco (figura 2). Se puede apreciar, pues, un incremento de aproximadamente el 50%.

Si comparamos los alimentos comunes a ambos estudios (merluza, sardina y mejillón), se observa que la merluza ha doblado los niveles de arsénico que se encontraban en el año 2000 (2,20 $\mu\text{g}/\text{g}$ de peso en fresco en 2000 y 4,10 $\mu\text{g}/\text{g}$ de peso en fresco en 2005). El mejillón y la sardina no muestran variaciones destacables (figura 3).

4.5.2 Ingesta

La ingesta total de arsénico estimada por el consumo de pescado y para un hombre adulto en Cataluña es de 253,16 $\mu\text{g}/\text{día}$ en el año 2005. Este valor es del mismo orden que la ingesta estimada en el año 2000, que fue de 203,32 $\mu\text{g}/\text{día}$.

Figura 2. Concentración media de arsénico en pescado y marisco ($\mu\text{g/g}$ de peso en fresco). Comparación 2000-2005

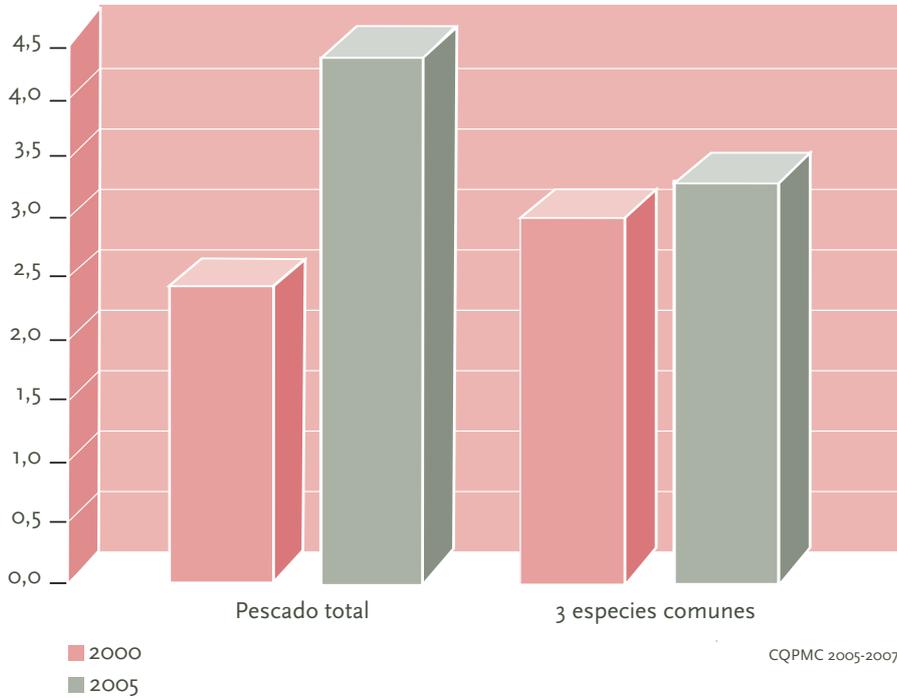
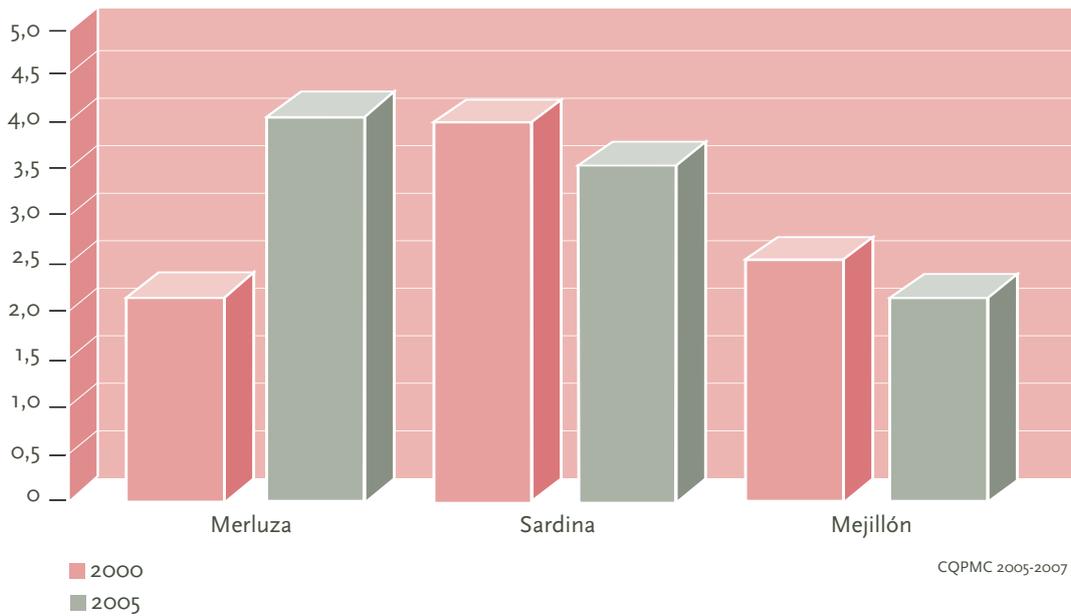


Figura 3. Concentración media de arsénico en merluza, sardina y mejillón ($\mu\text{g/g}$ de peso en fresco). Comparación 2000-2005



5 Cadmio

5.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco

Las concentraciones detectadas en las diferentes especies analizadas se presentan en la tabla 12. Los niveles más elevados se detectan en la almeja y el mejillón, con 0,143 µg/g de peso en fresco y 0,132 µg/g de peso en fresco respectivamente.

Tabla 12. Concentración de cadmio en pescado y marisco y contenidos máximos aceptados

	Cadmio	Contenido máximo
Sardina	0,007	0,1
Atún	0,010	0,1
Boquerón	0,010	0,1
Caballa	0,007	0,1
Emperador	0,051	0,3
Salmón	0,012	0,05
Merluza	0,010	0,05
Salmonete	0,009	0,05
Lenguado	0,009	0,05
Sepia	0,070	1,0
Calamar	0,055	1,0
Almeja	0,143	1,0
Mejillón	0,132	1,0
Gamba	0,021	0,5
Media	0,039	

En µg/g de peso en fresco.

CQPMC 2005-2007

La legislación comunitaria establece en el Reglamento 466/2001, de 8 de marzo de 2001, el contenido máximo de cadmio en los alimentos; este reglamento fue modificado por el Reglamento 221/2002, de 6 de febrero de 2002, y por el Reglamento 78/2005, de 19 de enero de 2005. Todas las concentraciones de cadmio que presentan las especies estudiadas se encuentran por debajo de los valores establecidos por la Comunidad Europea.

5.2 Ingesta diaria estimada

La tabla 13 muestra la ingesta estimada de cadmio para un hombre adulto de 70 kg de peso corporal. La ingesta estimada de cadmio por el consumo de pescado y marisco es de 1,41 µg/día.

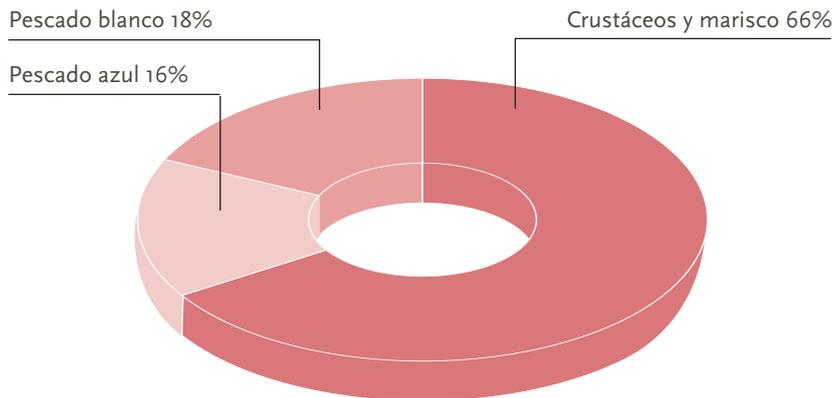
La aportación más importante se debe a la sepia, con 0,31 µg/día. La merluza, el calamar y el mejillón contribuyen de forma similar: 0,15 µg/día, 0,17 µg/día y 0,13 µg/día respectivamente (figura 4).

Tabla 13. Ingesta estimada de cadmio en un hombre adulto por consumo de pescado y marisco

	Consumo de pescado (g/día)	Ingesta de cadmio (µg/día)
Sardina	3,78	0,027
Atún	10,13	0,098
Boquerón	2,05	0,020
Caballa	1,13	0,008
Emperador	0,06	0,003
Salmón	1,80	0,022
Merluza	15,78	0,152
Salmonete	0,33	0,003
Lenguado	5,48	0,046
Sepia	4,46	0,310
Calamar	3,17	0,173
Almeja	0,27	0,038
Mejillón	0,97	0,129
Gamba	3,53	0,073
Total especies del estudio	52,94	1,104
Total considerado	67,53	1,408

CQPMC 2005-2007

En lo relativo a la contribución en la ingesta diaria estimada de cadmio a raíz del consumo de cada tipo de pescado, el grupo de crustáceos y marisco contribuye en un 66%, y el pescado azul y el pescado blanco en un 16% y un 18% respectivamente.

Figura 4. Contribución a la ingesta diaria de cadmio según tipos de pescado

CQPMC 2005-2007

5.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 14 muestra la ingesta estimada de cadmio para los diferentes grupos de población según la edad y el sexo.

El grupo de población con una ingesta diaria estimada de cadmio más alta a través del consumo de pescado y marisco es el formado por los hombres mayores de 65 años. El grupo con una ingesta menor es el de los niños.

Tabla 14. Ingesta diaria estimada de cadmio de los diferentes grupos de población por consumo de pescado y marisco

Ingesta de cadmio	
Hombres	1,408
Mujeres	1,469
Niños	0,496
Niñas	0,679
Chicos adolescentes	0,953
Chicas adolescentes	0,812
Hombres mayores de 65 años	1,758
Mujeres mayores de 65 años	0,904

En µg/día.

CQPMC 2005-2007

5.4 Evaluación del riesgo

En la tabla 15 se muestra la ingesta diaria estimada de cadmio por consumo de pescado y marisco en los diferentes grupos de población expresada en función del peso corporal.

Tabla 15. Ingesta de cadmio por consumo de pescado y marisco relativa al peso corporal

	Ingesta de cadmio (µg/kg/día)	Ingesta de cadmio (µg/kg/semana)*
Hombres	0,020	0,141
Mujeres	0,027	0,187
Niños	0,021	0,145
Niñas	0,028	0,198
Chicos adolescentes	0,018	0,126
Chicas adolescentes	0,015	0,102
Hombres mayores de 65 años	0,027	0,189
Mujeres mayores de 65 años	0,015	0,106

* Aproximada.

CQPMC 2005-2007

La ingesta diaria estimada de cadmio a través del consumo de pescado y marisco, está por debajo del valor que el JECFA establece como tolerable ($7 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$) para todos los grupos de población.

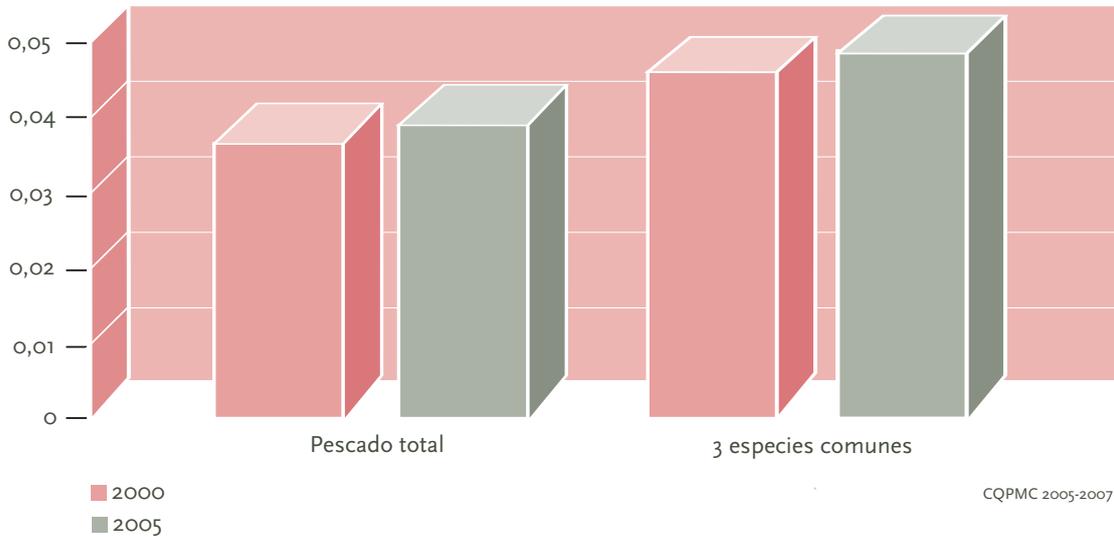
Para evaluar la ingesta de cadmio aportado por el pescado en el contexto de la dieta, podemos llevar a cabo una estimación sustituyendo el valor considerado para el pescado en el cálculo del año 2000 por el más preciso determinado en este estudio. Así, para un hombre adulto, a una ingesta de $0,141 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$ derivada del consumo de pescado le correspondería una ingesta dietética total de $1,37 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$, muy por debajo de los $7 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$, el nivel de seguridad toxicológica establecido por el JECFA.

5.5 Evolución 2000-2005

5.5.1 Concentración

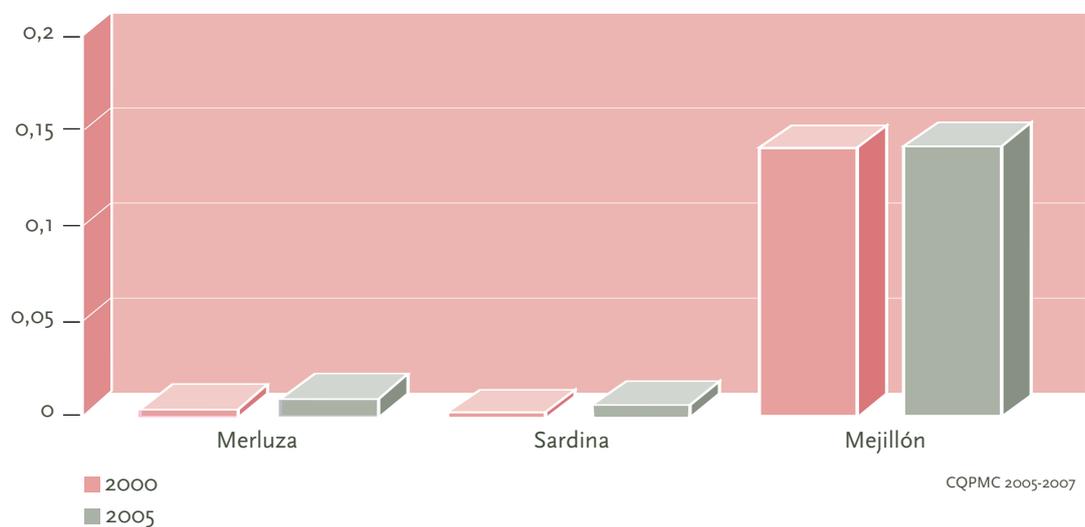
La concentración media de cadmio para el global del pescado y marisco analizado en este estudio es de $0,039 \mu\text{g}/\text{g}$ de peso en fresco, por tanto no hay diferencia respecto al valor obtenido en el estudio de 2000, que es de $0,036 \mu\text{g}/\text{g}$ de peso en fresco (figura 5).

Figura 5. Concentración media de cadmio en pescado y marisco ($\mu\text{g}/\text{g}$ de peso en fresco). Comparación 2000-2005



Si comparamos los alimentos comunes a ambos estudios (merluza, sardina y mejillón), se observa que tanto la merluza como la sardina han experimentado un ligero aumento en la concentración de cadmio, mientras que en el mejillón no hay diferencias significativas entre los niveles hallados en 2000 y en 2005 (figura 6).

Figura 6. Concentración media de cadmio en merluza, sardina y mejillón (mg/g de peso en fresco). Comparación 2000-2005



5.5.2 Ingesta

La ingesta total de cadmio estimada por el consumo de pescado de un hombre adulto en Cataluña es de 1,408 µg/día. Este valor es bastante menor que la ingesta estimada en el año 2000, que fue de 3,33 µg/día.

6

Mercurio

6.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco

Las concentraciones detectadas en las diferentes especies analizadas se presentan en la tabla 16. Las cantidades más elevadas se han detectado en el emperador, con un valor medio de 1,93 µg/g de peso en fresco. También presenta un valor destacado el atún, con 0,48 µg/g de peso en fresco. Los valores más bajos se encuentran en la sepia, la almeja y el mejillón.

Tabla 16. Concentración de mercurio en pescado y marisco y contenidos máximos aceptados

	Concentración de Hg total	Contenido máximo
Sardina	0,08	0,5
Atún	0,48	1,0
Boquerón	0,08	0,5
Caballa	0,09	0,5
Emperador	1,93	1,0
Salmón	0,05	0,5
Merluza	0,19	0,5
Salmonete	0,23	1,0
Lenguado	0,08	0,5
Sepia	0,02	0,5
Calamar	0,06	0,5
Almeja	0,02	0,5
Mejillón	0,02	0,5
Gamba	0,12	0,5
Media	0,25	

En µg/g de peso en fresco.

CQPMC 2005-2007

Todas las concentraciones de mercurio que presentan los alimentos estudiados se encuentran por debajo del valor establecido por la Comunidad Europea en el Reglamento 78/2005, salvo el emperador, que lo supera. Hay que destacar la relativamente alta concentración detectada en el atún: aunque apenas llega a la mitad del límite, su consumo es considerable.

6.2 Ingesta diaria estimada

La tabla 17 muestra la ingesta diaria estimada para un hombre adulto. La ingesta estimada de mercurio a través del consumo de pescado y marisco es de 12,61 µg/día.

Tabla 17. Ingesta estimada de mercurio en un hombre adulto por consumo de pescado y marisco

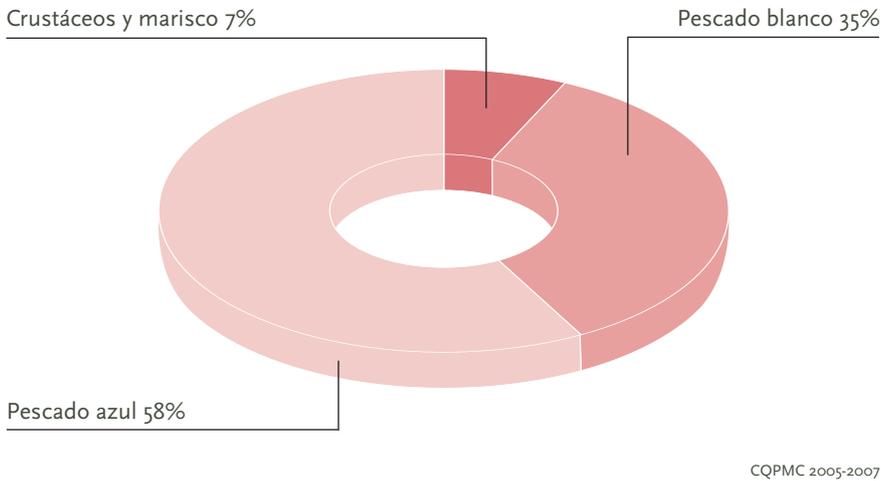
	Consumo de pescado (g/día)	Ingesta diaria d'Hg (µg/día)
Sardina	3,78	0,31
Atún	10,13	4,91
Boquerón	2,05	0,17
Caballa	1,13	0,11
Emperador	0,06	0,12
Salmón	1,80	0,08
Merluza	15,78	2,94
Salmonete	0,33	0,08
Lenguado	5,48	0,45
Sepia	4,46	0,11
Calamar	3,17	0,18
Almeja	0,27	0,01
Mejillón	0,97	0,02
Gamba	3,53	0,42
Total especies del estudio	52,94	9,89
Total considerado	67,53	12,61

CQPMC 2005-2007

La contribución más importante a esta ingesta se debe al atún y la merluza, con 4,9 µg/día y 2,9 µg/día, respectivamente. Si bien el emperador es el alimento estudiado que presenta una concentración superior de mercurio, su consumo es bajo (0,06 g/día), por lo que no representa una contribución global significativa (véase “Evaluación de riesgo”, apartado 6.4).

La almeja es el alimento que contribuye menos a la ingesta de mercurio por consumo de pescado y marisco en la población estándar.

El pescado azul contribuye en un 58% a la ingesta de mercurio a través de pescado y marisco, principalmente debido al consumo de atún. El pescado blanco representa el 35% de la ingesta, con la merluza como principal componente; si bien la concentración en la merluza no es muy elevada (0,19 µg/g) su consumo es importante (15,8 g/día), de manera que su contribución es determinante en este tipo de pescado. Los crustáceos y el marisco representan el 7% (figura 7).

Figura 7. Contribución a la ingesta diaria de mercurio según el tipo de pescado

6.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 18 muestra la ingesta estimada de mercurio para los diferentes grupos de población según la edad y el sexo.

Si se considera que el 90% del mercurio presente en el pescado lo está en forma de metilmercurio, la ingesta estimada de un hombre adulto es de 11,35 $\mu\text{g}/\text{día}$ de metilmercurio, que corresponde al 70,9% del valor diario tolerable (16 $\mu\text{g}/\text{día}$).

Tabla 18. Ingesta diaria estimada de mercurio y metilmercurio por consumo de pescado y marisco

	Ingesta de mercurio	Ingesta de metilmercurio
Hombres	12,61	11,35
Mujeres	11,44	10,30
Niños	7,65	6,89
Niñas	6,26	5,63
Chicos adolescentes	8,13	7,32
Chicas adolescentes	10,01	9,01
Hombres mayores de 65 años	11,29	10,16
Mujeres mayores de 65 años	8,56	7,70

En $\mu\text{g}/\text{día}$.

CQPMC 2005-2007

El grupo de población formado por los hombres adultos es el que realiza una ingesta diaria de mercurio más elevada, con 12,61 $\mu\text{g}/\text{día}$, mientras que el de las niñas es el grupo que menor cantidad de mercurio ingiere al día (6,26 $\mu\text{g}/\text{día}$).

6.4 Evaluación del riesgo

En la tabla 19 se muestra la ingesta estimada de mercurio y metilmercurio por consumo de pescado y marisco en los diferentes grupos de población, expresada en función del peso corporal.

Tabla 19. Ingesta de mercurio por consumo de pescado y marisco relativa al peso corporal

	Ingesta de mercurio	Ingesta de metilmercurio
Hombres	1,26	1,13
Mujeres	1,46	1,31
Niños	2,23	2,01
Niñas	1,83	1,65
Chicos adolescentes	1,07	0,96
Chicas adolescentes	1,25	1,13
Hombres mayores de 65 años	1,22	1,10
Mujeres mayores de 65 años	1,00	0,90

En $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$.

CQPMC 2005-2007

Con el fin de evaluar la ingesta de mercurio aportado por el pescado en el contexto de la dieta, podemos efectuar una estimación sustituyendo el valor considerado para el pescado en el cálculo del año 2000 por el más preciso encontrado en este estudio. Así, para un hombre adulto, a una ingesta de $1,26 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$ derivado del consumo de pescado le correspondería una ingesta dietética total de $2,50 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$, claramente por debajo de los $5 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$, que es el nivel de seguridad toxicológica establecido por el JECFA.

La ingesta estimada de mercurio más elevada corresponde a los niños, con $2,23 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$, que correspondería a $5,65 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$ si calculamos la dieta total siguiendo los parámetros del párrafo anterior. Este valor se encuentra por encima del margen de seguridad establecido ($5 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$).

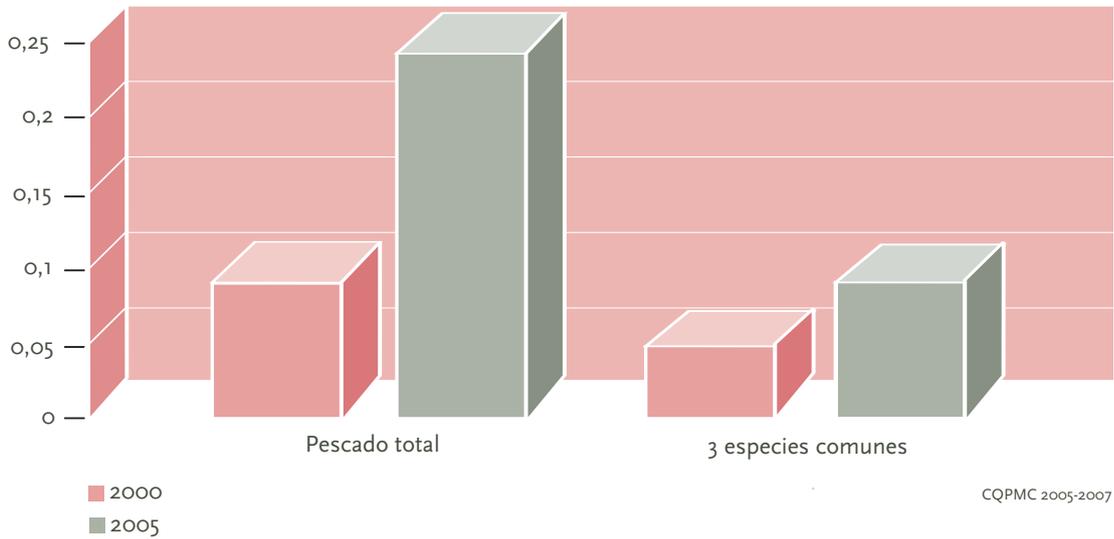
En cuanto a la ingesta de metilmercurio, con un valor de ingesta tolerable de $1,6 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$, los niños y las niñas lo superan, con $2,01$ y $1,65 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$ respectivamente ($1,31 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$ en el anterior estudio del año 2000), y las mujeres se aproximan a él con $1,31 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$. Debemos recordar que el metilmercurio de la dieta se considera que deriva exclusivamente del consumo de pescado, y aproximadamente el 90% proviene del contenido total medido en pescado.

