

# 10 Compuestos perfluorados

Los compuestos perfluorados constituyen una familia amplia de contaminantes, de origen antrópico, de la cual destacan el sulfonato de perfluorooctano (PFOS) y el ácido perfluorooctanoico (PFOA). Estas sustancias son muy estables, tienen una gran resistencia térmica, química y biológica. Son sustancias anfífilas, es decir, se pueden disolver en agua y grasa. Por estas propiedades, se utilizan en multitud de productos industriales, como cosméticos, productos textiles, revestimientos antiadherentes e impermeabilizantes, productos quitamanchas, productos de limpieza, fitosanitarios, etc.

Algunos compuestos perfluorados como los PFOS y los PFAS son persistentes en el medio ambiente y se acumulan a lo largo de la cadena alimentaria. Además, estas dos sustancias son el compuesto final de la degradación de muchos compuestos perfluorados en el ambiente y dentro de los organismos vivos.

La alimentación, especialmente de los productos de la pesca, es la principal vía de exposición del hombre a estos compuestos.

Los PFOS y PFOA se absorben casi por completo. Se acumulan principalmente en el hígado y en la sangre y se excretan muy lentamente por los riñones. Pueden atravesar la placenta y acumularse en el hígado del feto. La semivida de estos dos compuestos es aproximadamente de 5 y 4 años, respectivamente, en el hombre. Los principales efectos adversos se han observado sobre el hígado, la reproducción, el desarrollo, el sistema inmunitario, el sistema hormonal y el metabolismo lipídico. Aunque no son genotóxicos, también causan neoplasias por mecanismos indirectos, principalmente de hígado y de glándula tiroides.

En 2008, la EFSA estableció una ingesta diaria tolerable para el PFOS de 150ng/kg de peso corporal y día en base a los efectos adversos sobre la síntesis de hormonas tiroideas y la concentración de HDL en la sangre en animales de experimentación. También estableció una ingesta diaria tolerable para el PFOA de 1,5 mg/kg de peso corporal y día en base a estudios sobre los efectos adversos en el desarrollo de las crías de animales de experimentación.

## 10. 1 CONCENTRACIONES EN LOS ALIMENTOS

En la tabla 10.1 se presentan los dieciocho compuestos perfluorados analizados en este estudio.

**Tabla 10.1 Lista de compuestos perfluorados**

Compuestos	Abreviación	Fórmula molecular
Ácido perfluorobutanoico	PFBA	C <sub>4</sub> F <sub>7</sub> O <sub>