6.5 Evolución 2000-2005

6.5.1 Concentración

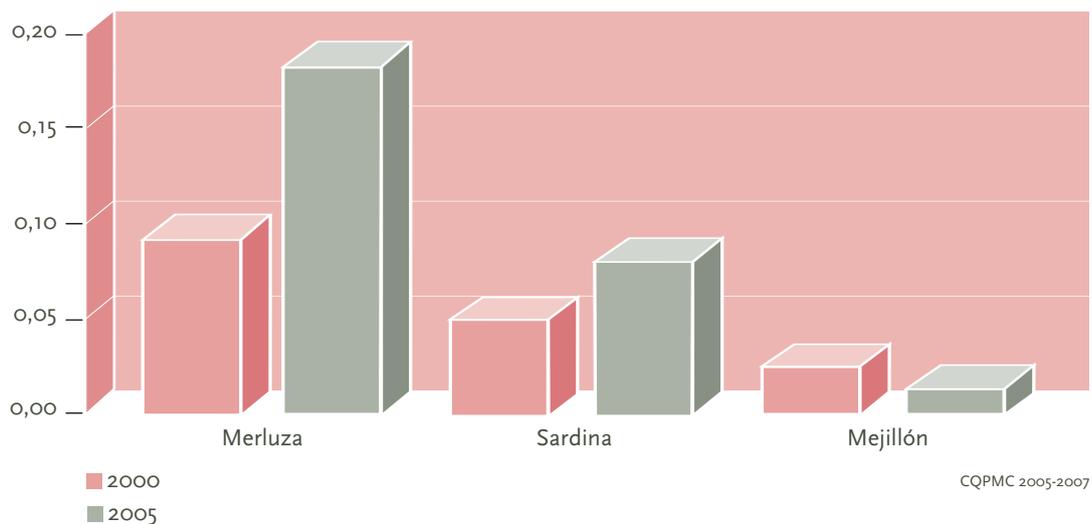
La concentración media de mercurio presente en el global del pescado y marisco analizado en este estudio es de $0,25 \mu\text{g}/\text{g}$ de peso en fresco, mientras que en el estudio del año 2000 fue de $0,10 \mu\text{g}/\text{g}$ de peso en fresco (figura 8). Hay que tener en cuenta, una vez más, la inclusión de un gran número de especies en este estudio, entre ellas grandes especies depredadoras de las que se sabe que tienen más capacidad de acumular este metal.

Figura 8. Concentración media de mercurio en pescado y marisco ($\mu\text{g/g}$ de peso en fresco). Comparación 2000-2005



Si comparamos las especies comunes a ambos estudios (merluza, sardina y mejillón) vemos que el aumento más significativo lo ha experimentado la merluza, que de $0,09 \mu\text{g/g}$ de peso en fresco en el año 2000 ha pasado a $0,19 \mu\text{g/g}$ de peso en fresco en 2005. También ha experimentado un aumento en el contenido de mercurio la sardina: de $0,05 \mu\text{g/g}$ de peso en fresco en el año 2000 a $0,082 \mu\text{g/g}$ de peso en fresco en 2005. El mejillón no muestra variaciones significativas (figura 9).

Figura 9. Concentración media de mercurio en merluza, sardina y mejillón ($\mu\text{g/g}$ de peso en fresco). Comparación 2000-2005



6.5.2 Ingesta

La ingesta total de mercurio estimada a raíz del consumo de pescado para un individuo estándar en Cataluña es de 12,61 $\mu\text{g}/\text{día}$. Este valor es ligeramente más alto que la ingesta estimada del año 2000, que fue de 8,9 $\mu\text{g}/\text{día}$.

7

Plomo

7.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco

Las concentraciones detectadas en las diferentes especies analizadas se presentan en la tabla 20. Los valores más elevados los encontramos en el mejillón y el salmón, con 0,151 y 0,103 µg/g de peso en fresco respectivamente.

Tabla 20. Concentración de plomo en pescado y marisco y contenidos máximos aceptados

	Concentración de plomo	Contenidos máximos
Sardina	0,035	0,4
Atún	0,016	0,2
Boquerón	0,014	0,2
Caballa	0,015	0,4
Emperador	0,017	0,2
Salmón	0,103	0,2
Merluza	0,054	0,2
Salmonete	0,027	0,2
Lenguado	0,034	0,2
Sepia	0,012	1,0
Calamar	0,050	1,0
Almeja	0,035	1,5
Mejillón	0,016	1,5
Gamba	0,014	0,5
Media	0,043	

En µg/g de peso en fresco.

CQPMC 2005-2007

La legislación comunitaria establece en el Reglamento 466/2001, de 8 de marzo, el contenido máximo de plomo en los alimentos; este reglamento fue modificado por el Reglamento 221/2002, de 6 de febrero, y por el Reglamento 78/2005, de 19 de enero. Todas las concentraciones de plomo que presentan las especies estudiadas se encuentran por debajo de los valores establecidos por la Comunidad Europea.

7.2 Ingesta diaria estimada

La tabla 21 muestra la ingesta estimada de plomo para un hombre adulto de 70 kg de peso corporal. La ingesta estimada de plomo a través del consumo de pescado y marisco es de 2,55 µg/día.

La contribución más importante, y muy destacada del resto, se debe a la merluza con 0,86 µg/día, mientras que la menor es la del emperador, con 0,001 µg/día.

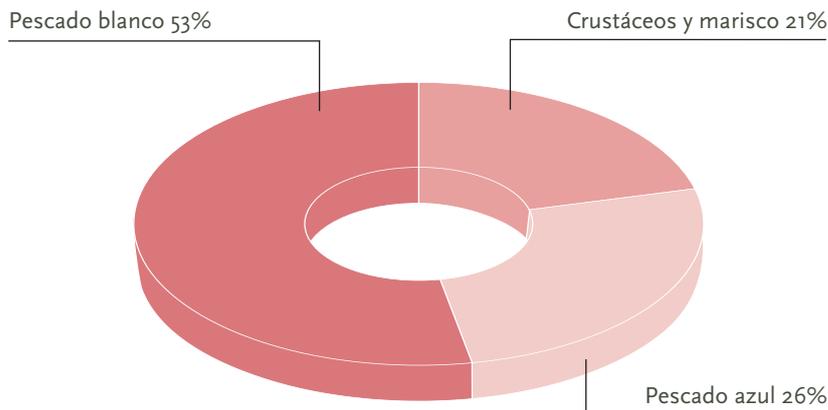
Tabla 21. Ingesta diaria estimada de plomo en un hombre adulto por consumo de pescado y marisco

	Consumo de pescado (g/día)	Ingesta de plomo (µg/día)
Sardina	3,78	0,134
Atún	10,13	0,158
Boquerón	2,05	0,028
Caballa	1,13	0,017
Emperador	0,06	0,001
Salmón	1,80	0,185
Merluza	15,78	0,858
Salmonete	0,33	0,009
Lenguado	5,48	0,187
Sepia	4,46	0,055
Calamar	3,17	0,160
Almeja	0,27	0,016
Mejillón	0,97	0,147
Gamba	3,53	0,044
Total especies del estudio	52,94	1,997
Total considerado	67,53	2,547

CQPMC 2005-2007

En lo relativo a la aportación por tipo de pescado (figura 10), el pescado blanco contribuye en el 53%. Sólo la merluza ya aporta el 43%; este hecho viene dado por el elevado consumo de esta especie de pescado. El pescado azul y el marisco prácticamente contribuyen en igual proporción: 26% y 21% respectivamente.

Figura 10. Contribución a la ingesta diaria de plomo según el tipo de pescado



CQPMC 2005-2007

7.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 22 muestra la ingesta estimada de plomo para los diferentes grupos de población según la edad y el sexo.

Tabla 22. Ingesta diaria estimada de plomo por consumo de pescado y marisco en diferentes grupos de población

	Ingesta de plomo
Hombres	2,55
Mujeres	2,76
Niños	1,59
Niñas	1,51
Chicos adolescentes	1,84
Chicas adolescentes	1,62
Hombres mayores de 65 años	3,24
Mujeres mayores de 65 años	2,27

En $\mu\text{g}/\text{día}$.

CQPMC 2005-2007

La ingesta estimada de plomo más elevada corresponde al grupo formado por hombres mayores de 65 años, con $3,24 \mu\text{g}/\text{día}$, mientras que la menor corresponde al grupo de niñas, con $1,51 \mu\text{g}/\text{día}$.

7.4 Evaluación del riesgo

En la tabla 23 se muestra la ingesta diaria estimada de plomo por consumo de pescado y marisco en los diferentes grupos de población expresada en función del peso corporal.

Tabla 23. Ingesta de plomo por consumo de pescado y marisco relativa al peso corporal

	Ingesta de plomo ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$)	Ingesta de plomo ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$)
Hombres	0,036	0,255
Mujeres	0,050	0,351
Niños	0,066	0,464
Niñas	0,063	0,439
Chicos adolescentes	0,035	0,243
Chicas adolescentes	0,029	0,203
Hombres mayores de 65 años	0,050	0,349
Mujeres mayores de 65 años	0,038	0,265

CQPMC 2005-2007

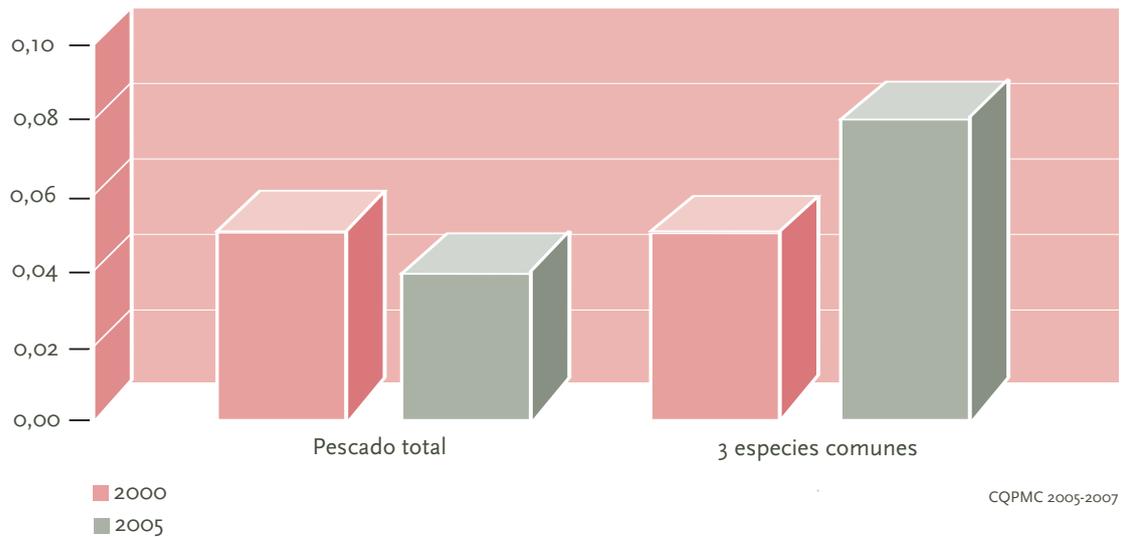
Para evaluar la ingesta de plomo aportada por el pescado en el contexto de la dieta, podemos hacer una estimación sustituyendo el valor considerado para el pescado en el cálculo del año 2000 por el más preciso encontrado en este estudio. Así, para un hombre adulto, a una ingesta de 0,26 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$ de plomo derivada del consumo de pescado le correspondería una ingesta dietética total de 2,54 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$ de plomo, muy por debajo de los 25 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$, el nivel de seguridad toxicológica establecido por el JECFA.

7.5 Evolución 2000-2005

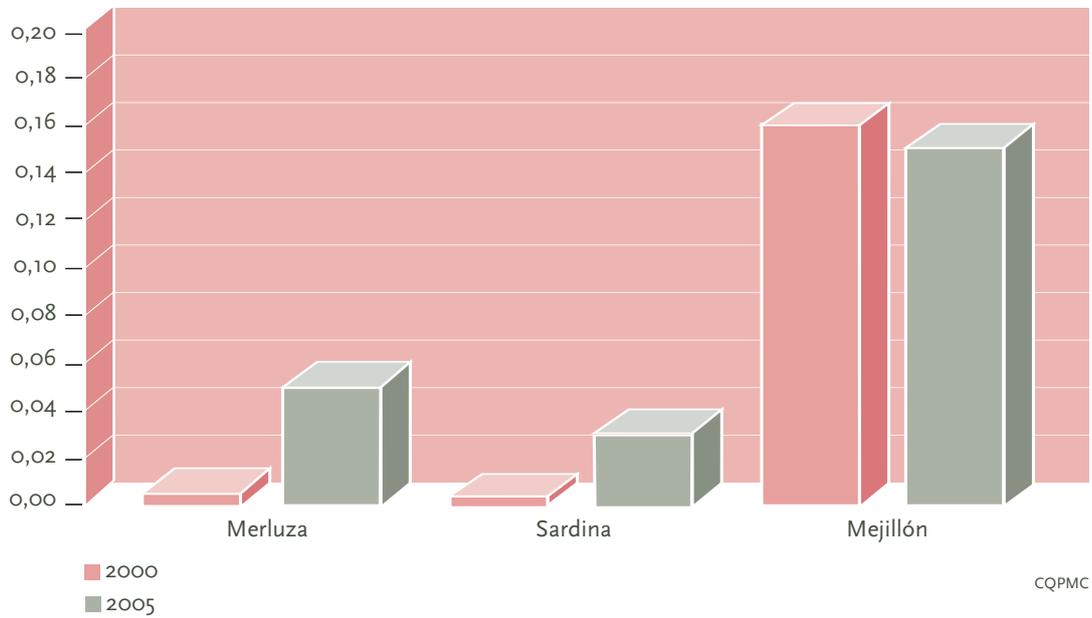
7.5.1 Concentración

La concentración media de plomo en el global del pescado y marisco analizado en este estudio es de 0,043 $\mu\text{g}/\text{g}$ de peso en fresco, un valor ligeramente inferior al obtenido en el estudio del año 2000, 0,052 $\mu\text{g}/\text{g}$ de peso en fresco (figura 11).

Figura 11. Concentración media de plomo en pescado y marisco ($\mu\text{g}/\text{g}$ de peso en fresco). Comparación 2000-2005



Si comparamos los alimentos comunes a ambos estudios (merluza, sardina y mejillón), se observa que mientras que los niveles hallados en el mejillón no han variado, la merluza y la sardina muestran incrementos significativos en las concentraciones de plomo en este estudio con respecto al del año 2000 (figura 12). La merluza ha pasado de 0,005 $\mu\text{g}/\text{g}$ de peso en fresco en el año 2000 a 0,054 $\mu\text{g}/\text{g}$ de peso en fresco en 2005, y la sardina de 0,005 $\mu\text{g}/\text{g}$ de peso en fresco en el año 2000 a 0,035 $\mu\text{g}/\text{g}$ de peso en fresco en el año 2005.

Figura 12. Concentración media de plomo en merluza, sardina y mejillón ($\mu\text{g/g}$ peso en fresco). Comparación 2000-2005

7.5.2 Ingesta

La ingesta total de plomo estimada, correspondiente al año 2005, mediante el consumo de pescado por parte de un individuo estándar en Cataluña es de $2,55 \mu\text{g/día}$. Este valor es bastante más bajo que la ingesta estimada en el año 2000, en el que fue de $4,71 \mu\text{g/día}$.

8

Dioxinas, furanos y bifenilos policlorados

8.1 Dioxinas y furanos (PCDD/F)

8.1.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco

Se han analizado los 17 congéneres de dioxinas y furanos de mayor toxicidad y que tienen asignado un factor de equivalencia tóxica (TEF) relativo a la 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-p-dioxina, el congénere más tóxico, respecto al que se refiere la toxicidad del resto de compuestos.

La toxicidad global de las dioxinas se expresa en valores de equivalencia tóxica (OMS-TEQ), que se calcula mediante el sumatorio de multiplicar el factor de equivalencia tóxica (TEF) de cada congénere, por su concentración en la muestra.

La tabla 24 muestra la concentración de los congéneres de las dioxinas y furanos analizados en pescado y marisco.

Muchos de los congéneres no se han detectado en varias muestras analizadas (resultado inferior al límite de detección de la técnica analítica), en el caso del pescado azul, en un 50,3%. Esta proporción aumenta hasta el 54,3% en el total de los análisis hechos en pescado blanco, y hasta el 69,8% en los análisis hechos en muestras de crustáceos y marisco. Como ya se ha expuesto con anterioridad, para hacer todos los cálculos se ha asumido para la concentración de estas muestras un valor igual a la mitad del límite de detección respectivo.

Los valores más elevados se han hallado en las muestras de salmonete (0,495 ng OMS-TEQ/kg de peso en fresco), seguidas del salmón, la caballa y la sardina con una concentración muy similar (0,240, 0,233 y 0,221 ng OMS-TEQ/kg de peso en fresco, respectivamente). En términos generales, las muestras de pescado azul presentan una concentración de dioxinas superior a las de pescado blanco, los crustáceos y el marisco.

En el caso de la sepia, sólo se ha podido detectar la 1,2,3,6,7,8-HxCDD en una de las muestras; los demás congéneres se han encontrado por debajo de su respectivo límite de detección en todas las muestras analizadas.

La TCDD, la dioxina más tóxica, no se ha detectado en ninguna de las muestras de gamba, almeja, sepia y merluza. La 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF y la OCDF sólo se detectan en una muestra de atún.

La Unión Europea ha fijado un valor máximo de concentración de dioxinas en pescado y marisco de $4 \cdot 10^3$ pg OMS-TEQ/kg de peso en fresco. Ninguna de las muestras analizadas en el estudio actual supera este límite.

La concentración media detectada en el pescado y marisco es de 0,154 ng OMS-TEQ/kg de peso en fresco.

Tabla 24. Concentración de dioxinas y furanos en pescado y marisco

Congéneres	Sardina	Atún	Boquerón	Caballa	Emperador	Salmón	Merluza
2378-TCDD	0,035	0,020	0,032	0,019	0,007	0,032	0,005
12378-PeCDD	0,059	0,033	0,049	0,035	0,017	0,042	0,011
123478-HxCDD	0,005	0,007	0,006	0,006	0,006	0,008	0,006
123678-HxCDD	0,025	0,017	0,031	0,040	0,015	0,027	0,014
123789-HxCDD	0,007	0,013	0,006	0,006	0,006	0,008	0,006
1234678-HpCDD	0,159	0,238	0,168	0,140	0,026	0,052	0,051
OCDD	0,105	0,141	0,105	0,105	0,105	0,124	0,106
2378-TCDF	0,147	0,278	0,130	0,941	0,103	0,794	0,053
12378-PeCDF	0,063	0,150	0,111	0,194	0,063	0,164	0,046
23478-PeCDF	0,194	0,153	0,161	0,130	0,036	0,135	0,012
123478-HxCDF	0,023	0,073	0,019	0,011	0,009	0,013	0,010
123678-HxCDF	0,020	0,033	0,022	0,006	0,006	0,016	0,011
123789-HxCDF	0,007	0,009	0,009	0,007	0,007	0,006	0,007
234678-HxCDF	0,009	0,032	0,012	0,012	0,006	0,016	0,006
1234678-HpCDF	0,027	0,222	0,027	0,026	0,026	0,035	0,027
1234789-HpCDF	0,027	0,035	0,027	0,026	0,026	0,035	0,027
OCDF	0,105	0,141	0,105	0,105	0,105	0,141	0,106
Sum TEQ PCDD	0,100	0,059	0,087	0,060	0,027	0,079	0,019
Sum TEQ PCDF	0,121	0,128	0,106	0,173	0,034	0,161	0,017
OMS-TEQ	0,221	0,187	0,192	0,233	0,061	0,240	0,036

En ng/kg peso fresco.

CQPMC 2005-2007

Tabla 24. Continuación

Congéneres	Salmonete	Lenguado	Sepia	Calamar	Almeja	Mejillón	Gamba
2378-TCDD	0,111	0,015	0,005	0,011	0,005	0,028	0,005
12378-PeCDD	0,125	0,033	0,011	0,023	0,011	0,017	0,011
123478-HxCDD	0,014	0,006	0,006	0,033	0,006	0,015	0,006
123678-HxCDD	0,069	0,043	0,010	0,024	0,008	0,039	0,013
123789-HxCDD	0,015	0,006	0,006	0,011	0,006	0,013	0,006
1234678-HpCDD	0,137	0,060	0,026	0,091	0,035	0,145	0,048
OCDD	0,104	0,105	0,103	0,179	0,106	0,497	0,192
2378-TCDF	0,433	0,321	0,016	0,118	0,098	0,375	0,097
12378-PeCDF	0,174	0,083	0,011	0,048	0,011	0,072	0,042
23478-PeCDF	0,368	0,058	0,011	0,068	0,016	0,080	0,044
123478-HxCDF	0,055	0,018	0,007	0,014	0,011	0,006	0,016
123678-HxCDF	0,036	0,010	0,006	0,009	0,006	0,006	0,006
123789-HxCDF	0,007	0,007	0,007	0,010	0,007	0,007	0,007
234678-HxCDF	0,014	0,020	0,006	0,008	0,008	0,006	0,006
1234678-HpCDF	0,041	0,036	0,026	0,143	0,041	0,034	0,026
1234789-HpCDF	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
OCDF	0,104	0,105	0,103	0,102	0,106	0,103	0,103
Sum TEQ PCDD	0,247	0,054	0,018	0,041	0,018	0,053	0,018
Sum TEQ PCDF	0,248	0,071	0,011	0,054	0,022	0,084	0,037
OMS-TEQ	0,495	0,126	0,029	0,095	0,041	0,137	0,056

En ng/kg peso fresco.

CQPMC 2005-2007

8.1.2 Ingesta diaria estimada

En la tabla 25 se presenta la ingesta diaria de dioxinas y furanos a través de pescado y marisco de un hombre adulto de 70 kg de peso corporal. Esta ingesta se estima en 7,68 pg OMS-TEQ/día.

La contribución más importante a esta ingesta la hace el atún, con 1,90 pg OMS-TEQ/día, seguida de la sardina y el lenguado, con 0,83 y 0,69 pg OMS-TEQ/día respectivamente. El salmonete, aun siendo el tipo de pescado con una concentración más alta de dioxinas y furanos, no supone una contribución importante a la ingesta total de estos contaminantes.

Tabla 25. Ingesta estimada de dioxinas y furanos (PCDD/F) en un hombre adulto por consumo de pescado y marisco

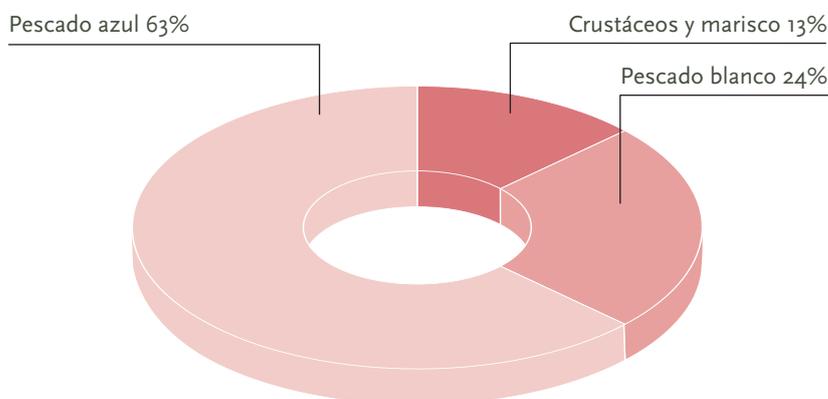
	Consumo de pescado (g/día)	Ingesta de PCDD/F (pg OMS-TEQ/día)
Sardina	3,78	0,83
Atún	10,10	1,90
Boquerón	2,05	0,39
Caballa	1,13	0,26
Emperador	0,06	0,004
Salmón	1,80	0,43
Merluza	15,80	0,58
Salmonete	0,33	0,16
Lenguado	5,48	0,69
Sepia	4,46	0,13
Calamar	3,17	0,30
Almeja	0,27	0,01
Mejillón	0,97	0,13
Gamba	3,53	0,20
Total especies estudiadas	52,94	6,02
TOTAL considerado	67,53	7,68

CQPMC 2005-2007

En la figura 13 se presenta el porcentaje de contribución de los diferentes tipos de pescado a la ingesta diaria de dioxinas y furanos.

El pescado azul contribuye con un 63% a la ingesta de TEQ. El emperador presenta una concentración de dioxinas muy poco notable, y su consumo habitual también es muy bajo, por lo que su contribución al TEQ total y al del pescado azul es prácticamente nula. El pescado blanco aporta un 24% del total de dioxinas consumidas a través de pescado y marisco, con un porcentaje similar para el lenguado y la merluza. Asimismo, también es notoria, debido al bajo consumo, la poca incidencia del salmonete en el total de la ingesta diaria, dado que es la especie que se presenta más contaminada.

Figura 13. Contribución a la ingesta diaria de dioxinas y furanos según el tipo de pescado



CQPMC 2005-2007

8.1.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 26 muestra la ingesta diaria estimada de dioxinas y furanos para los diferentes grupos de población según la edad y el sexo.

Tabla 26. Ingesta diaria estimada de dioxinas y furanos (PCDD/F) por consumo de pescado y marisco en diferentes grupos de población

Grupos de población	Ingesta de PCDD/F
Hombres	7,68
Mujeres	7,59
Niños	3,28
Niñas	2,63
Chicos adolescentes	5,21
Chicas adolescentes	5,36
Hombres mayores de 65 años	7,08
Mujeres mayores de 65 años	6,55

En pg OMS-TEQ/día.

CQPMC 2005-2007

8.1.4 Evaluación del riesgo

La ingesta diaria estimada de dioxinas y furanos (tabla 27) para un hombre adulto mediante el consumo de pescado y marisco es de 0,11 pg OMS-TEQ/kg/día. Este valor se encuentra en la parte inferior del rango establecido por la OMS como ingesta diaria tolerable para dioxinas y furanos y bifenilos policlorados con efecto dioxina, que es de 1-4 pg OMS-TEQ/kg/día.

Tabla 27. Ingesta de dioxinas y furanos (PCDD/F) por consumo de pescado y marisco relativa al peso corporal

Grupos de población	Ingesta de PCDD/F
Hombres	0,11
Mujeres	0,14
Niños	0,14
Niñas	0,11
Chicos adolescentes	0,11
Chicas adolescentes	0,10
Hombres mayores de 65 años	0,11
Mujeres mayores de 65 años	0,11

En pg OMS-TEQ/kg/día.

CQPMC 2005-2007

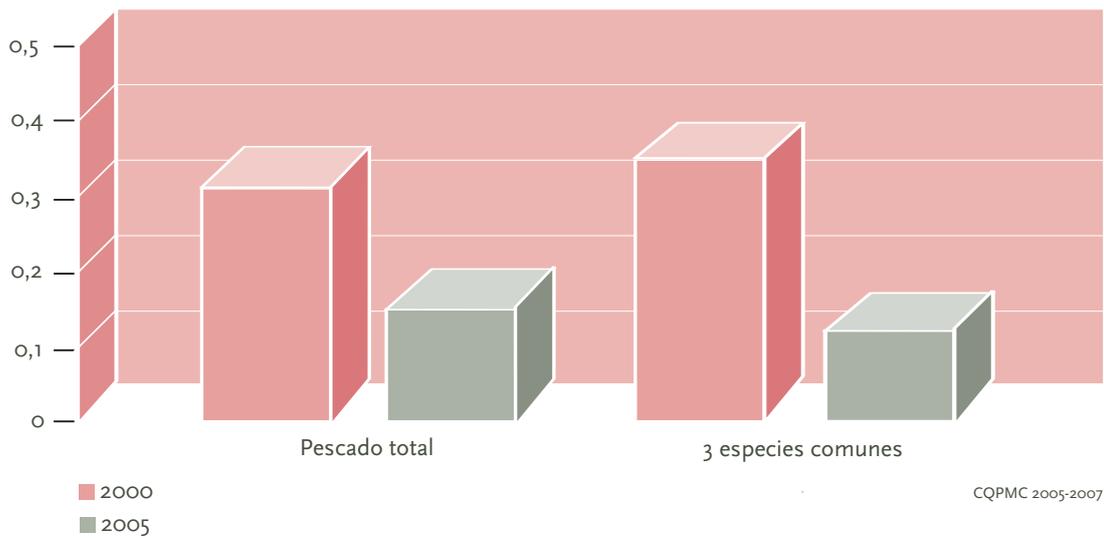
Para evaluar la ingesta de dioxinas y furanos aportados por el pescado en el contexto de la dieta, podemos hacer una estimación substituyendo el valor considerado para el pescado en el cálculo del año 2000 por el más preciso encontrado en este estudio. Así, para un hombre adulto, a una ingesta de 0,11 pg OMS-TEQ/kg/día derivado del consumo de pescado le correspondería una ingesta dietética total de 1,06 pg OMS-TEQ/kg/día, muy por debajo de los 1-4 pg OMS-TEQ/kg/día marcados por la OMS.

8.1.5 Evolución 2000-2005

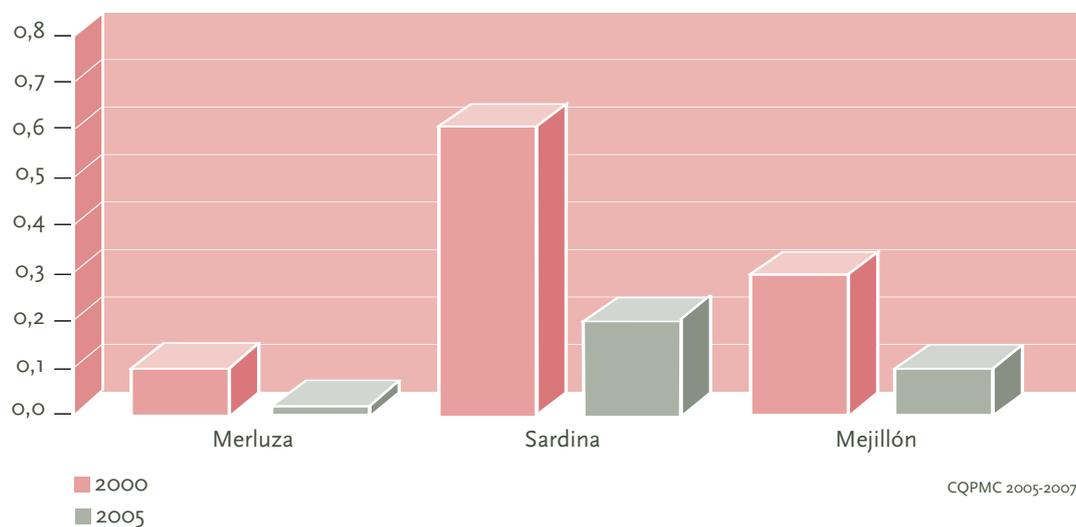
8.1.5.1 Concentración

La figura 14 muestra la comparación de las medias de concentración de dioxinas y furanos (ng OMS-TEQ/kg de peso en fresco) en pescado y marisco entre los dos estudios realizados. En el año 2000 la concentración media de dioxinas y furanos en el total de pescado y marisco analizado era de 0,31 ng OMS-TEQ/kg de peso en fresco, mientras que ésta ha sido inferior en el año 2005, de 0,15 ng OMS-TEQ/kg de peso en fresco. Esta tendencia se mantiene cuando se compara la concentración media en las tres especies que coinciden en los dos estudios realizados.

Figura 14. Comparación de la concentración de dioxinas y furanos en pescado en los estudios de 2000 y 2005



La figura 15 muestra la diferencia de concentración de dioxinas y furanos en las muestras de merluza, sardina y mejillón, las tres especies de pescado que se han analizado en ambos estudios. En los tres casos hay una disminución de la concentración entre el estudio realizado en el año 2000 y el de 2005. Esta disminución se corresponde con la reducción observada para el total de pescado de la figura anterior.

Figura 15. Concentración media de dioxinas y furanos en merluza, sardina y mejillón. Comparación 2000-2005

8.1.5.2 Ingesta

Para un hombre adulto, la ingesta diaria estimada de dioxinas y furanos a través de pescado y marisco en el año 2000 fue de 28,74 pg OMS-TEQ, mientras que en el año 2005 se reduce hasta 7,68 pg OMS-TEQ/día. Así pues, puede considerarse que la reducción observada es muy importante.

8.2 Bifenilos policlorados (PCB)

8.2.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco

Las concentraciones de bifenilos policlorados detectadas en muestras de pescado se presentan en la tabla 28. Se han analizado los mismos congéneres ya analizados en el año 2000, cinco de los cuales corresponden al grupo de los bifenilos policlorados con efecto dioxina, mas siete nuevos congéneres que actualmente se considera que tienen efecto dioxina: 81, 114, 123, 156, 157, 167 y 189. Los resultados expresados en ng OMS-TEQ/kg de peso en fresco corresponden al cálculo de los bifenilos policlorados con efecto dioxina o dioxin like (PCB-DL): PCB#77, PCB#81, PCB#105, PCB#114, PCB#118, PCB#123, PCB#126, PCB#156, PCB#157, PCB#167, PCB#169 y PCB#189.

Tabla 28. Concentración de bifenilos policlorados (PCB) en pescado y marisco

	Sardina	Atún	Boquerón	Caballa	Emperador	Salmón	Merluza	Salmonete	Lenguado	Sepia	Calamar	Almeja	Mejillón	Gamba
PCB#28	65,7	55,1	61,3	180	43,7	417	23,0	773	93,0	5,90	26,0	51,0	72,0	10,5
PCB#52	180	181	253	360	178	760	68,7	2.290	198	4,13	74,3	53,0	80,0	4,13
PCB#77*	5,43	13,3	8,77	23,7	1,80	16,7	1,37	54,7	3,42	0,41	4,23	10,9	7,70	0,83
PCB #81*	5,80	6,70	11,3	11,7	6,70	15,0	2,70	47,9	3,60	0,10	3,70	0,60	3,10	0,20
PCB#101	260	694	1.433	1.267	1.017	1.633	360	5.933	430	17,4	287	153	427	22,3
PCB#105*	460	317	393	327	243	427	137	2.123	170	2,07	136	19,0	64,3	10,5
PCB#114*	31,0	24,2	25,0	28,3	24,5	29,7	9,80	138,0	8,70	0,50	15,2	2,10	5,70	1,00
PCB#118*	1.500	1.016	1.247	1.020	993	1.233	453	6.000	497	18,6	613	58,0	207	38,3
PCB#123*	327	228	307	257	185	233	97,3	987	74,7	3,70	89,7	18,3	71,3	2,40
PCB#126*	9,80	10,2	10,6	7,43	2,87	6,90	2,79	33,0	1,63	0,13	5,27	0,42	2,13	0,29
PCB#138	6.633	4.315	5.533	3.533	3.253	3.033	2.060	37.800	1.800	98,0	2.967	217	1.130	94,0
PCB#153	9.267	4.493	7.300	5.200	4.667	3.567	2.967	19.400	1.783	466	3.967	433	2.133	167
PCB#156*	403	255	307	183	150	130	110	1.280	51,3	7,10	160	13,7	40,3	9,30
PCB#157*	82,3	53,8	66,3	48,7	38,3	38,0	24,0	2,90	20,8	1,20	34,7	3,10	7,00	2,10
PCB#167*	240	176	207	143	124	91,0	70,3	813	39,0	13,7	105	9,00	37,7	5,30
PCB#169*	1,47	1,61	1,30	0,67	1,15	1,05	0,53	3,03	0,79	0,21	0,55	0,11	0,26	0,11
PCB#180	5.933	3.540	4.600	2.733	2.873	1.077	1.697	13.600	687	316	1.857	227	187	110
PCB#189*	83,0	64,4	59,7	34,0	19,0	13,7	21,3	230	7,50	6,90	27,7	2,50	3,40	0,70
SUM PCB (ng/kg peso en fresco)	25.488	15.446	21.824	15.358	13.822	12.722	8.106	91.797	5.868	961	10.372	1.272	4.779	479
ng OMS-TEQ*/kg de peso en fresco	1,49	1,37	1,48	1,05	0,55	0,99	0,43	5,14	0,29	0,023	0,73	0,06	0,28	0,12

*PCB-DL.

En ng/kg de peso en fresco.

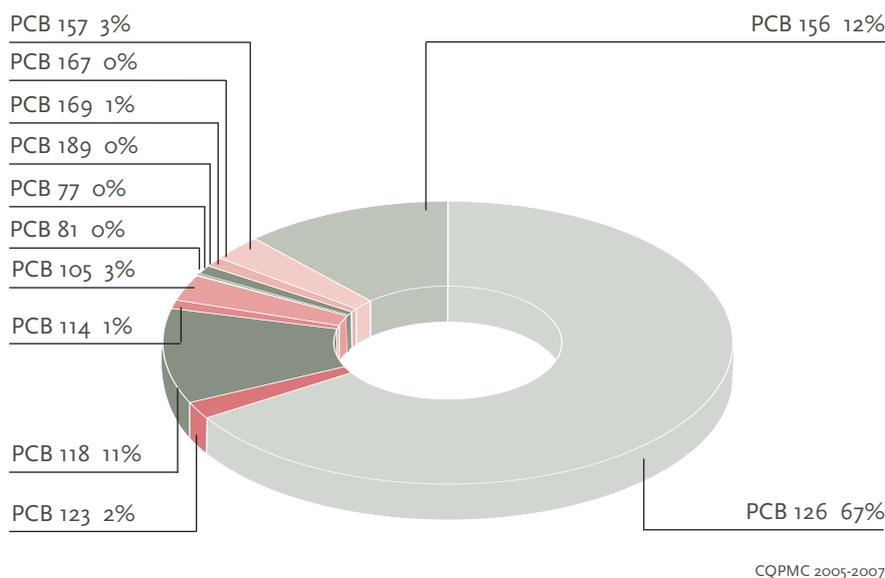
CQPMC 2005-2007

Los pescados con una concentración más elevada de bifenilos policlorados son el salmonete (91.797 ng/kg), la sardina (25.488 ng/kg) y el boquerón (21.824 ng/kg). La gamba y la sepia son las especies que presentan una menor concentración de estos contaminantes, 479 y 961 ng/kg, respectivamente.

El PCB#126, si bien es uno de los que se encuentra en concentraciones más bajas en los diferentes tipos de pescado, es el que tiene asignado un factor de equivalencia tóxica más alto (TEF), por eso es por lo que en la evaluación del riesgo de los bifenilos policlorados con efecto dioxina este congénere es el que pesa más y aporta la mayor parte de los TEQ totales.

En la figura 16 se presentan los porcentajes de contribución de los bifenilos policlorados con efecto dioxina para el cálculo del valor de TEQ total (calculado sobre los valores medios).

Figura 16. Concentración de bifenilos policlorados en pescado y marisco.
Distribución porcentual de los bifenilos policlorados con efecto dioxina en el cálculo del valor de equivalencia tóxica (calculado sobre los valores medios)



8.2.2 Ingesta diaria estimada

Para calcular cuál es la ingesta diaria de bifenilos policlorados a través del consumo de pescado y marisco sólo se han tenido en cuenta aquellos congéneres analizados que tienen efecto dioxina. La tabla 29 presenta la ingesta diaria estimada para un hombre adulto de 70 kg de peso corporal. La ingesta estimada de bifenilos policlorados con efecto dioxina a través de pescado y marisco es de 49,37 pg OMS-TEQ/día. La contribución más importante a esta ingesta se debe al atún (13,9 pg OMS-TEQ/día), seguida de la merluza (6,8 pg OMS-TEQ/día) y la sardina (5,6 pg OMS-TEQ/día).

Tabla 29. Ingesta diaria estimada de bifenilos policlorados con efecto dioxina (PCB-DL) en un hombre adulto por consumo de pescado y marisco

	Consumo de pescado (g/día)	Ingesta diaria (PCB-DL) (pg OMS-TEQ/día)
Sardina	3,78	5,64
Atún	10,10	13,89
Boquerón	2,05	3,03
Caballa	1,13	1,18
Emperador	0,06	0,03
Salmón	1,80	1,79
Merluza	15,80	6,75
Salmonete	0,33	1,70
Lenguado	5,48	1,58
Sepia	4,46	0,10
Calamar	3,17	2,30
Almeja	0,27	0,02
Mejillón	0,97	0,27
Gamba	3,53	0,42
Total especies del estudio	52,94	38,71
Total considerado	67,53	49,37

CQPMC 2005-2007

La figura 17 muestra el porcentaje de contribución de los congéneres de bifenilos policlorados con efecto dioxina a la ingesta diaria de bifenilos policlorados. Se observa que la aportación más importante se debe al PCB#126, con un 69%. Este hecho se explica por el elevado TEF que tiene asignado el PCB#126, como ya se ha comentado en el apartado 8.2.1.1.

La figura 18 muestra el porcentaje de contribución de los diferentes tipos de pescado a la ingesta diaria de bifenilos policlorados con efecto dioxina por el consumo de pescado y marisco. El pescado azul contribuye en un 66% y, dentro de este tipo de pescado, el que hace la mayor aportación es el atún. El pescado blanco aporta a la dieta un 26% de bifenilos policlorados con efecto dioxina. En este caso, aunque la concentración en la merluza es relativamente baja (0,43 ng OMS-TEQ/kg de peso en fresco), la contribución a la ingesta de esta especie es considerable debido a su elevado consumo diario (15,8 g/día). En cambio, el salmonete, que es el pescado con una concentración más alta de bifenilos policlorados con efecto dioxina (5,14 ng OMS-TEQ/kg de peso en fresco), no supone un porcentaje importante en la ingesta diaria de estos compuestos puesto que se consume menos.

Figura 17. Contribución de los congéneres de bifenilos policlorados con efecto dioxina a la ingesta derivada del consumo de pescado y marisco

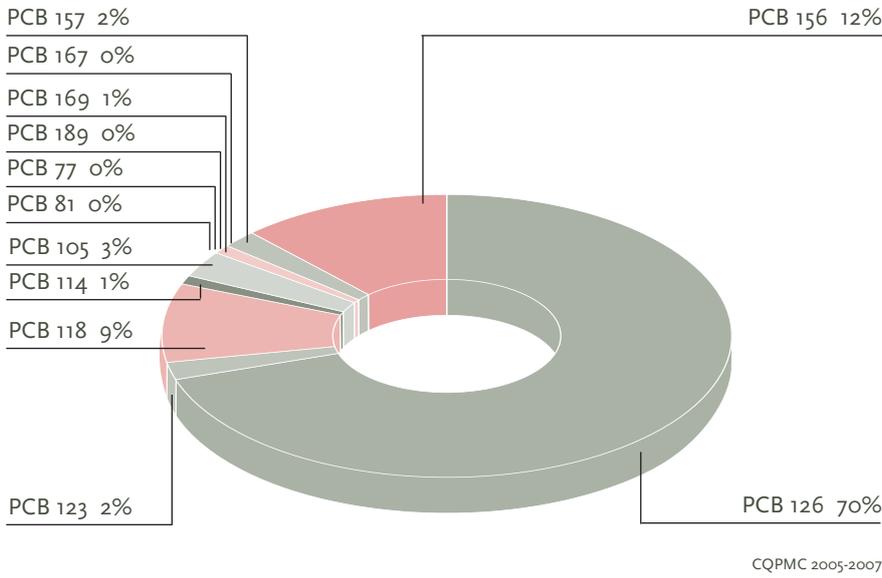
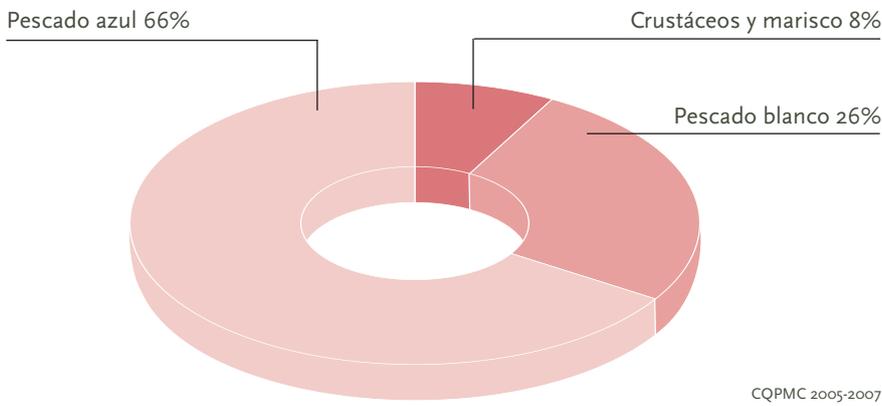


Figura 18. Contribución a la ingesta diaria de bifenilos policlorados con efecto dioxina según el tipo de pescado



8.2.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 30 muestra la ingesta diaria estimada de bifenilos policlorados con efecto dioxina para los diferentes grupos de población según la edad y el sexo.

Tabla 30. Ingesta diaria estimada de bifenilos policlorados con efecto dioxina (PCB-DL) por consumo de pescado y marisco en diferentes grupos de población

Ingesta diaria de PCB-DL	
Hombres	49,37
Mujeres	46,46
Niños	22,41
Niñas	18,88
Chicos adolescentes	32,54
Chicas adolescentes	36,62
Hombres mayores de 65 años	47,11
Mujeres mayores de 65 años	40,51

En pg OMS-TEQ/día.

CQPMC 2005-2007

8.2.4 Evaluación del riesgo

En la tabla 31 se presenta la ingesta diaria estimada de bifenilos policlorados con efecto dioxina por consumo de pescado y marisco en los diferentes grupos de población, expresada en función del peso corporal. Para un hombre adulto de 70 kg de peso la ingesta se estima en 0,71 pg OMS-TEQ/kg/día.

Para evaluar la ingesta de bifenilos policlorados con efecto dioxina aportados por el pescado en el contexto de la dieta, podemos hacer una estimación substituyendo el valor considerado para el pescado en el cálculo del año 2000 por el más preciso de este estudio. Así, para un hombre adulto, a una ingesta de 0,71 pg OMS-TEQ/kg/día derivado del consumo de pescado le correspondería una ingesta dietética total de 1,67 pg OMS-TEQ/kg/día, que se encontraría dentro y en la parte baja del rango diario tolerable establecido por la OMS, que es de 1-4 pg OMS-TEQ/kg/día.

Tabla 31. Ingesta de bifenilos policlorados con efecto dioxina (PCB-DL) por consumo de pescado y marisco, relativa al peso corporal

Ingesta diaria de PCB-DL	
Hombres	0,71
Mujeres	0,84
Niños	0,93
Niñas	0,79
Chicos adolescentes	0,61
Chicas adolescentes	0,65
Hombres mayores de 65 años	0,72
Mujeres mayores de 65 años	0,68

En pg OMS-TEQ/kg/día.

CQPMC 2005-2007

8.2.5 Evolución 2000-2005

8.2.5.1 Concentración

Para comparar el estudio de 2000 con el actual se ha tenido en cuenta fundamentalmente la concentración de los congéneres analizados en los dos estudios, es decir, tanto los cinco que tienen comportamiento similar a las dioxinas como los demás. Entre paréntesis aparece el dato equivalente al cómputo de este estudio teniendo en cuenta todos los bifenilos policlorados analizados. La figura 19 muestra la comparación de las medias de concentración de bifenilos policlorados (en ng/kg de peso en fresco) en pescado entre los dos estudios. El valor obtenido en el estudio de 2005 es ligeramente superior que el de 2000: 15.594 (16.285) ng/kg frente a 11.864. Teniendo en cuenta los tres únicos tipos de pescado que analizados en ambos estudios (merluza, sardina y mejillón), al comparar la concentración media según los tipos de pescado se observa un ligero descenso en la concentración del año 2000 al 2005.

Podemos comparar de manera individual las muestras de merluza, sardina y mejillón. La figura 20 muestra la diferencia de concentración de bifenilos policlorados en las muestras de merluza, sardina y mejillón entre los años 2000 y 2005.

En las muestras de sardina se observa una cierta disminución de la concentración entre los dos análisis, mientras que en el caso de la merluza la tendencia es la contraria. La concentración de bifenilos policlorados en el mejillón se mantiene prácticamente invariable entre los dos estudios.

8.2.5.2 Ingesta

La ingesta de bifenilos policlorados con efecto dioxina por consumo de pescado fue de 82,9 pg OMS-TEQ/día en el año 2000 y de 40,80 (49,37) pg OMS-TEQ/día en 2005. Se observa que entre los dos estudios la ingesta de estos contaminantes a través del pescado se ha reducido considerablemente.

Figura 19. Comparación de las concentraciones de bifenilos policlorados en pescado en los años 2000 y 2005

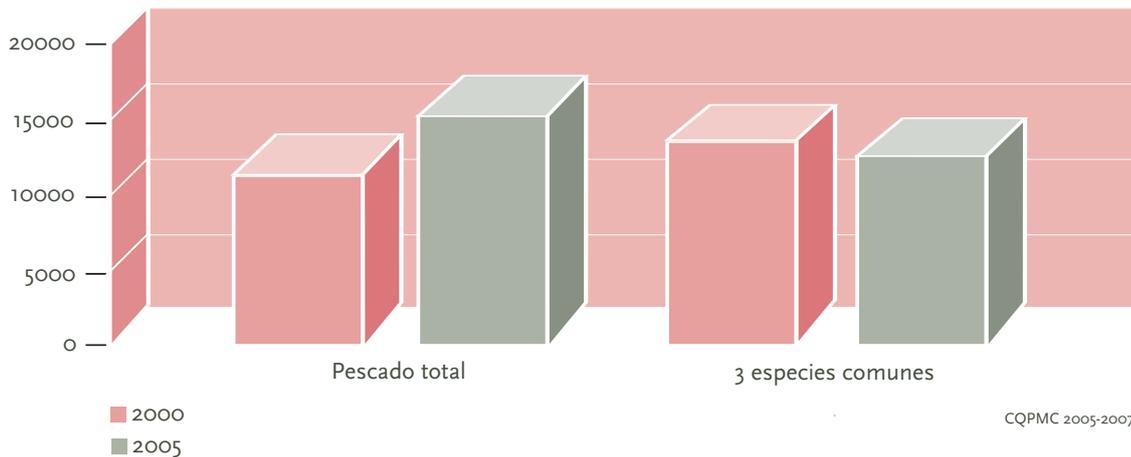
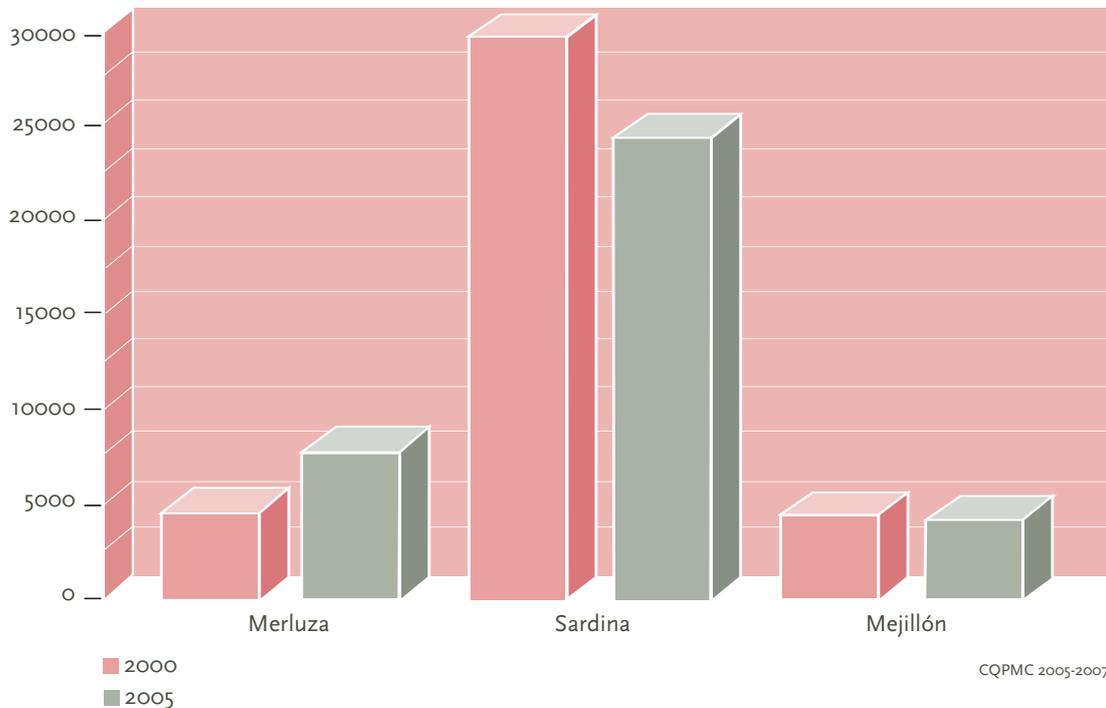


Figura 20. Comparación de las concentraciones de bifenilos policlorados en tres especies de pescado en los años 2000 y 2005



8.3 Dioxinas y furanos, y bifenilos policlorados con efecto dioxina. Evaluación global

Desde el punto de vista de la evaluación de riesgos se debe valorar conjuntamente la exposición a dioxinas y furanos, y bifenilos policlorados con efecto dioxina, ya que tanto la OMS como la UE establecen los niveles de seguridad para los dos tipos de contaminantes de manera conjunta.

Muy probablemente, en un futuro no muy lejano, a medida que vaya aumentando el caudal de conocimientos toxicológicos tendremos que incorporar el número de sumandos a esta lista, es decir, todos aquellos contaminantes que —principalmente por razones de su mecanismo de acción— la comunidad científica considere similares a las dioxinas y por tanto requieran un tratamiento común a efectos de evaluar su riesgo. Un ejemplo claro son otros grupos de contaminantes evaluados en este estudio como los nftalenos policlorados y los éteres polibromados.

8.3.1 Concentraciones conjuntas

En la tabla 32 pueden verse las concentraciones equivalentes (OMS-TEQ) de dioxinas y furanos, y bifenilos policlorados con efecto dioxina y las dos en conjunto para las muestras de pescado y marisco analizadas.

Recientemente, en el Reglamento 199/2006, de 3 de febrero, la Unión Europea fija un valor máximo en el mejillón y los productos de la pesca, para el consumo humano, de 4 y 8 ng OMS-TEQ/kg de peso en fresco, para dioxinas y furanos y para dioxinas y furanos más compuestos con efecto dioxina, respectivamente. Todas las muestras analizadas se hallan por debajo de estos valores, tanto para dioxinas como para el conjunto de éstas con los bifenilos policlorados con efecto dioxina. El salmonete presenta la concentración conjunta más elevada (5,64 ng OMS-TEQ/kg de peso en fresco), si bien todavía se encuentra por debajo de los valores establecidos.

Tabla 32. Concentraciones de dioxinas y furanos (PCDD/F) y bifenilos policlorados con efecto dioxina (PCB-DL) en las muestras de pescado y marisco

	PCDD/F	PCB-DL	PCDD/F + PCB-DL
Sardina	0,22	1,49	1,71
Atún	0,19	1,37	1,56
Boquerón	0,19	1,48	1,67
Caballa	0,23	1,05	1,28
Emperador	0,06	0,55	0,61
Salmón	0,24	0,99	1,23
Merluza	0,04	0,43	0,47
Salmonete	0,50	5,14	5,64
Lenguado	0,13	0,29	0,42
Sepia	0,03	0,02	0,05
Calamar	0,10	0,73	0,83
Almeja	0,04	0,06	0,10
Mejillón	0,14	0,28	0,42
Gamba	0,06	0,12	0,18
Media	0,15	1,00	1,15

En ng OMS-TEQ/kg de peso en fresco.

CQPMC 2005-2007

8.3.2 Ingesta diaria conjunta estimada

En la tabla 33 se presentan las ingestas diarias estimadas de dioxinas y furanos y bifenilos policlorados con efecto dioxina, y el sumatorio de ambos conceptos.

Tabla 33. Ingesta de dioxinas y furanos (PCDD/F) y bifenilos policlorados con efecto dioxina (PCB-DL) por consumo de pescado y marisco en un hombre adulto

	PCDD/F	PCB-DL	PCDD/F + PCB-DL
Sardina	0,83	5,64	6,47
Atún	1,90	13,89	15,79
Boquerón	0,39	3,03	3,42
Caballa	0,26	1,18	1,44
Emperador	0,004	0,03	0,03
Salmón	0,43	1,79	2,22
Merluza	0,58	6,75	7,33
Salmonete	0,16	1,70	1,86
Lenguado	0,69	1,58	2,27
Sepia	0,13	0,10	0,23
Calamar	0,30	2,30	2,60
Almeja	0,01	0,02	0,03
Mejillón	0,13	0,27	0,40
Gamba	0,20	0,42	0,62
Total especies del estudio	6,02	38,71	44,73
Total considerado	7,68	49,37	57,05

En pg OMS-TEQ/día.

CQPMC 2005-2007

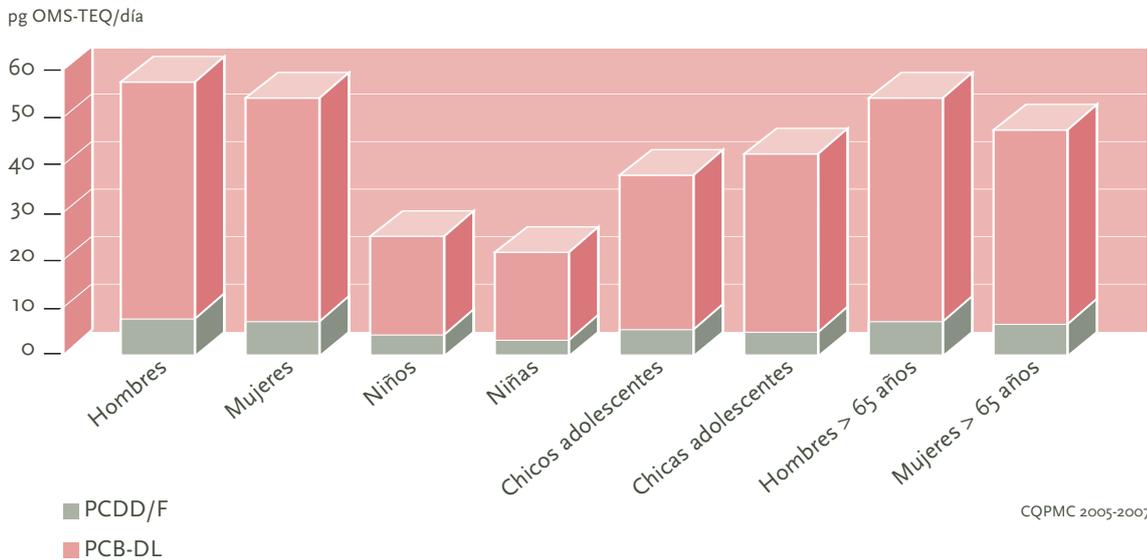
La ingesta diaria estimada en un hombre adulto es de 57,05 pg OMS-TEQ. La contribución de los bifenilos policlorados con efecto dioxina a esta ingesta es del 87%.

Por tipos de pescado, la aportación más considerable, y con diferencia, corresponde al pescado azul, con 29,37 pg OMS-TEQ, seguido del pescado blanco, con 11,46 pg OMS-TEQ. La menor contribución es la de los crustáceos y el marisco, con 3,88 pg OMS-TEQ.

8.3.3 Ingesta conjunta estimada por grupos de población

En la figura 21 se presentan los niveles estimados de ingesta del sumatorio de dioxinas y furanos y bifenilos policlorados con efecto dioxina en los diferentes grupos de población, así como la participación de cada contaminante en la ingesta diaria según tipos de pescado. Puede observarse claramente la gran proporción que representan los bifenilos policlorados con efecto dioxina en la ingesta total.

Figura 21. Proporción de dioxinas y furanos y bifenilos policlorados con efecto dioxina derivados del consumo de pescado y marisco en la ingesta diaria



8.3.4. Evaluación conjunta del riesgo

En la tabla 34 puede observarse la ingesta conjunta de los dos tipos de contaminantes por consumo de pescado y marisco, para los grupos de población considerados y en relación con el peso de la persona.

En el caso de los niños y de las niñas, la ingesta se estima en 1,07 y 0,90 pg OMS-TEQ/kg/día respectivamente. El consumo de pescado en niños y niñas es más bajo que en el grupo de los adultos, y se podría esperar una menor ingesta de contaminantes en los grupos de los niños y de las niñas. A pesar de ello, teniendo en cuenta el peso corporal, se observa un valor superior en la ingesta de este grupo de contaminantes por parte de los niños.

Por otro lado, resulta evidente la substancial aportación de los bifenilos policlorados con efecto dioxina. Para un hombre adulto, la ingesta diaria pasa de 0,11 pg OMS-TEQ/kg/día a 0,82 (tabla 34).

Para evaluar la ingesta conjunta de dioxinas y furanos y bifenilos policlorados con efecto dioxina aportados por el pescado en el contexto de la dieta, podemos hacer una estimación substituyendo el valor considerado para el pescado en el cálculo del año 2000 por el más preciso encontrado en este estudio. Así, para el hombre adulto, a una ingesta de 0,82 pg OMS-TEQ/kg/día derivada del consumo de pescado le correspondería una ingesta dietética total de 2,73 pg OMS-TEQ/kg/día, que está dentro del rango diario tolerable establecido por la OMS de 1 a 4 pg OMS-TEQ/kg/día.

Tabla 34. Ingesta diaria estimada de dioxinas y furanos (PCDD/F) y bifenilos policlorados con efecto dioxina (PCB-DL) por consumo de pescado y marisco en diferentes grupos de población

	PCDD/F	PCB-DL	PCDD/F + PCB-DL
Hombres	0,11	0,71	0,82
Mujeres	0,14	0,84	0,98
Niños	0,14	0,93	1,07
Niñas	0,11	0,79	0,90
Chicos adolescentes	0,11	0,61	0,72
Chicas adolescentes	0,10	0,65	0,75
Hombres mayores de 65 años	0,11	0,72	0,83
Mujeres mayores de 65 años	0,11	0,68	0,79

En pg OMS-TEQ/kg/día.

CQPMC 2005-2007

8.3.5 Evolución 2000-2005

8.3.5.1 Concentración

Al igual que en el capítulo de bifenilos policlorados, con el objetivo de comparar el estudio realizado en el año 2000 con el actual se ha tenido en cuenta fundamentalmente la concentración de los congéneres de bifenilos policlorados analizados en los dos estudios, es decir, tanto los cinco que tienen comportamiento similar a las dioxinas, como los demás. Entre paréntesis aparece el dato equivalente al cómputo de este estudio teniendo en cuenta todos los bifenilos policlorados analizados.

La concentración media de dioxinas y furanos más bifenilos policlorados con efecto dioxina en las muestras analizadas en 2005 fue de 0,97 (1,15) ng OMS-TEQ/kg de peso en fresco, mientras que en el año 2000 fue de 1,23 ng OMS-TEQ/kg de peso en fresco.

Las concentraciones conjuntas halladas (expresadas en ng OMS-TEQ/kg de peso en fresco) en las muestras coincidentes en los dos estudios presentan diferencias considerables. En lo relativo a la merluza, la concentración en 2005 fue de 0,38 equivalente a la hallada en el año 2000 de 0,37. La sardina presentó una concentración de 1,41 en 2005, bastante menor que los 3,11 encontrados en el año 2000. En el mejillón la concentración fue de 0,38 en 2005, mientras que en el año 2000 fue de 0,65.

8.3.5.2 Ingesta

La ingesta conjunta estimada en 2005 fue de 48,48 (57,05) pg OMS-TEQ/día, mientras que la estimada en el estudio de 2000 fue de 111,61 pg OMS-TEQ/día. Se constata, pues, una disminución importante.

9

Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)

9.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco

Se han analizado los dieciséis hidrocarburos aromáticos policíclicos que la Agencia Americana de Protección Medioambiental recomienda medir en alimentos (EPA, 1984), pues se considera que son los principales HAP ambientales. Habitualmente se utiliza como lista de referencia en los análisis de alimentos la siguiente:

Naftaleno	Acenaftileno	Acenafteno	Fluoreno
Fenantreno	Antraceno	Fluoranteno	Pireno
Benzo(a)antraceno	Criseno	Benzo(b)fluoranteno	Benzo(k)fluoranteno
Benzo(a)pireno	Dibenzo(a,h)antraceno	Benzo(g,h,i)perileno	Indeno(1,2,3-c,d)pireno

En la tabla 9.1 se presentan las concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos detectadas en las diferentes especies estudiadas. Los niveles más elevados se han detectado en el mejillón, la almeja y la gamba, mientras que los más bajos se encuentran en el pescado blanco (lenguado, merluza y salmónete) así como en la sepia y el calamar. El pescado azul presenta valores intermedios entre el marisco y el pescado blanco.

Tabla 35. Concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en pescado y marisco

HAP	Sardina	Atún	Boquerón	Caballa	Emperador	Salmón	Merluza	Salmonete
Naftaleno	2,28	2,05	1,61	1,59	0,96	1,81	0,87	1,00
Acenaftileno	0,11	0,15	0,07	0,43	0,21	0,29	0,07	0,08
Acenafteno	0,38	0,25	0,72	1,05	0,52	1,39	0,49	0,20
Fluoreno	0,41	0,18	0,79	0,89	0,19	0,72	0,17	0,29
Fenantreno	0,93	0,18	2,14	1,69	0,69	0,49	0,82	0,45
Antraceno	0,07	0,07	0,07	0,13	0,08	0,11	0,07	0,08
Fluoranteno	0,13	0,07	0,16	0,75	0,43	0,11	0,07	0,25
Pireno	0,24	0,36	0,35	0,62	0,65	0,19	0,07	0,15
Benzo(a)antraceno	0,07	0,07	0,07	0,17	0,15	0,11	0,07	0,08
Criseno	0,07	0,07	0,07	0,34	0,35	0,11	0,07	0,08
Benzo(b)fluoranteno	0,07	0,12	0,07	0,86	0,72	0,11	0,07	0,08
Benzo(k)fluoranteno	0,07	0,07	0,07	0,29	0,34	0,11	0,07	0,08
Benzo(a)pireno	0,07	0,07	0,07	0,12	0,13	0,11	0,07	0,08
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,07	0,07	0,22	0,15	0,19	0,11	0,07	0,08
Dibenzo(a,h)antraceno	0,11	0,07	0,07	0,13	0,13	0,11	0,07	0,08
Benzo(g,h,i)perileno	0,20	0,11	0,21	0,23	0,28	0,11	0,07	0,08
Total	5,29	4,00	6,80	9,43	6,03	5,95	3,18	3,13

En µg/kg de peso en fresco.

CQPMC 2005-2007

Tabla 35. Continuación

HAP	Lenguado	Sepia	Calamar	Almeja	Mejillón	Gamba	Media
Naftaleno	0,98	0,92	0,98	3,91	3,33	1,99	1,73
Acenaftileno	0,08	0,07	0,12	0,47	0,56	0,52	0,23
Acenafteno	0,20	0,18	0,35	0,31	0,60	0,66	0,52
Fluoreno	0,20	0,18	0,20	1,13	1,08	1,18	0,54
Fenantreno	0,20	0,43	0,49	5,06	3,16	2,44	1,37
Antraceno	0,08	0,07	0,08	0,32	0,87	0,49	0,18
Fluoranteno	0,08	0,29	0,08	4,90	3,46	2,20	0,93
Pireno	0,08	0,22	0,08	2,59	2,09	1,31	0,64
Benzo(a)antraceno	0,08	0,07	0,08	0,47	0,85	0,65	0,21
Criseno	0,08	0,11	0,08	0,87	1,88	0,95	0,37
Benzo(b)fluoranteno	0,08	0,07	0,08	0,68	1,94	1,24	0,44
Benzo(k)fluoranteno	0,08	0,07	0,08	0,15	0,69	0,59	0,20
Benzo(a)pireno	0,08	0,07	0,08	0,20	0,41	0,44	0,14
Indeno(1,2,3-cd)pireno	0,08	0,07	0,08	0,15	0,64	0,41	0,17
Dibenzo(a,h)antraceno	0,08	0,07	0,08	0,07	0,24	0,22	0,11
Benzo(g,h,i)perileno	0,08	0,07	0,08	0,16	0,64	0,57	0,21
Total	2,52	2,99	3,00	21,46	22,44	15,88	8,01

En µg/kg de peso en fresco.

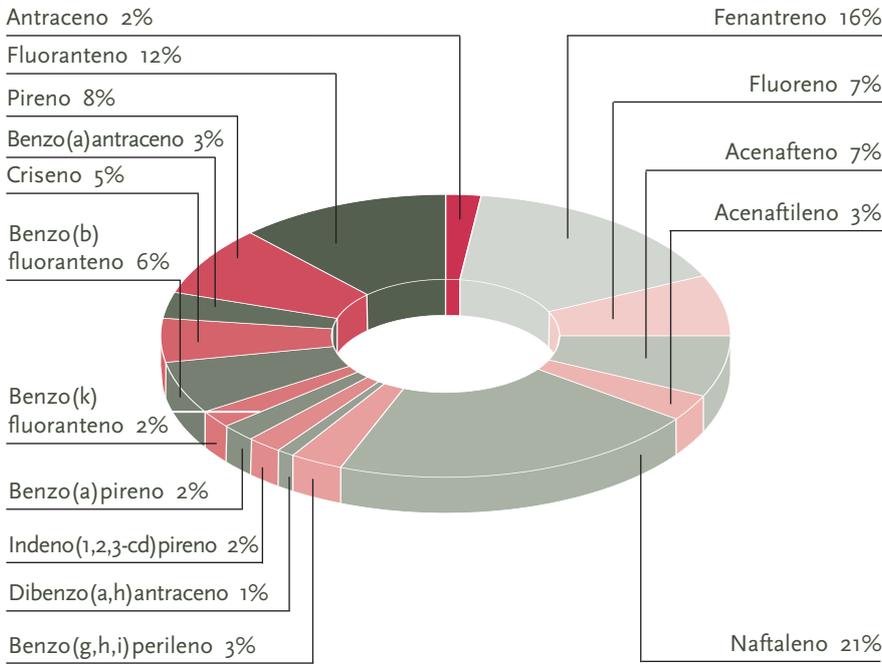
CQPMC 2005-2007

Los hidrocarburos mayoritarios son el naftaleno (21%) y el fenantreno (16%), mientras que el dibenzo(a,h)antraceno es el que presenta menores concentraciones en la mayoría de las especies estudiadas (figura 22).

El 21,8% de los hidrocarburos aromáticos policíclicos detectados en el conjunto de pescado y marisco estudiado corresponde a compuestos clasificados como probables carcinógenos. En la figura 23 se representan las concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos detectadas en las diferentes especies estudiadas, diferenciando la cantidad que corresponde a los hidrocarburos aromáticos policíclicos carcinógenos y no carcinógenos.

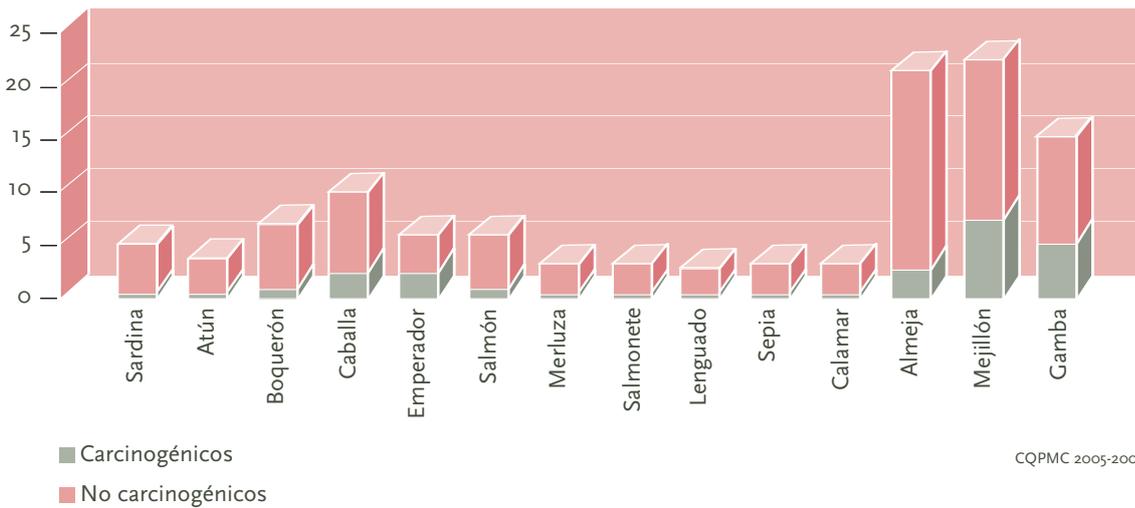
El mejillón es la especie que presenta una concentración superior de hidrocarburos aromáticos policíclicos carcinogénicos, con 7,1 µg/kg, seguido de la gamba, con 4,9 µg/kg. La almeja, la caballa y el emperador presentan concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos carcinogénicos en torno a los 2,2 µg/kg. En el resto de las concentraciones son mucho menores.

Figura 22. Distribución porcentual de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en pescado y marisco (calculada sobre los valores medios)



CQPMC 2005-2007

Figura 23. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (carcinogénicos y no carcinogénicos) en pescado y marisco (en $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso en fresco)



CQPMC 2005-2007

En cuanto a las concentraciones de benzo(a)pireno (B(a)p), la más elevada la hallamos en la gamba y el mejillón con 0,4 µg/kg. En la almeja la concentración es de 0,2 µg/kg, y en las demás especies estudiadas oscila entre 0,07 y 0,1 µg/kg.

9.2 Ingesta diaria estimada

La tabla 36 presenta la ingesta diaria estimada de hidrocarburos aromáticos policíclicos para un hombre adulto. La ingesta total estimada a través del consumo de pescado y marisco es de 0,342 µg/día. Para el benzo(a)pireno se estima una ingesta de 7,791 ng/día.

Tabla 36. Ingesta estimada de hidrocarburos aromáticos policíclicos en un hombre adulto por consumo de pescado y marisco

	Consumo de pescado (g/día)	Ingesta de HAP (µg/día)	Ingesta de B(a)p (ng/día)
Sardina	3,78	0,020	0,277
Atún	10,13	0,041	0,738
Boquerón	2,05	0,014	0,153
Caballa	1,13	0,011	0,152
Emperador	0,06	0,0007	0,008
Salmón	1,80	0,011	0,193
Merluza	15,78	0,050	1,094
Salmonete	0,33	0,001	0,026
Lenguado	5,48	0,014	0,431
Sepia	4,46	0,013	0,328
Calamar	3,17	0,010	0,249
Almeja	0,27	0,006	0,053
Mejillón	0,97	0,022	0,395
Gamba	3,53	0,056	1,558
Total especies del estudio	52,94	0,268	5,635
Total considerado	67,53	0,342	7,191

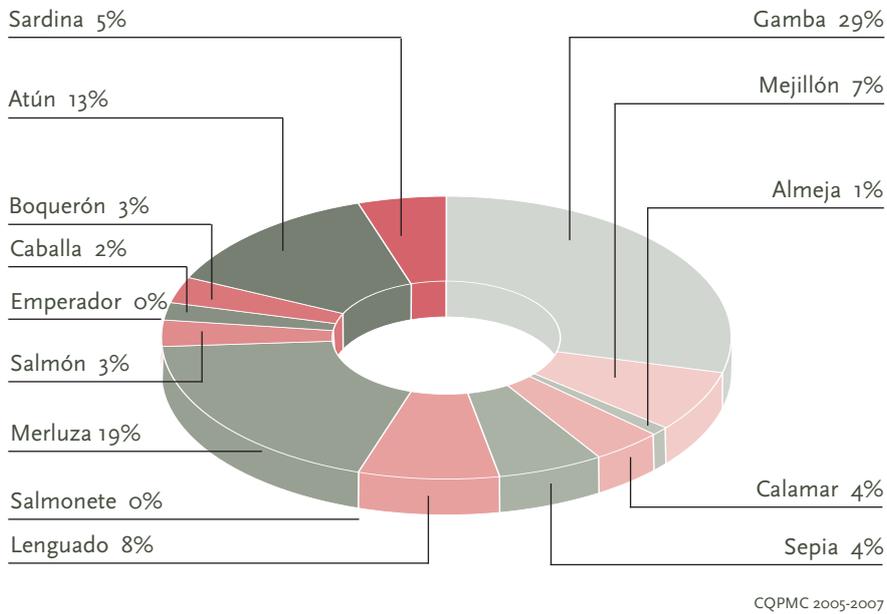
B(a)p: benzo(a)pireno

CQPMC 2005-2007

La contribución más importante a esta ingesta se debe a la gamba y la merluza, con 0,056 y 0,050 µg/día respectivamente.

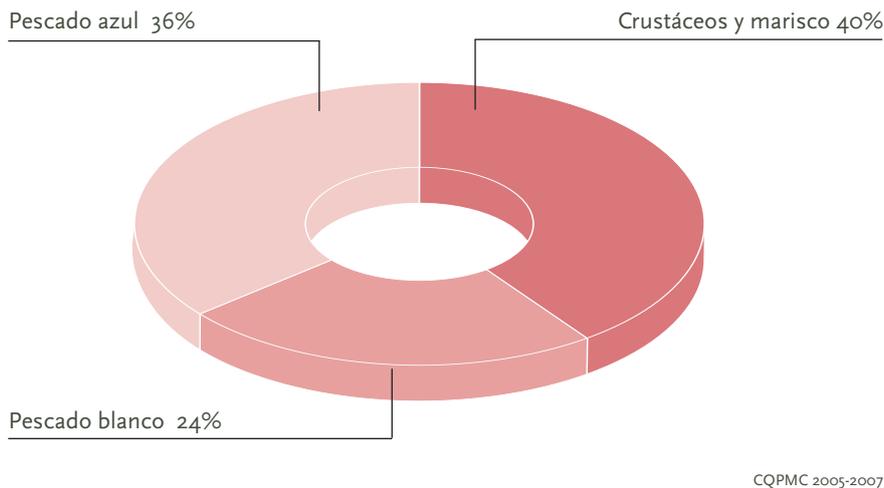
En la figura 24 se representan los porcentajes de contribución de las diferentes especies a la ingesta diaria estimada de benzo(a)pireno. La gamba contribuye con un 29% y la merluza con el 19%.

Figura 24. Contribución de las diferentes especies de pescado y marisco a la ingesta diaria de benzo(a)pireno



Por tipos de pescado, el grupo de crustáceos y marisco es el que más contribuye a la ingesta diaria estimada, que representa el 40%. El pescado azul aporta el 36% y el blanco el 24% restante (figura 25).

Figura 25. Contribución a la ingesta diaria de hidrocarburos aromáticos policíclicos según el tipo de pescado



9.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 37 muestra la ingesta estimada de hidrocarburos aromáticos policíclicos para los diferentes grupos de población, según la edad y el sexo.

La ingesta estimada más elevada corresponde a las mujeres; los grupos de los niños y de las niñas son los que realizan una ingesta menor.

Tabla 37. Ingesta diaria estimada de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) por consumo de pescado y marisco, por los diferentes grupos de población

	Ingesta de HAP (µg/día)	Ingesta de B(a)p (ng/día)
Hombres	0,342	7,188
Mujeres	0,371	7,669
Niños	0,126	2,711
Niñas	0,140	2,930
Chicos adolescentes	0,251	5,382
Chicas adolescentes	0,210	4,652
Hombres mayores de 65 años	0,373	7,661
Mujeres mayores de 65 años	0,283	5,524

B(a)p: benzo(a)pireno

CQPMC 2005-2007

9.4 Evaluación del riesgo

Para los compuestos que tienen dosis de referencia establecida se lleva a cabo una evaluación individual, y se observa una ingesta diaria muy por debajo de estos valores para todos los grupos de población (tabla 38).

Tabla 38. Hidrocarburos aromáticos policíclicos con dosis de referencia establecida. Ingesta por consumo de pescado, relativa al peso

	Antraceno	Acenafteno	Fluoranteno	Fluoreno	Pireno
Hombres	1,1 E-07	4,2 E-07	3,3 E-07	3,3 E-07	3,0 E-07
Mujeres	1,7 E-07	5,6 E-07	5,4 E-07	4,6 E-07	4,4 E-07
Niños	1,2 E-07	6,1 E-07	1,8 E-07	3,1 E-07	2,4 E-07
Niñas	1,4 E-07	5,5 E-07	3,6 E-07	3,4 E-07	3,2 E-07
Chicos adolescentes	1,2 E-07	4,1 E-07	3,5 E-07	3,4 E-07	3,1 E-07
Chicas adolescentes	8,6 E-08	3,3 E-07	2,1 E-07	2,5 E-07	2,2 E-07
Hombres mayores de 65 años	1,0 E-07	5,3 E-07	4,0 E-07	3,9 E-07	3,3 E-07
Mujeres mayores de 65 años	7,2 E-08	4,5 E-07	3,0 E-07	3,4 E-07	2,6 E-07
Dosis de referencia	0,3	0,06	0,04	0,04	0,03

En mg/kg/día.

CQPMC 2005-2007

El riesgo carcinogénico asociado a la ingesta de hidrocarburos aromáticos policíclicos para el pescado se ha calculado sobre la base de los datos de carcinogenicidad en animales.

Como dicen Santodonato y colaboradores (1981), se acepta para los hidrocarburos aromáticos policíclicos y para otros carcinógenos que la ingestión diaria crónica no provoca una probabilidad de contraer cáncer superior a $1/10^6$ en 70 años de vida. Para el benzo(a)pireno este nivel de riesgo se corresponde con una ingesta de $0,05 \mu\text{g}/\text{día}$, según la EPA.

A pesar de que la OMS no ha establecido factores de equivalencia tóxica (TEF) para los HAP considerados probables carcinógenos, podemos hacer una estimación atendiendo a los TEF considerados por Santodonato y colaboradores. Tabla 39.

Tabla 39. Ingesta diaria de los siete hidrocarburos aromáticos policíclicos considerados probables carcinógenos humanos por la ingestión de pescado en un hombre adulto

HAP	Ingesta ($\mu\text{g}/\text{día}$)	TEF	Ingesta de B(a)p equivalente, ($\mu\text{g}/\text{día}$)	Contribución al total de B(a)p equivalente (%)
Benzo(a)antraceno	0,009	0,1	0,0009	5,2
Criseno	0,012	0,001	0,000012	0,1
Benzo(a)pireno	0,008	1	0,008	44,5
Benzo(b)fluoranteno	0,014	0,1	0,0014	8,2
Benzo(k)fluoranteno	0,009	0,01	0,0009	0,5
Dibenzo[a,h]antraceno	0,006	1	0,006	37,1
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	0,008	0,1	0,0008	4,5
Total	0,065		0,017	100

TEF: Factor de equivalencia tóxica.
B(a)p: benzo(a)pireno

CQPMC 2005-2007

Para evaluar la ingesta de benzo(a)pireno equivalente aportado por el pescado en el contexto de la dieta, podemos llevar a cabo una estimación substituyendo el valor considerado para el pescado en el cálculo del año 2000 (una vez hecho el cálculo correspondiente al benzo(a)pireno equivalente) por el más preciso encontrado en este estudio. Así, para un hombre adulto, a una ingesta de $0,017 \mu\text{g}/\text{día}$ por consumo de pescado le correspondería una ingesta dietética total de $0,23 \mu\text{g}/\text{día}$, mientras que en el año 2000 le correspondía $0,25 \mu\text{g}/\text{día}$.

9.5 Evolución 2000-2005

9.5.1 Concentración

La concentración media de hidrocarburos aromáticos policíclicos en el global del pescado y marisco estudiados en este estudio es de $8,01 \mu\text{g}/\text{kg}$ de peso en fresco, prácticamente el mismo que en el estudio del año 2000, en el que fue de $7,9 \mu\text{g}/\text{kg}$ de peso en fresco (figura 26).

Si comparamos las especies comunes a los dos estudios —merluza, sardina y mejillón (figura 27)— se observa un aumento significativo en la concentración del mejillón, que es de $22,4 \mu\text{g}/\text{kg}$ en el año 2005, mientras que en el año 2000 era de $7,1 \mu\text{g}/\text{kg}$. La sardina, en cambio, experimenta una disminución en la concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos: de $10,0 \mu\text{g}/\text{kg}$ en 2000 a $5,3 \mu\text{g}/\text{kg}$ en 2005. La merluza también presenta menor concentración que en el año 2000, aunque no tan diferenciada: $4,4 \mu\text{g}/\text{kg}$ en el año 2000 y $3,2 \mu\text{g}/\text{kg}$ en 2005.

Figura 26. Concentración media de hidrocarburos aromáticos policíclicos en pescado y marisco (en $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso en fresco). Comparación 2000-2005

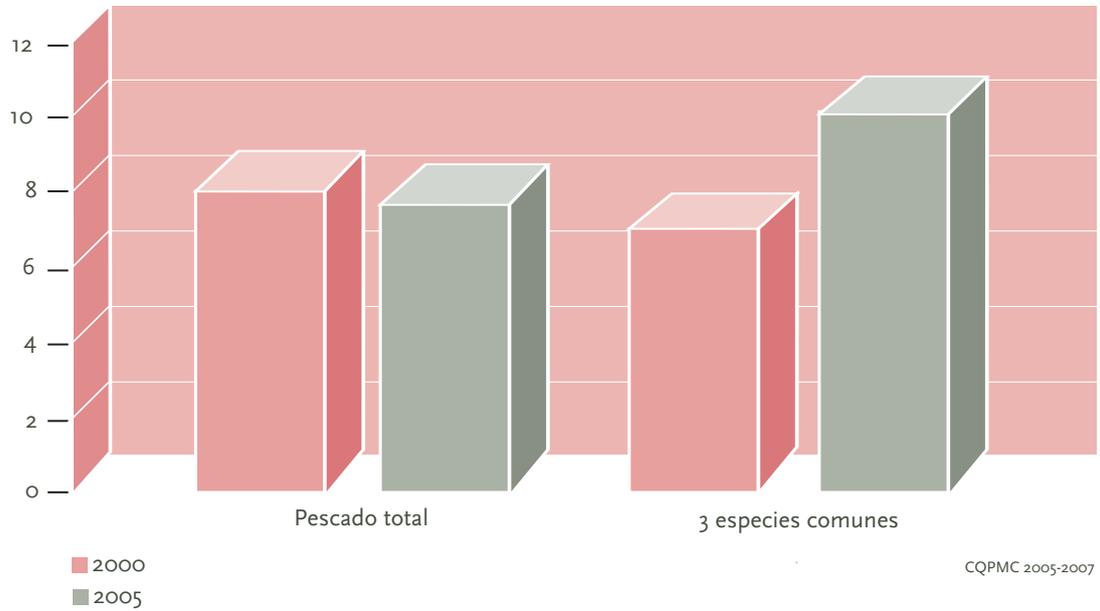
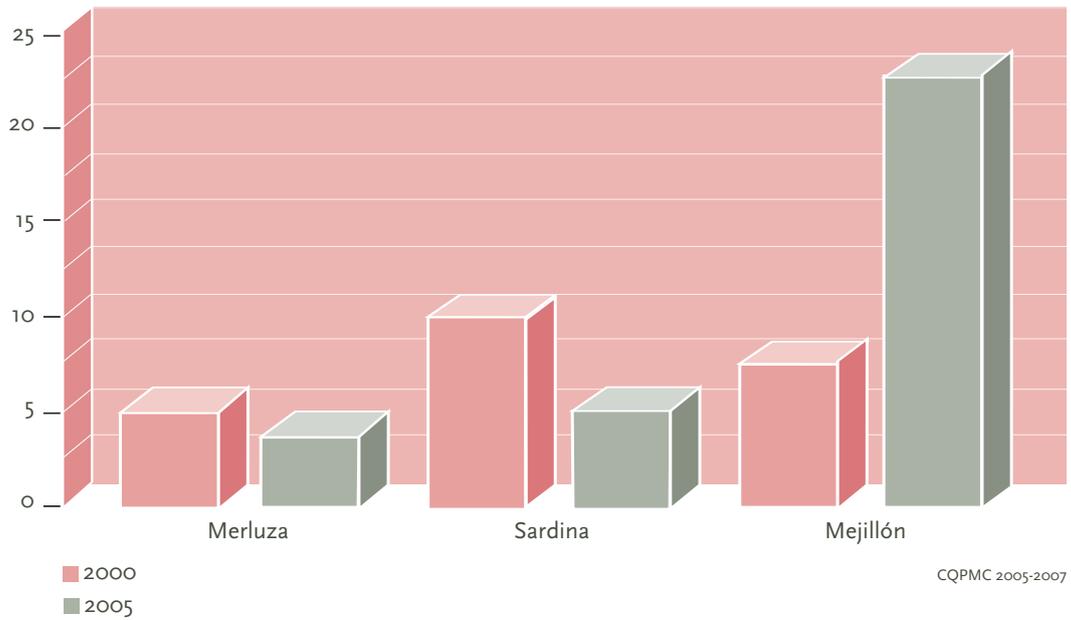


Figura 27. Concentración media de hidrocarburos aromáticos policíclicos en merluza, sardina y mejillón (en $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso en fresco). Comparación 2000-2005



9.5.2 Ingesta

La ingesta total de hidrocarburos aromáticos policíclicos por consumo de pescado estimada para un hombre adulto en Cataluña es de 0,342 $\mu\text{g}/\text{día}$, mientras que en el año 2000 fue de 0,73 $\mu\text{g}/\text{día}$. Podemos apreciar, pues, una disminución considerable en la ingesta por consumo de pescado.

10 Hexaclorobenceno (HCB)

10.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco

Las concentraciones detectadas en las diferentes especies analizadas se presentan en la tabla 40. Los niveles más elevados se han detectado en el salmón, con 1.680 ng/kg de peso en fresco y en la caballa, con 804 ng/kg de peso en fresco. El salmonete y el lenguado presentan concentraciones parecidas: 593 ng/kg y 549 ng/kg respectivamente.

Las menores concentraciones las encontramos en la sepia (16,8 ng/kg) y en el mejillón (25,9 ng/kg).

Tabla 40. Concentración de hexaclorobenceno (HCB) en pescado y marisco

Concentración de HCB	
Sardina	182,7
Atún	111,4
Boquerón	178,7
Caballa	804,3
Emperador	171,0
Salmón	1.680,0
Merluza	109,8
Salmonete	593,3
Lenguado	549,6
Sepia	16,8
Calamar	59,4
Almeja	95,6
Mejillón	25,9
Gamba	40,9
Media	330,0

En ng/kg de peso en fresco.

CQPMC 2005-2007

10.2 Ingesta diaria estimada

La tabla 41 presenta la ingesta diaria estimada de hexaclorobenceno por consumo de pescado y marisco para un hombre adulto, que es de 14,64 ng/día.

El salmón y el lenguado son las especies que más contribuyen a la ingesta de hexaclorobenceno, con 3 ng/día. El emperador es la especie en la que la contribución a la ingesta es menor.

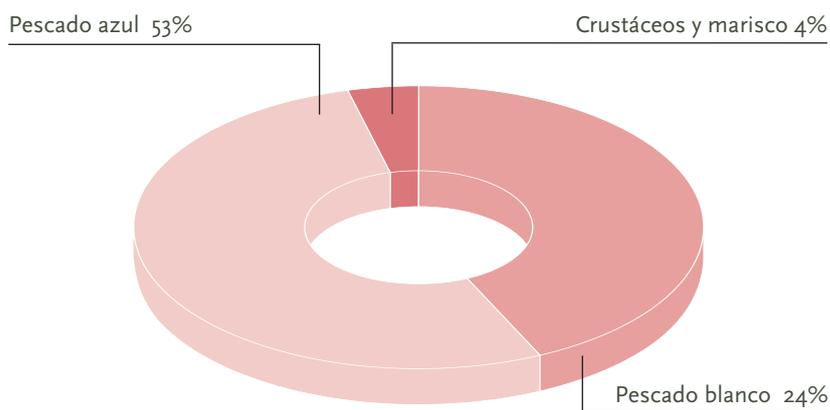
Tabla 41. Ingesta estimada de hexaclorobenceno (HCB) en un hombre adulto por consumo de pescado y marisco

	Consumo de pescado (g/día)	Ingesta de HCB (ng/día)
Sardina	3,78	0,69
Atún	10,13	1,13
Boquerón	2,05	0,37
Caballa	1,13	0,91
Emperador	0,06	0,01
Salmón	1,80	3,02
Merluza	15,78	1,73
Salmonete	0,33	0,20
Lenguado	5,48	3,01
Sepia	4,46	0,07
Calamar	3,17	0,19
Almeja	0,27	0,03
Mejillón	0,97	0,03
Gamba	3,53	0,14
Total especies del estudio	52,94	11,52
Total considerado	67,53	14,64

CQPMC 2005-2007

Analizados los resultados por tipos de pescado, el pescado azul contribuye en un 53% y el pescado blanco en un 43%. Los crustáceos y el marisco sólo representan el 4% de la ingesta de hexaclorobenceno (figura 28).

Figura 28. Contribución a la ingesta diaria de hexaclorobenceno según los diferentes tipos de pescado



CQPMC 2005-2007

10.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 42 muestra la ingesta estimada de hexaclorobenceno para los diferentes grupos de población, según la edad y el sexo.

El grupo de población con una ingesta estimada superior de hexaclorobenceno derivada del consumo de pescado y marisco es el de las mujeres, con 17,09 ng/día, mientras que la menor ingesta corresponde al de las niñas, con 4,52 ng/día.

Tabla 42. Ingesta diaria estimada de hexaclorobenceno (HCB) en diferentes grupos de población por consumo de pescado y marisco

Ingesta de HCB	
Hombres	14,70
Mujeres	17,09
Niños	7,97
Niñas	4,52
Chicos adolescentes	14,16
Chicas adolescentes	8,66
Hombres mayores de 65 años	14,66
Mujeres mayores de 65 años	15,06

En ng/día.

CQPMC 2005-2007

10.4 Evaluación del riesgo

En la tabla 43 se muestra la ingesta diaria estimada por consumo de pescado y marisco de hexaclorobenceno en los diferentes grupos de población, expresada en función del peso corporal.

Tabla 43. Ingesta de hexaclorobenceno (HCB) por consumo de pescado y marisco relativa al peso corporal

Ingesta de HCB	
Hombres	0,21
Mujeres	0,31
Niños	0,33
Niñas	0,19
Chicos adolescentes	0,27
Chicas adolescentes	0,15
Hombres mayores de 65 años	0,23
Mujeres mayores de 65 años	0,25

En ng/kg/día.

CQPMC 2005-2007

Para evaluar la ingesta de hexaclorobenceno aportada por el pescado en el contexto de la dieta, podemos llevar a cabo una estimación substituyendo el valor considerado para el pescado en el cálculo del año 2000 por el más preciso encontrado en este estudio. Así, para un hombre adulto, a una ingesta de 0,0002 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$ derivada del consumo de pescado le correspondería una ingesta dietética total de 0,002 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$, claramente por debajo tanto de la dosis oral de referencia establecida por la EPA (de 0,8 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$) como de la ingesta diaria admisible según el JEFCA (0,6 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$) o de la establecida por la OMS (0,17 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{día}$).

10.5 Evolución 2000-2005

10.5.1 Concentración

La concentración media de hexaclorobenceno en el global del pescado y marisco analizado en este estudio es de 330 ng/kg de peso en fresco, mientras que en el estudio del año 2000 fue de 256 ng/kg de peso en fresco (figura 29).

Si comparamos los alimentos comunes a ambos estudios (merluza, sardina y mejillón), vemos una disminución muy importante en la concentración de hexaclorobenceno en la sardina: en el estudio del año 2000 era de 780 ng/kg de peso en fresco mientras que en este estudio es de 182 ng/kg de peso en fresco. La merluza, en cambio presenta valores más altos en el año 2005: 110 ng/kg frente a los 38 ng/kg del año 2000. El mejillón no experimenta variaciones (figura 30).

Figura 29. Concentración media de hexaclorobenceno en pescado y marisco (en ng/kg de peso en fresco). Comparación 2000-2005

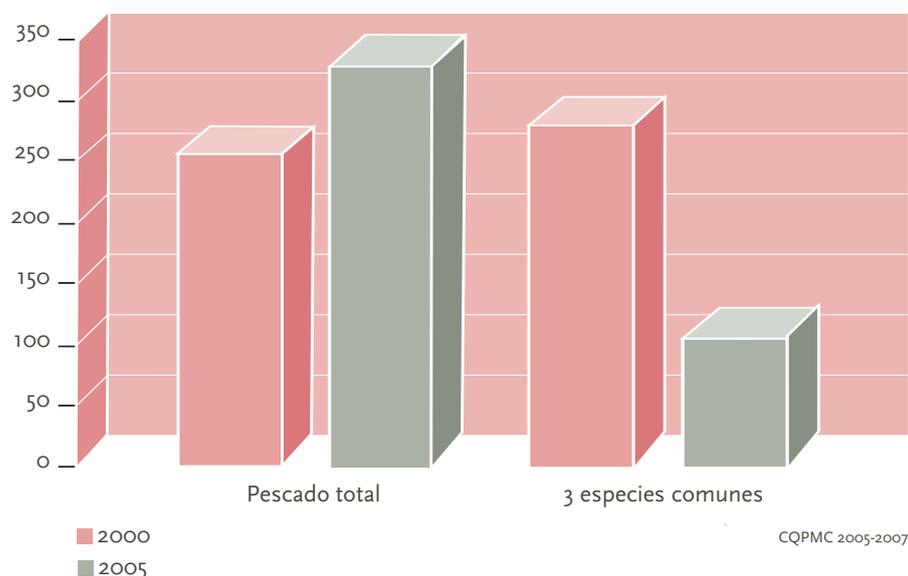
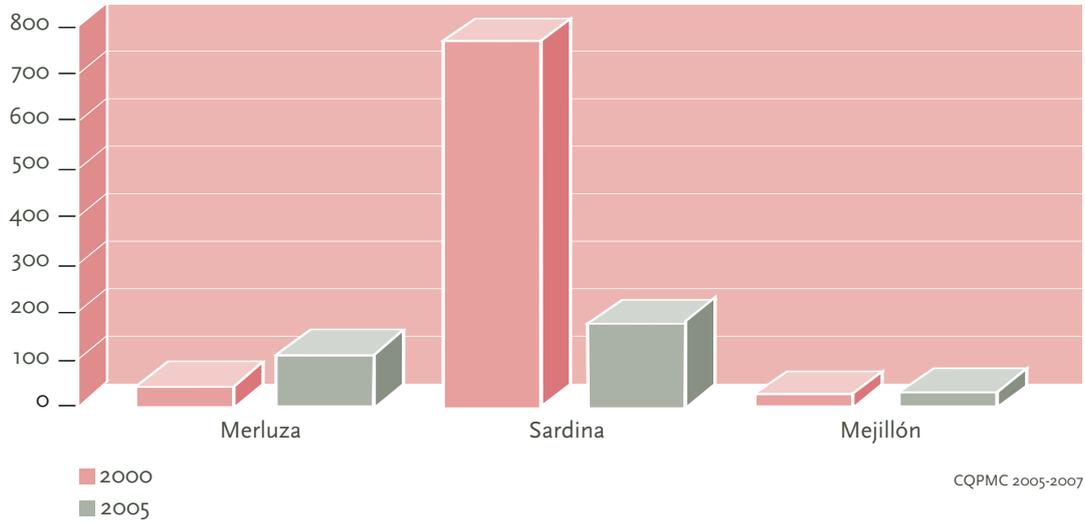


Figura 30. Concentración media de hexaclorobenceno en merluza, sardina y mejillón (en ng/kg de peso en fresco). Comparación 2000-2005



10.5.2 Ingesta

La ingesta total de hexaclorobenceno estimada en el año 2005 en el consumo de pescado para un hombre adulto en Cataluña es de 14,70 ng/día. Este valor es bastante más bajo que la ingesta estimada en el año 2000, en el que fue de 23,58 ng/día).

11

Éteres difenílicos polibromados (PBDE)

11.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco

Las concentraciones de éteres difenílicos polibromados detectadas en las muestras de pescado se presentan en la tabla 44. Algunos congéneres se hallaron por debajo del respectivo límite de detección en algunas muestras analizadas. Hay que decir que el número de muestras en las que ciertos congéneres no se detectaron es poco considerable.

Las concentraciones más elevadas se detectan en el salmón (2.015,2 ng/kg) y la caballa (1.123,7 ng/kg), mientras que la sepia (15,9 ng/kg) y la gamba (19,6 ng/kg) presentan las concentraciones más bajas. Los homólogos predominantes son los tetra-BDE y penta-BDE. Los hepta-BDE son los homólogos que presentan una concentración más baja, y se hallaron por debajo del límite de detección en un número más alto de muestras.

Tabla 44. Concentración de éteres difenílicos polibromados (PBDE) en pescado y marisco

	Tetra-BDE	Penta-BDE	Hexa-BDE	Hepta-BDE	Octa-BDE	Sum PBDE
Sardina	373,3	207,7	112,7	3,5	12,8	710,0
Atún	282,4	141,2	115,7	6,2	12,9	558,3
Boquerón	320,0	169,3	104,3	3,9	12,7	610,3
Caballa	531,3	336,7	226,7	17,1	12,0	1123,7
Emperador	373,7	263,5	327,5	7,0	6,0	977,7
Salmón	1300,0	464,7	232,3	10,6	7,6	2015,2
Merluza	129,0	47,5	36,2	4,3	4,1	221,1
Salmonete	319,0	228,7	210,3	7,7	3,5	769,2
Lenguado	126,4	51,0	54,1	4,5	5,4	241,5
Sepia	4,3	4,5	2,8	2,5	1,8	15,9
Calamar	85,2	79,3	27,3	6,4	5,7	204,0
Almeja	28,4	24,5	10,7	6,8	8,1	78,6
Mejillón	170,1	136,0	26,4	11,0	6,2	349,7
Gamba	8,1	3,6	3,0	3,0	2,0	19,6
Media						563,9

En ng/kg de peso en fresco.

CQPMC 2005-2007

11.2 Ingesta diaria estimada

La ingesta diaria de éteres difenílicos polibromados para un hombre adulto se presenta en la tabla 45. Esta ingesta se estima en 26,47 ng/día. El atún es el pescado que aporta la mayor parte de los éteres difenílicos polibromados a la dieta (5,7 ng/día), seguido del salmón y la merluza, con una aportación muy parecida (3,6 y 3,5 ng/día, respectivamente).

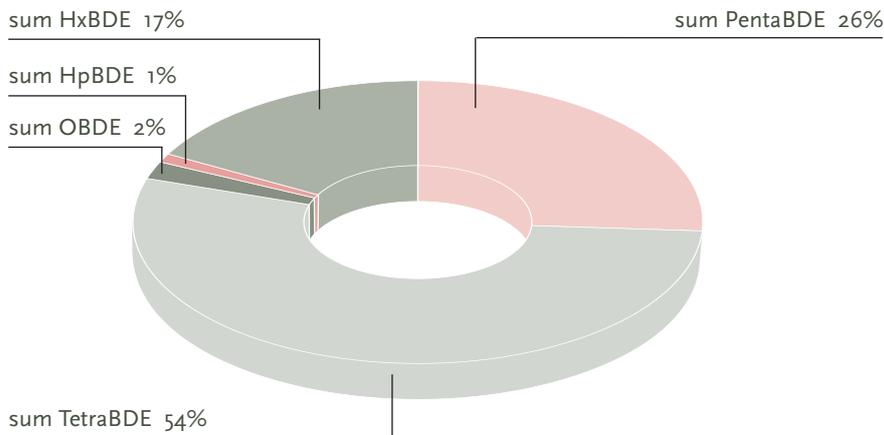
Tabla 45. Ingesta estimada de éteres difenílicos polibromados (PBDE) en un hombre adulto por consumo de pescado y marisco

	Consumo de pescado (g/día)	Ingesta diaria de PBDE (ng/día)
Sardina	3,78	2,68
Atún	10,1	5,66
Boquerón	2,05	1,25
Caballa	1,13	1,27
Emperador	0,06	0,06
Salmón	1,80	3,62
Merluza	15,8	3,49
Salmonete	0,33	0,25
Lenguado	5,48	1,32
Sepia	4,46	0,07
Calamar	3,17	0,65
Almeja	0,27	0,02
Mejillón	0,97	0,34
Gamba	3,53	0,07
Total especies del estudio	52,94	20,75
Total considerado	67,53	26,47

CQPMC 2005-2007

En la figura 31 se muestra la distribución de los diferentes homólogos del total de éteres difenílicos polibromados ingeridos a través de pescado y marisco. Los tetra-BDE son los que representan una contribución más importante, con un 54% del total.

Figura 31. Contribución de los homólogos (sumatorio) a la ingesta diaria total de éteres difenílicos polibromados derivada del consumo de pescado y marisco

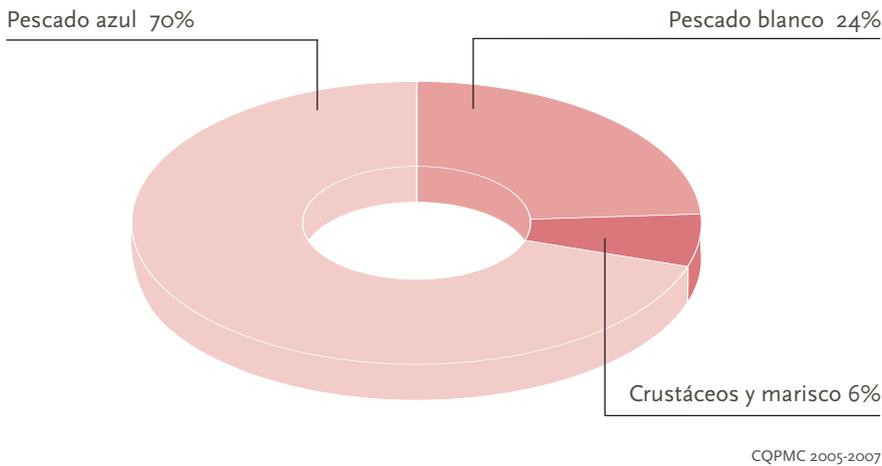


CQPMC 2005-2007

En la figura 32 se muestra la contribución de los diferentes tipos de pescado a la ingesta diaria de éteres difenílicos polibromados.

El salmonete, dentro del grupo del pescado blanco, merece una mención especial: aunque es uno de los pescados con una mayor concentración de éteres difenílicos polibromados no supone un porcentaje importante en la ingesta diaria de estos compuestos, ya que su consumo diario es poco notable.

Figura 32. Porcentaje de contribución a la ingesta diaria de éteres difenílicos polibromados según el tipo de pescado



11.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

En la tabla 46 se presenta la ingesta diaria estimada de éteres difenílicos polibromados a través del consumo de pescado y marisco por los diferentes grupos de población según la edad y el sexo.

Tabla 46. Ingesta diaria estimada de éteres difenílicos polibromados (PBDE) por consumo de pescado y marisco en diferentes grupos de población

	Ingesta diaria de PBDE
Hombres	26,47
Mujeres	28,08
Niños	12,50
Niñas	9,18
Chicos adolescentes	21,03
Chicas adolescentes	17,47
Hombres mayores de 65 años	26,53
Mujeres mayores de 65 años	24,27

En ng/día.

CQPMC 2005-2007

11.4 Evaluación del riesgo

La tabla 47 muestra la ingesta diaria estimada de éteres difenílicos polibromados por consumo de pescado y marisco en los diferentes grupos de población, expresada en función del peso corporal. La ingesta se estima en 0,38 ng/kg de peso/día para un hombre adulto de 70 kg de peso.

Para evaluar la ingesta parcial de éteres difenílicos polibromados aportada por el pescado en el contexto de la dieta total, podemos llevar a cabo un cálculo utilizando el porcentaje que el pescado representa en la ingesta global obtenido en el estudio del año 2000 (37%). Así, para un hombre adulto, una ingesta de 0,38 ng/kg/día procedente del pescado correspondería a una ingesta total de 1,03 ng/kg/día.

Para evaluar la ingesta de éteres difenílicos polibromados aportada por el pescado en el contexto de la dieta podemos realizar una estimación substituyendo el valor considerado para el pescado en el cálculo del año 2000, por el más preciso encontrado en este estudio. Así, para un hombre adulto, a una ingesta de 0,38 ng/kg/semana derivada del consumo de pescado le correspondería una ingesta dietética total de 1,54 ng/kg/semana, muy lejos de los valores recomendados. El límite menor (penta-BDE) oral recomendado por la EPA para algunos grupos de éteres difenílicos polibromados es de: 0,002 mg/kg/día, y el nivel inferior en el que se observan efectos adversos LOAEL, sugerido como límite para mezclas de éteres difenílicos polibromados, es de 1 mg/kg/día.

Tabla 47. Ingesta de éteres difenílicos polibromados (PBDE) por consumo de pescado y marisco relativa al peso corporal según diferentes grupos de población

	Ingesta diaria de PBDE
Hombres	0,38
Mujeres	0,51
Niños	0,52
Niñas	0,38
Chicos adolescentes	0,40
Chicas adolescentes	0,31
Hombres mayores de 65 años	0,41
Mujeres mayores de 65 años	0,40

En ng/kg/día.

CQPMC 2005-2007

11.5 Evolución 2000-2005

11.5.1 Concentración

La figura 33 muestra la comparación de concentraciones de éteres difenílicos polibromados en pescado entre el estudio realizado en el año 2000 y el estudio actual. Por un lado, se comparan las cinco muestras de pescado analizadas en el año 2000 con las catorce del estudio actual, y por otro, la concentración media en las tres especies coincidentes entre los dos estudios (merluza, sardina y mejillón). La media total obtenida es superior en 2005, con 563,9 ng/kg frente a los 333,9 ng/kg obtenidos en el estudio previo. Esta diferencia es mucho menos notable cuando se comparan sólo las tres especies de pescado analizadas en ambos estudios.

La figura 34 evidencia la diferencia de concentración de éteres difenílicos polibromados en las muestras de merluza, sardina y mejillón, únicas coincidentes entre los años 2000 y 2005. En el caso de la sardina se observa una disminución de la concentración entre los dos estudios, mientras que la concentración de éteres difenílicos polibromados aumenta en las muestras de merluza y mejillón de un año a otro.

Figura 33. Comparación de las concentraciones de éteres difenílicos polibromados en pescado entre los años 2000 y 2005

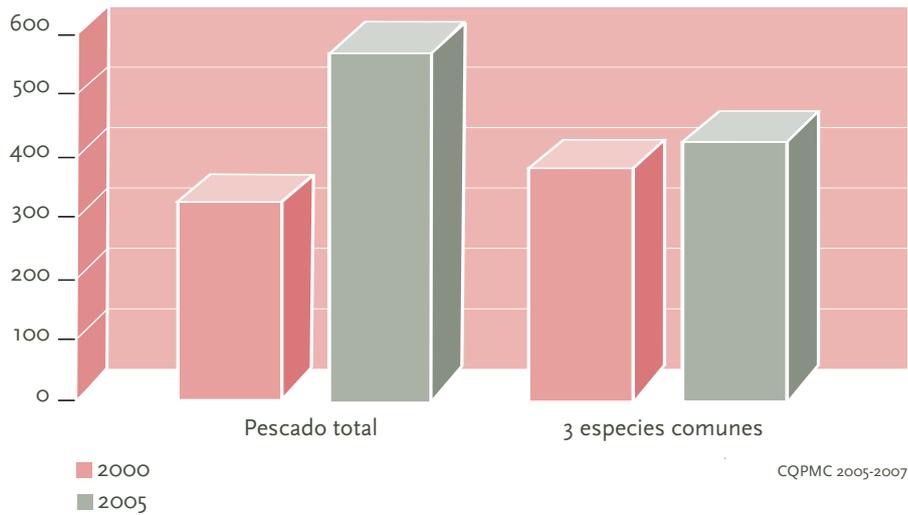
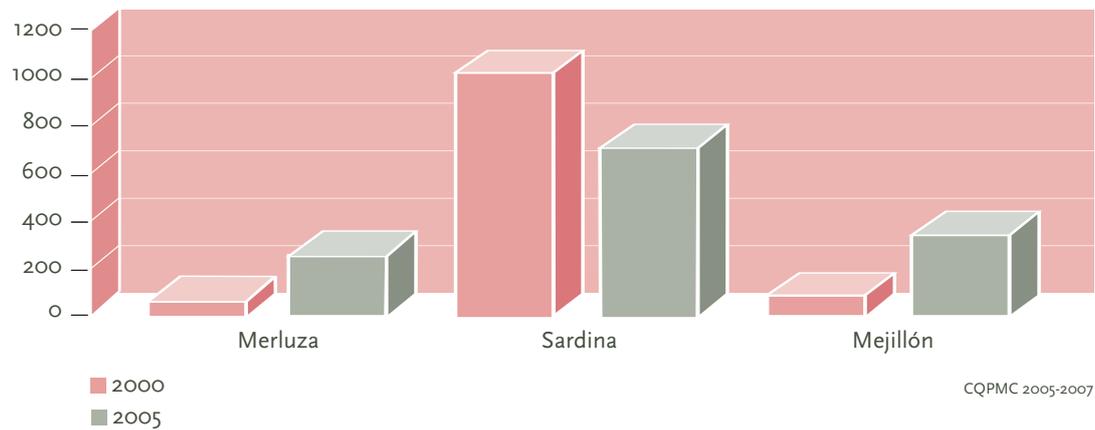


Figura 34. Concentración media de éteres difenílicos polibromados en merluza, sardina y mejillón (en ng/kg de peso en fresco). Comparación 2000-2005



11.5.2 Ingesta

La ingesta de éteres difenílicos polibromados a través del consumo de pescado fue de 30,7 ng/día en el año 2000 y de 26,5 ng/día en el año 2005. A partir de estos datos podría considerarse que la ingesta de éteres difenílicos polibromados por el consumo de pescado ha disminuido.

12 Éteres difenílicos policlorados (PCDE)

12.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco

La tabla 48 muestra las concentraciones de éteres difenílicos policlorados en muestras de pescado. En las de sepia y gamba, algunos homólogos se hallaron por debajo de su respectivo límite de detección. La gamba es la especie que presenta una concentración más baja (27,6 ng/kg de peso en fresco), seguida de la almeja y la sepia (47,5 y 50,1 ng/kg, respectivamente). La concentración más elevada se ha detectado en el salmonete (7.088,2 ng/kg de peso en fresco), aunque hay que destacar que, de manera general, las especies de pescado azul muestran una concentración superior de éteres difenílicos policlorados que las de pescado blanco o marisco.

Los homólogos predominantes son los hexa-CDE y los hepta-CDE en casi todas las muestras, y los tetra-CDE son los que representan una menor aportación al global de éteres difenílicos policlorados. En el caso de las almejas y los mejillones, el perfil de homólogos es claramente diferente del de las demás muestras, y son en estos casos los tetra-CDE los que aportan la concentración más alta y los hepta-CDE y octa-CDE los menos predominantes.

Tabla 48. Concentración de éteres difenílicos policlorados en pescado y marisco

	Tetra-CDE	Penta-CDE	Hexa-CDE	Hepta-CDE	Octa-CDE	sum PCDE
Sardina	112,6	304,3	635,3	522,7	254,0	1.828,9
Atún	19,90	114,1	438,6	425,5	293,7	1.291,7
Boquerón	125,0	333,2	541,7	391,3	215,0	1.606,2
Caballa	64,10	237,3	319,0	277,0	133,5	1.030,9
Emperador	4,37	22,17	81,67	62,60	28,90	199,7
Salmón	59,27	122,0	129,0	37,57	24,60	372,4
Merluza	9,57	49,70	176,3	153,1	71,37	460,1
Salmonete	258,6	1296,7	2316,7	1867,3	1349,0	7.088,2
Lenguado	17,13	34,97	69,57	45,57	27,27	194,5
Sepia	0,77	8,80	17,30	8,07	15,17	50,10
Calamar	70,7	175,6	334,0	257,7	140,3	978,3
Almeja	21,40	13,00	7,47	3,00	2,63	47,50
Mejillón	110,6	14,10	14,30	6,60	3,90	149,6
Gamba	0,53	2,50	9,93	6,83	7,80	27,60
Media						1.094,7

En ng/kg peso fresco.

CQPMC 2005-2007

12.2 Ingesta diaria estimada

La tabla 49 presenta la ingesta diaria de éteres difenílicos policlorados para un hombre. Esta ingesta se estima en 50,24 ng/día. La aportación más importante se debe al atún (13,09 ng/día), seguido de la merluza (7,26 ng/día) y de la sardina (6,91 ng/día). La contribución de los crustáceos y el marisco es prácticamente inapreciable, salvo el calamar, que aporta 3,10 ng del total diario. El salmonete, si bien es la especie analizada con una concentración más elevada (7.088,2 ng/kg de peso en fresco), no contribuye de manera importante a la ingesta total, ya que este tipo de pescado habitualmente no se consume en grandes cantidades.

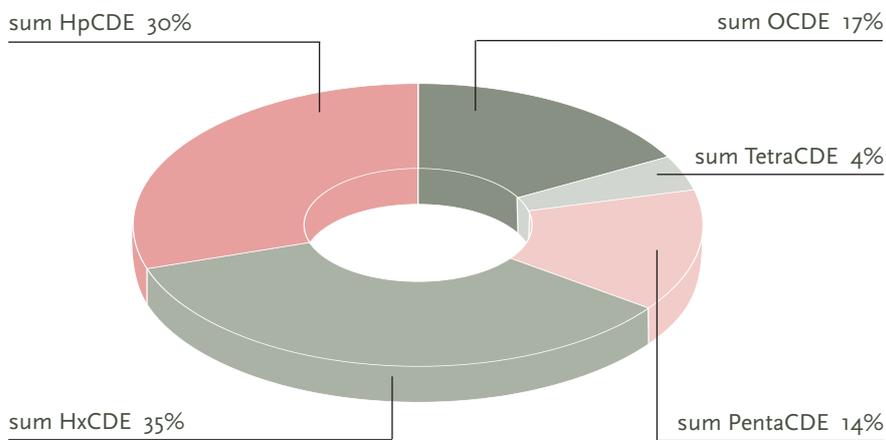
Tabla 49. Ingesta estimada de éteres difenílicos policlorados (PCDE) en un hombre adulto por consumo de pescado y marisco

	Consumo de pescado (g/día)	Ingesta diaria de PCDE (ng/día)
Sardina	3,78	6,91
Atún	10,1	13,09
Boquerón	2,05	3,29
Caballa	1,13	1,16
Emperador	0,06	0,01
Salmón	1,80	0,67
Merluza	15,8	7,26
Salmonete	0,33	2,34
Lenguado	5,48	1,07
Sepia	4,46	0,22
Calamar	3,17	3,10
Almeja	0,27	0,01
Mejillón	0,97	0,15
Gamba	3,53	0,10
Total especies del estudio	52,94	39,38
Total considerado	67,53	50,24

CQPMC 2005-2007

En la figura 35 se muestran las proporciones de los diferentes homólogos en el total de éteres difenílicos policlorados ingeridos a través del consumo de pescado y marisco. Los hexa-CDE y los hepta-CDE muestran una contribución muy similar (del 35% y el 30%, respectivamente). Los octa-CDE y los penta-CDE también presentan un porcentaje parecido de aportación al total: el 17% y el 14%, respectivamente.

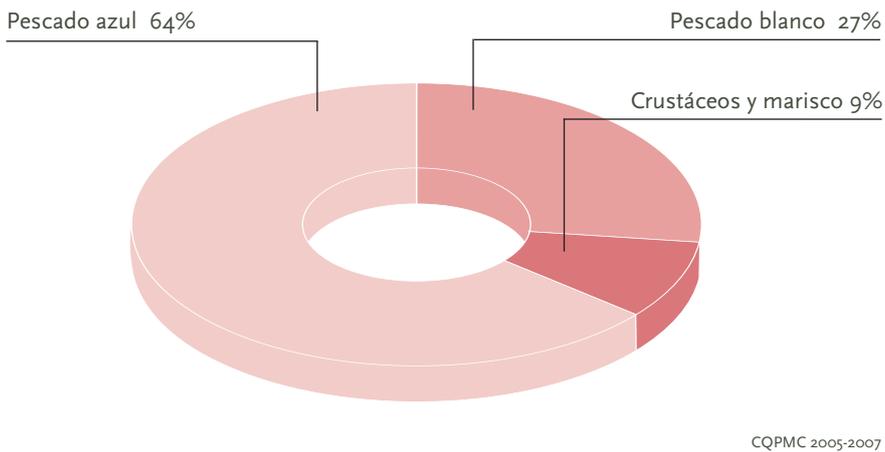
Figura 35. Contribución de cada grupo de homólogos de éteres difenílicos policlorados a la ingesta diaria derivada de consumo de pescado y marisco



CQPMC 2005-2007

La figura 36 presenta el porcentaje de contribución de los diferentes tipos de pescado a la ingesta diaria de éteres difenílicos policlorados.

Figura 36. Porcentaje de contribución de los diferentes tipos de pescado a la ingesta diaria de éteres difenílicos policlorados, derivada del consumo de pescado y marisco



El pescado azul representa el 64% de la ingesta total de éteres difenílicos policlorados a través de pescado y marisco para un hombre adulto de 70 kg de peso. El emperador, dentro del pescado azul, muestra una aportación muy pequeña, justo es decir que tanto la concentración de éteres difenílicos policlorados en este tipo de pescado como el consumo diario de la población son bajos. El pescado blanco aporta un 27%, y la merluza es la especie que más contribuye a este porcentaje.

12.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 50 presenta la ingesta diaria estimada de éteres difenílicos policlorados a través del consumo de pescado y marisco para los diferentes grupos de población, según la edad y el sexo.

Tabla 50. Ingesta diaria estimada de éteres difenílicos policlorados (PCDE) por consumo de pescado y marisco según grupos de población

	Ingesta diaria de PCDE
Hombres	50,24
Mujeres	45,81
Niños	21,65
Niñas	19,66
Chicos adolescentes	30,39
Chicas adolescentes	37,6
Hombres mayores de 65 años	48,88
Mujeres mayores de 65 años	42,81

En ng/día.

CQPMC 2005-2007

12.4 Evaluación del riesgo

La tabla 51 presenta la ingesta diaria estimada de éteres difenílicos policlorados por consumo de pescado y marisco por kilogramo de peso corporal en los diferentes grupos de población. Para un hombre adulto de 70 kg de peso, la ingesta diaria se estima en 0,72 ng/kg.

Para evaluar la ingesta de éteres difenílicos policlorados aportada por el pescado en el contexto de la dieta, podemos efectuar una estimación substituyendo el valor considerado para el pescado en el cálculo del año 2000 por el más preciso encontrado en este estudio. Así, para un hombre adulto, a una ingesta de 0,72 ng/kg/semana derivada del consumo de pescado le correspondería una ingesta dietética total de 0,76 ng/kg/semana.

Para estos contaminantes aún no se dispone de suficientes datos toxicológicos que permitan establecer unos límites o niveles de seguridad. No puede realizarse, por tanto, una evaluación del riesgo que supone la ingesta de estos compuestos. Algunos congéneres de éteres difenílicos policlorados podrían tener un mecanismo de acción similar a las dioxinas y/o a los bifenilos policlorados, pero hasta hoy no se han definidos los TEF correspondientes que permitan calcular su aportación al total de TEQ.

Tabla 51. Ingesta de éteres difenílicos policlorados (PCDE) por consumo de pescado y marisco, relativa al peso corporal

Ingesta diaria de PCDE	
Hombres	0,72
Mujeres	0,83
Niños	0,90
Niñas	0,82
Chicos adolescentes	0,57
Chicas adolescentes	0,67
Hombres mayores de 65 años	0,75
Mujeres mayores de 65 años	0,71

En ng/kg/día.

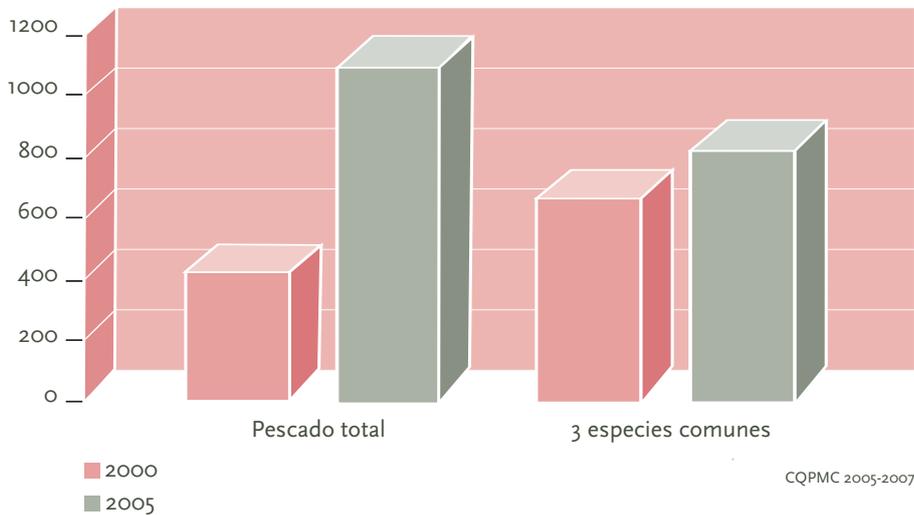
CQPMC 2005-2007

12.5 Evolución 2000-2005

12.5.1 Concentración

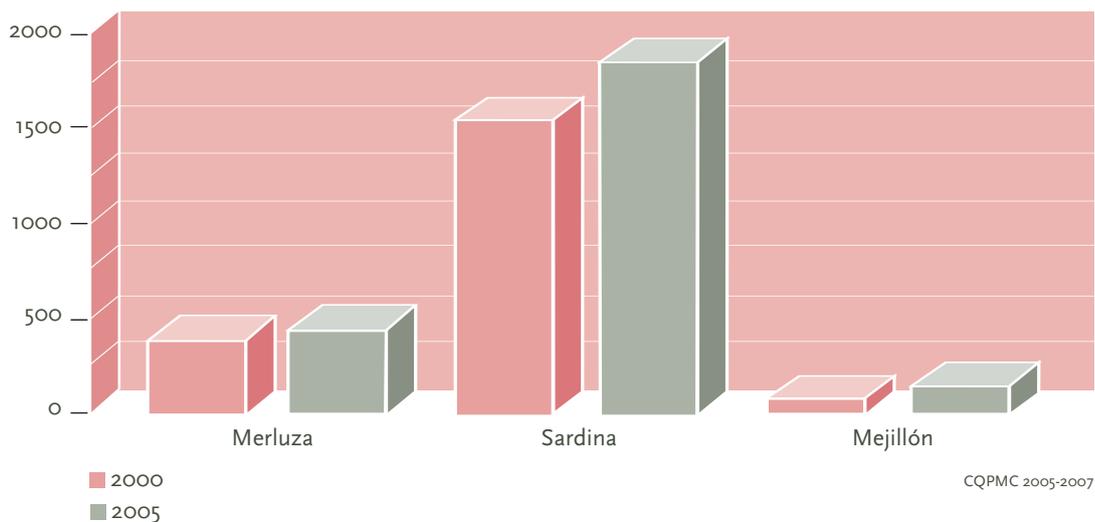
En la figura 37 puede observarse la diferencia en la concentración media de éteres difenílicos policlorados en pescado entre las muestras analizadas en el año 2000 y las analizadas en el estudio actual. La concentración en el total de pescado analizado varía de 417,7 ng/kg de peso en fresco en el estudio anterior a 1.094,7 ng/kg de peso en fresco en el realizado en el año 2005. Este incremento no es tan importante si se tienen en cuenta sólo las tres especies coincidentes en los dos estudios (merluza, sardina y mejillón) para comparar la concentración media.

Figura 37. Comparación de las concentraciones de éteres difenílicos policlorados en pescado entre los años 2000 y 2005



Si se compara la concentración de éteres difenílicos policlorados en las muestras de merluza, sardina y mejillón, que son las especies analizadas en los dos estudios (figura 38), se observa que la diferencia entre los dos años es prácticamente inapreciable. En este caso, aunque puede verse cierta tendencia a aumentar, las concentraciones son similares en los dos estudios. Por tanto podría deducirse que la diferencia observada en la figura anterior se debe a las demás especies consumidas y estudiadas. Lo mismo puede comprobarse en la tabla 48, en la que se observa una concentración relativamente importante en el resto del pescado azul y en el salmonete.

Figura 38. Comparación de las concentraciones de éteres difenílicos policlorados en pescado entre los años 2000 y 2005



12.5.2 Ingesta

La ingesta de éteres difenílicos policlorados estimada en el consumo de pescado y marisco en el año 2000 fue de 38,4 ng/día, y en el estudio actual es de 50,24 ng/día. Así pues, no se observan cambios apreciables (véase “Material y métodos”, apartado 3.10).

13 Naftalenos policlorados (PCN)

13.1 Resultados de los análisis de pescado y marisco

Los análisis de las muestras de pescado y marisco se han realizado para los diferentes grupos de congéneres que resultan según el grado de cloración de la molécula base: tetraclorados, pentaclorados, hexaclorados, heptaclorados y octaclorados. De esta manera cada uno de los valores obtenidos representa el nivel de contaminación resultante del conjunto de todos los congéneres del mismo grupo que se encuentran dentro de la muestra, y que se expresan como sumatorio de todos ellos: tetraCN, pentaCN, hexaCN, heptaCN y octaCN respectivamente.

Las concentraciones de naftalenos policlorados en los diferentes pescados y marisco estudiados se presentan en la tabla 52.

Tabla 52. Concentración de naftalenos policlorados (PCN) en pescado y marisco

	Sardina	Atún	Boquerón	Caballa	Emperador	Salmón	Merluza	Salmonete
TetraCN	7,7	6,1	6,6	44,9	12,3	62,8	2,7	16,3
PentaCN	17,4	14,3	14,4	47,6	49,0	156,7	8,0	39,0
HexaCN	3,7	3,2	3,9	2,2	3,0	7,0	1,8	12,2
HeptaCN	0,4	0,3	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,4
OctaCN	0,1	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1
Total PCN	29,2	24,1	25,3	95,0	64,9	226,9	12,8	68,0

	Lenguado	Sepia	Calamar	Almeja	Mejillón	Gamba	Media
TetraCN	17,5	1,5	6,5	12,0	14,9	2,5	15,3
PentaCN	30,9	0,8	6,5	4,8	6,4	1,5	28,5
HexaCN	1,6	0,2	1,6	0,7	0,3	0,3	3,0
HeptaCN	0,4	0,1	0,3	0,1	0,2	0,5	0,3
OctaCN	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Total PCN	50,6	2,7	15,0	17,7	21,8	4,9	47,1

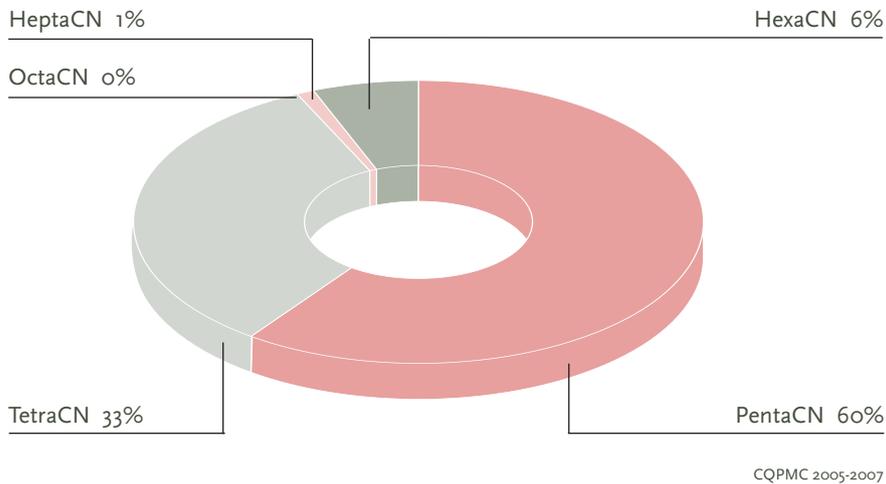
En ng/kg de peso en fresco.

CQPMC 2005-2007

En cuanto al contenido total de naftalenos policlorados, la concentración más elevada se detecta en el salmón, con 226,9 ng/kg de peso en fresco, seguido de la caballa con 95,0 ng/kg. El salmonete, el emperador y el lenguado presentan concentraciones de entre 50,6 y 68,0 ng/kg. Los valores menores los hallamos en la sepia y la gamba, con 2,7 y 4,9 ng/kg respectivamente.

Por grupos de congéneres, los pentaCN son mayoritarios (60%), seguidos de los tetraCN (33%). Los otros congéneres se encuentran en concentraciones mucho menores (figura 39).

Figura 39. Distribución porcentual de los diferentes congéneres de naftalenos policlorados en el pescado y el marisco (calculada sobre los valores medios)



13.2 Ingesta diaria estimada

La tabla 53 presenta la ingesta diaria estimada para un hombre adulto. La ingesta estimada de naftalenos policlorados a través del consumo de pescado y marisco es de 1,95 ng/día.

El salmón es el que más contribuye, con 0,40 ng/día. Le siguen el lenguado y el atún con 0,28 y 0,24 ng/día respectivamente.

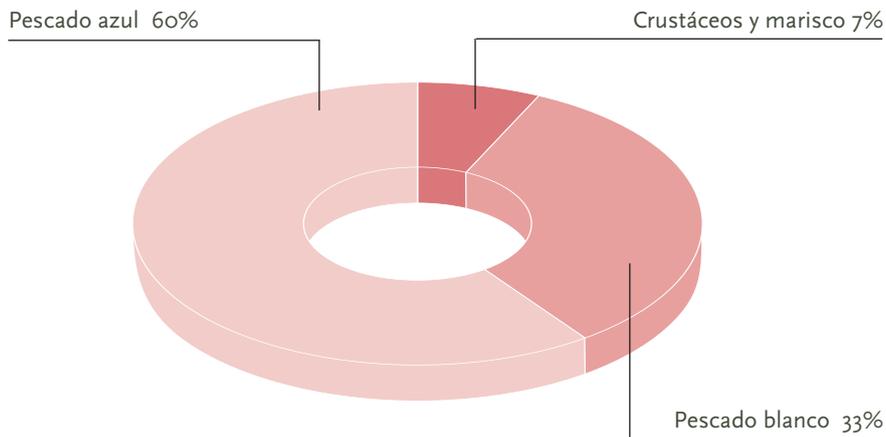
Por tipos de pescado, el pescado azul es el que más aporta a la ingesta de naftalenos policlorados, con un 60% del total. El pescado blanco representa el 33% y el marisco tan sólo aporta el 7% (figura 40).

Tabla 53. Ingesta estimada de naftalenos policlorados (PCN) por consumo de pescado y marisco en un hombre adulto

	Consumo de pescado (g/día)	Ingesta de PCN (ng/día)
Sardina	3,78	0,110
Atún	10,13	0,244
Boquerón	2,05	0,052
Caballa	1,13	0,107
Emperador	0,06	0,004
Salmón	1,80	0,408
Merluza	15,78	0,201
Salmonete	0,33	0,022
Lenguado	5,48	0,277
Sepia	4,46	0,012
Calamar	3,17	0,048
Almeja	0,27	0,005
Mejillón	0,98	0,021
Gamba	3,53	0,017
Total especies del estudio	52,94	1,529
Total considerado	67,53	1,950

CQPMC 2005-2007

Figura 40. Contribución a la ingesta diaria de naftalenos policlorados según el tipo de pescado



CQPMC 2005-2007

13.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

La tabla 54 muestra la ingesta estimada de naftalenos policlorados para los diferentes grupos de población, según la edad y el sexo.

Las mujeres son el grupo con una ingesta diaria estimada más elevada, con 2,27 ng/día. El menor valor de ingesta corresponde al de las niñas, con 0,58 ng/día.

Tabla 54. Ingesta diaria estimada de naftalenos policlorados (PCN) por consumo de pescado y marisco en diferentes grupos de población

	Ingesta de PCN
Hombres	1,95
Mujeres	2,27
Niños	1,00
Niñas	0,58
Chicos adolescentes	1,84
Chicas adolescentes	1,20
Hombres mayores de 65 años	1,96
Mujeres mayores de 65 años	1,86

En ng/día.

CQPMC 2005-2007

13.4 Evaluación del riesgo

La tabla 55 presenta la ingesta diaria estimada de naftalenos policlorados por consumo de pescado y marisco, relativa al peso corporal, para los diferentes grupos de población estudiados.

Tabla 55. Ingesta de naftalenos policlorados (PCN) por consumo de pescado y marisco, relativa al peso corporal

	Ingesta de PCN
Hombres	0,028
Mujeres	0,041
Niños	0,042
Niñas	0,024
Chicos adolescentes	0,035
Chicas adolescentes	0,021
Hombres mayores de 65 años	0,030
Mujeres mayores de 65 años	0,031

En ng/kg/día.

CQPMC 2005-2007

Para evaluar la ingesta de naftalenos policlorados aportada por el pescado en el contexto de la dieta, podemos llevar a cabo una estimación substituyendo el valor considerado para el pescado en el cálculo de 2000, por el más preciso encontrado en este estudio. Así para un hombre adulto, a una ingesta de 0,028 ng/kg/semana por consumo de pescado le correspondería una ingesta dietética total de 0,63 ng/kg/semana.

El hecho de carecer de niveles de seguridad establecidos no permite, por ahora, evaluar el riesgo que puede suponer la ingesta de estos contaminantes.

13.5 Evolución 2000-2005

13.5.1 Concentración

La concentración media de naftalenos policlorados en el global del pescado y el marisco estudiado en este estudio es de 47,1 ng/kg de peso en fresco, mientras que en el estudio del año 2000 fue de 39,5 ng/kg (figura 41). Así pues, puede observarse un modesto incremento en la concentración de estos contaminantes.

Si comparamos las especies comunes a ambos estudios (merluza, sardina y mejillón), lo más destacable es la disminución en la concentración de naftalenos policlorados en la sardina, que de 81,61 ng/kg de peso en fresco en el año 2000 pasa a 29,2 ng/kg en 2005. Las otras dos especies no experimentan variaciones tan acusadas (figura 42).

Figura 41. Concentración media de naftalenos policlorados en pescado y marisco (en ng/kg de peso en fresco). Comparación 2000-2005

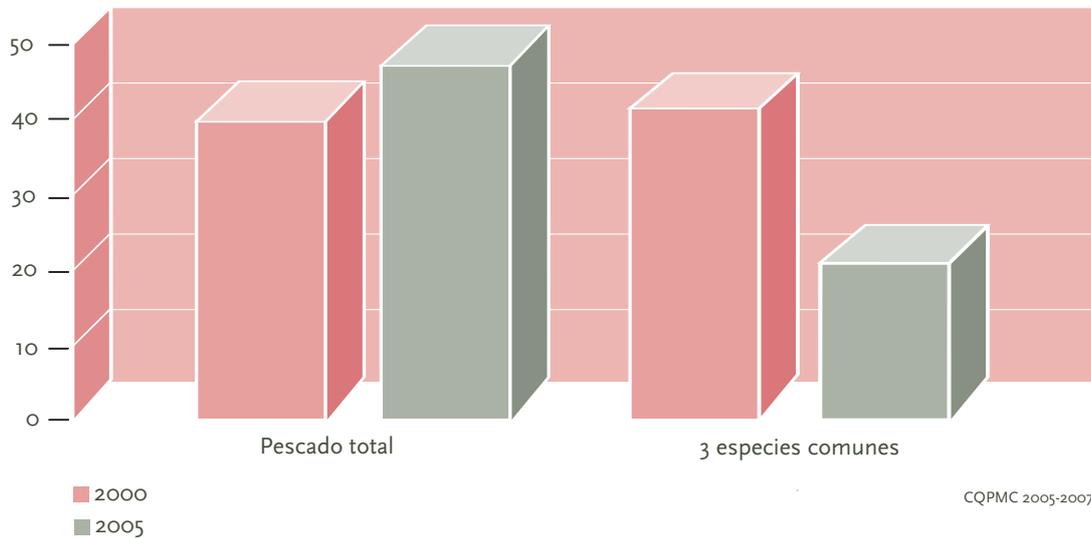
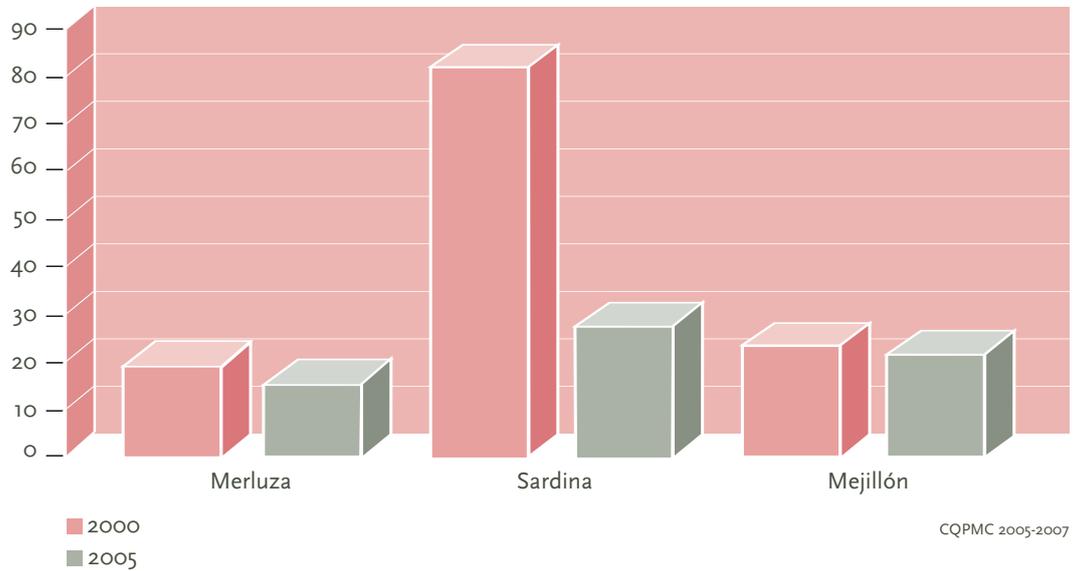


Figura 42. Concentración media de naftalenos policlorados en merluza, sardina y mejillón (en ng/kg de peso en fresco). Comparación 2000-2005



13.5.2 Ingesta

La ingesta total estimada para el año 2005 por consumo de pescado en un hombre adulto en Cataluña es de 1,95 ng/día, mientras que en el estudio del año 2000 era de 3,6 ng/día.

Por tanto, podemos considerar que ha habido un descenso sustancial en la ingesta de naftalenos policlorados a través del consumo de pescado y marisco. Al valorar este cambio deberíamos ponderar la importante disminución que se ha producido en la ingesta de pescado de la población estándar en Cataluña, que ha pasado de 92 g/día en el año 2000 a 68 g/día en 2005.

14 Conclusiones

14.1 Concentración de contaminantes en pescado y marisco

En general hay que destacar la mayor concentración de mercurio, bifenilos policlorados, éteres difenílicos polibromados, éteres difenílicos policlorados, hexaclorobenceno, dioxinas y furanos, y naftalenos policlorados, que se observa en el pescado azul, sin dejar de notar la fuerte contaminación relativa al salmónete, dentro del grupo de pescado blanco.

En lo relativo a arsénico, cadmio, plomo y los hidrocarburos aromáticos policíclicos, en general debe destacarse la mayor concentración que se observa en crustáceos y marisco, sin dejar de notar, en el caso del arsénico, el primer lugar relativo ocupado por el salmonete dentro del grupo de pescado blanco o, en el caso del plomo, la contaminación del salmón. Por el contrario, el pescado azul muestra, en general, las concentraciones más bajas.

De forma detallada y con respecto a los valores de referencia establecidos:

Mercurio, cadmio, plomo y dioxinas y furanos: todas las concentraciones se encuentran por debajo del valor máximo establecido por la UE, salvo el mercurio en el emperador, que presenta una concentración de 1,93 µg/g.

Dioxinas y furanos más bifenilos policlorados con efecto dioxina: todos los valores hallados se encuentran por debajo de los límites establecidos en la normativa comunitaria.

Arsénico, éteres difenílicos polibromados, éteres difenílicos policlorados, hexaclorobenceno, hidrocarburos aromáticos policíclicos y naftalenos policlorados: no se han fijado límites máximos para estas sustancias.

14.2 Ingesta diaria estimada

En la figura 43 se presenta una gradación de la contribución de las diferentes especies en la ingesta diaria de contaminantes, destacando, para cada contaminante las tres especies de pescado o marisco que contribuyen a una aportación más elevada de este a la ingesta diaria.

Figura 43. Contribución de las diferentes especies en la ingesta diaria de contaminantes

	As	Cd	H ^b	Pb	HCB	HAP	PCB-DL	TEQ PCDD/F	TEQ PCDD/F+PCB-DL	PBDE	PCDE	PCN
Sardina							3	2	3		3	
Atún			1			3	1	1+	1	1	1	3
Boquerón												
Caballa												
Emperador												
Salmón				3	1					2		1
Merluza	1	2	2	1+++	3	2	2		2	3	2	
Salmonete												
Lenguado	2		3	2	2			3				2
Sepia		1										
Calamar		3										
Almeja												
Mejillón												
Gamba	3					1						

Grado de aportación: + alta 1 > 2 > 3
+ Gran diferencia respecto al siguiente.

Si los agrupamos según los tipos de pescado, se observa que para la mayoría de los contaminantes, el grupo que más contribuye a la ingesta es el pescado azul, seguido del pescado blanco y los crustáceos y el marisco (figura 44):

Figura 44. Contribución a la ingesta diaria por tipo de pescado y marisco

	As	Cd	Hg	Pb	HCB	HAP	PCB-DL	TEQ PCDD/F	TEQ PCDD/F+PCB-DL	PBDE	PCDE	PCN
Pescado azul	3	3	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1
Pescado blanco	1	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2
Crustáceos y marisco	2	1	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3

CQPMC 2005-2007

14.3 Ingesta diaria estimada por grupos de población

Estratificando por grupos de población puede observarse que hombres y mujeres, junto con los hombres de más de 65 años, son los que ingieren más cantidad de contaminantes al día derivados del consumo de pescado y marisco (figura 45).

Figura 45. Ingesta diaria estimada por grupos de población

	As	Cd	Hg	Pb	HCB	HAP	PCB-DL	TEQ PCDD/F	TEQ PCDD/F+PCB-DL	PBDE	PCDE	PCN
Hombre	2	3	1	3	3	3	1	1	1	2	1	3
Mujer	3	2	2	2	1	1	2	2	2	1	3	1
Chico adolescente					2							2
Chica adolescente			3									
Niños												
Niñas												
Hombres >65	1	1		1		2	3	3	3	3	2	
Mujeres >65												

CQPMC 2005-2007

14.4 Evaluación del riesgo

En relación con el peso corporal, los niños (niños y niñas), seguidos de las mujeres, presentan la ingesta más importante de contaminantes por consumo de pescado y marisco (figura 46).

Figura 46. Ingesta diaria estimada en relación con el peso corporal

	As	Cd	Hg	Pb	HCB	HAP	PCB-DL	TEQ PCDD/F	TEQ PCDD/F+PCB-DL	PBDE	PCDE	PCN
Hombre			3					1				
Mujer	3	3		3	2	1	3	2	3	2	3	2
Chico adolescente					3			3				3
Chica adolescente												
Niños	1	2	1	1	1	2	1		1	1	1	1
Niñas	2	1	2	2		3	2		2	3	2	
Hombres >65												
Mujeres >65												

CQPMC 2005-2007

La ingesta de arsénico, cadmio, plomo, hidrocarburos aromáticos policíclicos (benzo(a)pireno equivalente), hexaclorobenceno, dioxinas y furanos, bifenilos policlorados con efecto dioxina, dioxinas y furanos más bifenilos policlorados con efecto dioxina, y éteres difenílicos polibromados, se encuentra muy por debajo de los valores de referencia recomendados, tanto si nos fijamos en la ingesta por consumo de pescado y marisco de este estudio como en el recálculo de la dieta total de 2000.

Hay que mencionar con detalle los datos referentes a la ingesta de mercurio derivada del consumo de pescado y marisco:

- La ingesta total de mercurio se encuentra por debajo del margen de seguridad establecido de 5 µg/kg/semana para todos los grupos de población, excepto en el grupo de los niños, en el que la ingesta estimada se sitúa en 2,23 µg/kg/semana. Si consideramos este dato derivado del consumo de pescado y marisco en el contexto de la dieta total calculada en el estudio del año 2000, obtenemos una ingesta total de 5,65 µg/kg/semana.
- En cuanto a la ingesta de metilmercurio, cuya ingesta tolerable se establece en 1,6 µg/kg/semana, los niños y las niñas lo superan, con una ingesta de 2,01 y 1,65 µg/kg/semana respectivamente (1,31 en el estudio anterior del año 2000), y las mujeres se le aproximan con 1,31 µg/kg/semana. Debe recordarse que el metilmercurio de la dieta se considera derivado del consumo de pescado exclusivamente, y con un porcentaje aproximado del 90% del contenido total medido en pescado.

Para éteres difenílicos policlorados y naftalenos policlorados no se han definido ni establecido valores de seguridad toxicológica.

14.5 Evolución 2000-2005

14.5.1 Concentración

Dioxinas y furanos: media total de 2005 < media total de 2000. Se observa un descenso substancial en la concentración en el pescado y el marisco.

	2005	2000
OMS-TEQ PCDD/F (ng/kg)	0,15	0,31

Dioxinas y furanos más bifenilos policlorados con efecto dioxina y plomo: media total de 2005 < media total de 2000. Se observa un ligero descenso en la concentración en el pescado y marisco.

	2005	2000
PCDD/F + PCB-DL (ng OMS-TEQ/kg)	0,97 (1,15)	1,23
Plom, µg/g	0,043	0,052

Cadmio e hidrocarburos aromáticos policíclicos: media total de 2005 \simeq media total de 2000. No se observa variación apreciable en la concentración global en el pescado y el marisco.

	2005	2000
Cadmio (µg/g)	0,039	0,036
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (µg/kg)	8,01	7,90

Bifenilos policlorados, hexaclorobenceno y naftalenos policlorados: media total de 2005 > media total de 2000. Puede observarse un incremento en la concentración global en pescado y marisco.

	2005	2000
PCB (ng/kg)	15.594 (16.285)	11.864
HCB (ng/kg)	330	256
PCN (ng/kg)	47,1	39,5

Arsénico, mercurio, éteres difenilicos polibromados y éteres difenilicos policlorados: media total de 2005 > media total de 2000 de peso en fresco. Puede observarse un incremento substancial en la concentración en pescado y marisco.

	2005	2000
Arsénico (μg)	4,46	2,21
Mercurio (μg/g)	0,25	0,10
PBDE (ng/kg)	563,9	333,9
PCDE (ng/kg)	1094,7	417,7

14.5.2 Ingesta

Arsénico, mercurio y éteres difenilicos policlorados: ingesta diaria de 2005 > ingesta diaria de 2000; podemos considerar que la ingesta ha sufrido un ligero incremento.

	2005	2000
Arsénico (μg/día)	253,16	203,32
Mercurio (μg/día)	12,61	8,90
PCDE (ng/día)	50,24	38,40

Éteres difenilicos polibromados: ingesta diaria de 2005 < ingesta diaria de 2000; podemos considerar que la ingesta a través del consumo de pescado ha disminuido.

	2005	2000
PBDE (ng/día)	26,5	35,2

Cadmio, plomo, hexaclorobenceno, dioxinas y furanos más bifenilos policlorados con efecto dioxina, hidrocarburos aromáticos policíclicos y naftalenos policlorados: ingesta diaria de 2005 < ingesta diaria de 2000; podemos considerar que la ingesta ha disminuido considerablemente.

	2005	2000
Cadmio (μg/día)	1,408	3,330
Plomo (μg/día)	2,55	4,710
HCB (ng/día)	14,70	23,58
PCDD/F+ PCB-DL (pg OMS-TEQ/día)	48,48 (57,05)	111,61
HAP (μg/día)	0,342	0,730
PCN (ng/día)	1,95	3,60

Bibliografia

- Ashizuka Y, Nakagawa R, Tobiishi K, Hori T, Lida T (2005) Determination of polybrominated diphenyl ethers and polybrominated dibenzo-p-dioxins/ dibenzofurans in marine products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53:3807-3813
- ATSDR (2002) Polybrominated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers (PBBs and BDEs). <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp68.html>.
- Bascompta O, Montaña MJ, Martí R, Broto-Puig F, Comellas L, Diaz-Ferrero J, Rodríguez-Larena MC (2002) Levels of persistent organic pollutants (PCDD/F and dioxin-like PCB) in food from the Mediterranean diet. *Organohalogen Compounds*, 57:149-151
- Bayen S, Koroleva H, Kee Lee H, Obrad JP (2005) Persistent organic pollutants and heavy metals in typical sea foods consumed in Singapore. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 68:1-16
- Berg V, Inne Ugland K (2000) Mercury, cadmium, lead and selenium in fish from a Norwegian fjord and off the coast, the importance of sampling locality. *The Royal Society of Chemistry*, 2:375-377
- Binelli A, Provini A (2004) Risk for human health of some POPs due to fish from Lake Iseo. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 58:139-145
- Bocio A, Llobet JM, Domingo JL, Corbella J, Teixido A, Casas C (2003) Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in foodstuffs: Human exposure through the diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 3191-3195
- Bocio A, Llobet JM, Domingo JL (2004) Human exposure to polychlorinated diphenyl ethers through the diet in Catalonia, Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 1769-1772
- Burger J, Stern AH, Gochfeld M (2005) Mercury in commercial fish: optimizing individual choices to reduce risk. *Environmental Health Perspectives*, 113:266-271
- Capdevila F, Llop D, Guillén N, Luque V, Pérez S, Sellés V, Fernandez-Ballart J, Martí-Henneberg C (2000) Consumo, hábitos alimentarios y estado nutricional de la población de Reus (X). Evolución de la ingesta alimentaria y de la contribución de los macronutrientes al aporte energético (1983-1999). *Medicina Clínica*, 115:7-14
- Charnley G, Doull J (2005) Human exposure to dioxins from food, 1999-2002. *Food and Chemical Toxicology*, 43:671-679
- Clarkson TW (1995) Environmental contaminants in the food chain. *American Journal of Clinical Nutrition*, 61: 682S-686S
- Contaminants Químics, estudi de dieta total a Catalunya. Generalitat de Catalunya. Departament de Salut. Agència Catalana de Seguretat Alimentària 2005.
- Crépet A, Tressou J, Verger P, Leblanc JCh (2005) Management options to reduce exposure to methyl mercury through the consumption of fish and fishery products by the French population. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 42:179-189
- de Boer J and Denneman M (1998) Polychlorinated diphenyl ethers: Origin, analysis, distribution, and toxicity in the marine environment. *Rev Environ Contam Toxicol*, 157: 131-144
- Domingo JL, Falco G, Llobet JM, Casas C, Teixido A, Müller L (2003) Polychlorinated naphthalenes in foods: estimated dietary intake by the population of Catalonia, Spain. *Environmental Science & Technology*, 37: 2332-2335
- Enquesta sobre l'estat nutricional de la població catalana i avaluació dels hàbits alimentaris 2002-2003 (EN-CAT). Direcció General de Salut Pública. Departament de Sanitat i Seguretat Social. Generalitat de Catalunya
- European Commission Health and Consumer Protection Directorate (2004) General information Note. Methyl mercury in fish and fishery products
- Falco G, Domingo JL, Llobet JM, Teixido A, Casas C, Müller L (2003) Polycyclic aromatic hydrocarbons in foods: Human exposure through the diet in Catalonia, Spain. *Journal of Food Protection*, 66: 2325-2331
- Falco G, Bocio A, Llobet JM, Domingo JL, Casas C, Teixido A (2004) Dietary intake of hexachlorobenzene in Catalonia, Spain. *Science of the Total Environment*, 322: 63-70
- Han BC, Jeng RY, Chen GT, Fang TC, Hung RJ, Tseng R (1998) Estimation of target hazard quotients and potential health risks for metals by consumption of seafood in Taiwan. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 35:711-720
- Hayward D (1998) Identification of bioaccumulating polychlorinated naphthalenes and their toxicological significance. *Environmental Research*, 76: 1-18
- Hites RA, Foran JA, Carpenter DO, Hamilton MC, Knuth BA, Schwager SJ (2004) Global assessment of organic contaminants in farmed salmon. *Science*, 303:226-229
- Jiang QT, Lee TKM, Chen K, Wong HL, Zheng JS, Giesy JP, Lo KKW, Yamashita N, Lam PKS (2005) Human health risk assessment of organochlorines associated with fish consumption in a coastal city in China. *Environmental Pollution*, 136:155-165

- Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) (2001) Fifty-seventh meeting, Rome, 5-14 June 2001. Summary and Conclusions. Localizable a: <http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/en>
- Kannan K, Yamashita N, Imagawa T, Decoen W, KhimYS, Day Rm, Summer CL, Glesy JP (2000) Polychlorinated naphthalenes and polychlorinated biphenyls in fishes from Michigan waters including the Great Lakes. *Journal of Environmental Science and Technology*, 34:566-572
- Kimbrough RD (1995) Polychlorinated biphenyls (PCBs) and human health: An update. *Critical Reviews in Toxicology*, 25: 133-163
- Koistinen J (2000) Polychlorinated diphenyl ethers (PCDE). In: *The Handbook of Environmental Chemistry*. Vol 3, part K, cap 7. Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Llobet JM, Bocio A, Domingo JL, Teixido A, Casas C, Müller L (2003) Levels of polychlorinated biphenyls in foods from Catalonia, Spain: estimated dietary intake. *Journal of Food Protection*, 66: 479-484.
- Llobet LM, Falco G, Casas C, Teixido A, Domingo JL (2003) Concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in common foods and estimated daily intake by children, adolescents, adults and seniors of Catalonia, Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 838-842
- Llobet JM, Domingo JL, Bocio A, Casas C, Teixido A, Müller L (2003) Human exposure to dioxins through the diet in Catalonia, Spain: carcinogenic and non-carcinogenic risks. *Chemosphere*, 50: 1193-1200
- Meneses M, Wingfors H, Schuhmacher M, Domingo JL, Lindström G and Bavel Bv (1999) Polybrominated diphenyl ethers detected in human adipose tissue from Spain. *Chemosphere*, 39: 2271-2278
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) (2000) *La alimentación en España*
- Moon HB, OK G (2005) Dietary intake of PCDDs, PCDFs and dioxin-like PCBs, due to the consumption of various marine organisms from Korea. *Chemosphere*, (in press)
- Mykkänen H, Räsänen L, Ahola M, Kimppa S (1986) Dietary intakes of mercury, lead, cadmium and arsenic by Finnish children. *Human Nutrition Applied Nutrition*, 40:32-39
- Naso B, Perrone D, Ferrante MC, Bilancione M, Lucisano A (2005) Persistent organic pollutants in edible marine species from the gulf of Naples, southern Italy. *Science of the Total Environment*, 343:83-95
- Otha S, Ishikuza D, Nishimura H, Nakao T, Aozasa A, Shimidzu Y, Ochiai F, Kida T, Nishi M, Miyata H (2002) Comparison of polybrominated diphenyl ethers in fish, vegetables and meats and levels in human milk of nursing women in Japan. *Chemosphere*, 46:689-696
- Perugini M, Cavaliere M, Giammarino A, Mazzone P, Olivieri V, Amorena M (2004) Levels of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in some edible marine organisms from the central Adriatic sea. *Chemosphere*, 57:391-400
- Schrey P, Wittsiepe J, Budde U, Heinzow B, Idel H, Wilhelm M (2000) Dietary intake of lead, cadmium, copper and zinc by children from the German North Sea Island Amrum. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 203:1-9
- Serra-Majem LI, Aranceta Bertrina J (2002) *Alimentación Infantil y Juvenil: Estudio enKid*. Ed. Masson

Índice de tablas y figuras

Tabla 1. Especies de pescado y marisco seleccionadas	116
Tabla 2. Grupos de población, rangos de edad y peso	118
Tabla 3. Consumo diario de pescado en Cataluña, 2002-2003	120
Tabla 4. Consumo de las especies de pescado y marisco consideradas en nuestro estudio agrupadas por clases	120
Tabla 5. Consumo de pescado y marisco distribuido por clases según la Encat 2002-2003	120
Tabla 6. Representatividad de las clases de pescado y marisco según la Encat 2002-2003	121
Tabla 7. Ingesta de arsénico en un hombre adulto	121
Tabla 8. Concentración de arsénico en pescado y marisco	123
Tabla 9. Ingesta estimada de arsénico en un hombre adulto por consumo de pescado y marisco	124
Tabla 10. Ingesta diaria estimada de arsénico de diferentes grupos de población por consumo de pescado y marisco	125
Tabla 11. Ingesta de arsénico inorgánico por consumo de pescado y marisco relativa al peso corporal	126
Tabla 12. Concentración de cadmio en pescado y marisco, límites de la UE y legislación aplicada	129
Tabla 13. Ingesta estimada de cadmio en un hombre adulto por consumo de pescado y marisco	130
Tabla 14. Ingesta diaria estimada de cadmio de los diferentes grupos de población por consumo de pescado y marisco	131
Tabla 15. Ingesta de cadmio por consumo de pescado y marisco relativa al peso corporal	131
Tabla 16. Concentración de mercurio en pescado y marisco y límites establecidos por la UE	135
Tabla 17. Ingesta estimada de mercurio en un hombre adulto por consumo de pescado y marisco	136
Tabla 18. Ingesta diaria estimada de mercurio y metilmercurio por consumo de pescado y marisco	137
Tabla 19. Ingesta de mercurio por consumo de pescado y marisco relativa al peso corporal	138
Tabla 20. Concentración de plomo en pescado y marisco, límites establecidos por la UE y legislación aplicada	141
Tabla 21. Ingesta diaria estimada de plomo en un hombre adulto por consumo de pescado y marisco	142
Tabla 22. Ingesta diaria estimada de plomo por consumo de pescado y marisco en diferentes grupos de población	143
Tabla 23. Ingesta de plomo por consumo de pescado y marisco relativa al peso corporal	143
Tabla 24. Concentración de dioxinas y furanos en pescado y marisco	148/149
Tabla 25. Ingesta estimada de dioxinas y furanos (PCDD/F) en un hombre adulto por consumo de pescado y marisco	150
Tabla 26. Ingesta diaria estimada de dioxinas y furanos (PCDD/F) por consumo de pescado y marisco en diferentes grupos de población	151
Tabla 27. Ingesta de dioxinas y furanos (PCDD/F) por consumo de pescado y marisco relativa al peso corporal	151
Tabla 28. Concentración de bifenilos policlorados (PCB) en pescado y marisco	154

Tabla 29. Ingesta diaria estimada de bifenilos policlorados con efecto dioxina (PCB-DL) en un hombre adulto por consumo de pescado y marisco	156
Tabla 30. Ingesta diaria estimada de bifenilos policlorados con efecto dioxina (PCB-DL) por consumo de pescado y marisco en diferentes grupos de población	158
Tabla 31. Ingesta de bifenilos policlorados con efecto dioxina (PCB-DL) por consumo de pescado y marisco, relativa al peso corporal	158
Tabla 32. Concentraciones de dioxinas y furanos (PCDD/F) y bifenilos policlorados con efecto dioxina (PCB-DL) en las muestras de pescado y marisco	161
Tabla 33. Ingesta de dioxinas y furanos (PCDD/F) y bifenilos policlorados con efecto dioxina (PCB-DL) por consumo de pescado y marisco en un hombre adulto	162
Tabla 34. Ingesta diaria estimada de dioxinas y furanos (PCDD/F) y bifenilos policlorados con efecto dioxina (PCB-DL) por consumo de pescado y marisco en diferentes grupos de población	164
Tabla 35. Concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en pescado y marisco	165/166
Tabla 36. Ingesta estimada de hidrocarburos aromáticos policíclicos en un hombre adulto por consumo de pescado y marisco	168
Tabla 37. Ingesta diaria estimada de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) por consumo de pescado y marisco, por los diferentes grupos de población	170
Tabla 38. Hidrocarburos aromáticos policíclicos con dosis de referencia establecida. Ingesta por consumo de pescado, relativa al peso	170
Tabla 39. Ingesta diaria de los siete hidrocarburos aromáticos policíclicos considerados probables carcinógenos humanos por la ingestión de pescado en un hombre adulto	171
Tabla 40. Concentración de hexaclorobenceno (HCB) en pescado y marisco	175
Tabla 41. Ingesta estimada de hexaclorobenceno (HCB) en un hombre adulto por consumo de pescado y marisco	176
Tabla 42. Ingesta diaria estimada de hexaclorobenceno (HCB) en diferentes grupos de población por consumo de pescado y marisco	177
Tabla 43. Ingesta de hexaclorobenceno (HCB) por consumo de pescado y marisco relativa al peso corporal	177
Tabla 44. Concentración de éteres difenílicos polibromados (PBDE) en pescado y marisco	181
Tabla 45. Ingesta estimada de éteres difenílicos polibromados (PBDE) en un hombre adulto por consumo de pescado y marisco	182
Tabla 46. Ingesta diaria estimada de éteres difenílicos polibromados (PBDE) por consumo de pescado y marisco en diferentes grupos de población	183
Tabla 47. Ingesta de éteres difenílicos polibromados (PBDE) por consumo de pescado y marisco relativa al peso corporal según diferentes grupos de población	184
Tabla 48. Concentración de éteres difenílicos policlorados en pescado y marisco	187
Tabla 49. Ingesta estimada de éteres difenílicos policlorados (PCDE) en un hombre adulto por consumo de pescado y marisco	188
Tabla 50. Ingesta diaria estimada de éteres difenílicos policlorados (PCDE) por consumo de pescado y marisco según grupos de población	189

Tabla 51. Ingesta de éteres difenílicos policlorados (PCDE) por consumo de pescado y marisco, relativa al peso corporal	190
Tabla 52. Concentración de naftalenos policlorados (PCN) en pescado y marisco	193
Tabla 53. Ingesta estimada de naftalenos policlorados (PCN) por consumo de pescado y marisco en un hombre adulto	195
Tabla 54. Ingesta diaria estimada de naftalenos policlorados (PCN) por consumo de pescado y marisco en diferentes grupos de población	196
Tabla 55. Ingesta de naftalenos policlorados (PCN) por consumo de pescado y marisco, relativa al peso corporal	196
Figura 1. Contribución a la ingesta diaria de arsénico según el tipo de pescado	124
Figura 2. Concentración media de arsénico en pescado y marisco ($\mu\text{g/g}$ de peso en fresco). Comparación 2000-2005	127
Figura 3. Concentración media de arsénico en merluza, sardina y mejillón ($\mu\text{g/g}$ de peso en fresco). Comparación 2000-2005	127
Figura 4. Contribución a la ingesta diaria de cadmio según tipos de pescado	130
Figura 5. Concentración media de cadmio en pescado y marisco (mg/g de peso en fresco). Comparación 2000-2005	132
Figura 6. Concentración media de cadmio en merluza, sardina y mejillón (mg/g de peso en fresco). Comparación 2000-2005	133
Figura 7. Contribución a la ingesta diaria de mercurio según el tipo de pescado	137
Figura 8. Concentración media de mercurio en pescado y marisco (mg/g de peso en fresco). Comparación 2000-2005	139
Figura 9. Concentración media de mercurio en merluza, sardina y mejillón (mg/g de peso en fresco). Comparación 2000-2005	139
Figura 10. Contribución a la ingesta diaria de plomo según el tipo de pescado	142
Figura 11. Concentración media de plomo en pescado y marisco (mg/g de peso en fresco). Comparación 2000-2005	144
Figura 12. Concentración media de plomo en merluza, sardina y mejillón (mg/g peso en fresco). Comparación 2000-2005	145
Figura 13. Contribución a la ingesta diaria de dioxinas y furanos según el tipo de pescado	150
Figura 14. Comparación de la concentración de dioxinas y furanos en pescado en los estudios de 2000 y 2005	152
Figura 15. Concentración media de dioxinas y furanos en merluza, sardina y mejillón. Comparación 2000-2005	153
Figura 16. Concentración de bifenilos policlorados en pescado y marisco. Distribución porcentual de los bifenilos policlorados con efecto dioxina en el cálculo del valor de equivalencia tóxica (calculado sobre los valores medios)	155

Figura 17. Contribución de los congéneres de bifenilos policlorados con efecto dioxina a la ingesta derivada del consumo de pescado y marisco	157
Figura 18. Contribución a la ingesta diaria de bifenilos policlorados con efecto dioxina según el tipo de pescado	157
Figura 19. Comparación de las concentraciones de bifenilos policlorados en pescado en los años 2000 y 2005	159
Figura 20. Comparación de las concentraciones de bifenilos policlorados en tres especies de pescado en los años 2000 y 2005	160
Figura 21. Proporción de dioxinas y furanos y bifenilos policlorados con efecto dioxina derivados del consumo de pescado y marisco en la ingesta diaria	163
Figura 22. Distribución porcentual de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en pescado y marisco (calculada sobre los valores medios)	167
Figura 23. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (carcinogénicos y no carcinogénicos) en pescado y marisco (en mg/kg de peso en fresco)	167
Figura 24. Contribución de las diferentes especies de pescado y marisco a la ingesta diaria de benzo(a)pireno	169
Figura 25. Contribución a la ingesta diaria de hidrocarburos aromáticos policíclicos según el tipo de pescado	169
Figura 26. Concentración media de hidrocarburos aromáticos policíclicos en pescado y marisco (en mg/kg de peso en fresco). Comparación 2000-2005	172
Figura 27. Concentración media de hidrocarburos aromáticos policíclicos en merluza, sardina y mejillón (en mg/kg de peso en fresco). Comparación 2000-2005	172
Figura 28. Contribución a la ingesta diaria de hexaclorobenceno según los diferentes tipos de pescado	176
Figura 29. Concentración media de hexaclorobenceno en pescado y marisco (en ng/kg de peso en fresco). Comparación 2000-2005	178
Figura 30. Concentración media de hexaclorobenceno en merluza, sardina y mejillón (en ng/kg de peso en fresco). Comparación 2000-2005	179
Figura 31. Contribución de los homólogos (sumatorio) a la ingesta diaria total de éteres difenílicos polibromados derivada del consumo de pescado y marisco	182
Figura 32. Porcentaje de contribución a la ingesta diaria de éteres difenílicos polibromados según el tipo de pescado	183
Figura 33. Comparación de las concentraciones de éteres difenílicos polibromados en pescado entre los años 2000 y 2005	185
Figura 34. Concentración media de éteres difenílicos polibromados en merluza, sardina y mejillón (en ng/kg de peso en fresco). Comparación 2000-2005	185
Figura 35. Contribución de cada grupo de homólogos de éteres difenílicos policlorados a la ingesta diaria derivada de consumo de pescado y marisco	188
Figura 36. Porcentaje de contribución de los diferentes tipos de pescado a la ingesta diaria de éteres difenílicos policlorados, derivada del consumo de pescado y marisco	189

Figura 37. Comparación de las concentraciones de éteres difenílicos policlorados en pescado entre los años 2000 y 2005	191
Figura 38. Comparación de las concentraciones de éteres difenílicos policlorados en pescado entre los años 2000 y 2005	191
Figura 39. Distribución porcentual de los diferentes congéneres de naftalenos policlorados en el pescado y el marisco (calculada sobre los valores medios)	194
Figura 40. Contribución a la ingesta diaria de naftalenos policlorados según el tipo de pescado	195
Figura 41. Concentración media de naftalenos policlorados en pescado y marisco (en ng/kg de peso en fresco). Comparación 2000-2005	197
Figura 42. Concentración media de naftalenos policlorados en merluza, sardina y mejillón (en ng/kg de peso en fresco). Comparación 2000-2005	198
Figura 43. Contribución de las diferentes especies en la ingesta diaria de contaminantes	199
Figura 44. Contribución a la ingesta diaria por tipo de pescado y marisco	200
Figura 45. Ingesta diaria estimada por grupos de población	200
Figura 46. Ingesta diaria estimada en relación con el peso corporal	201

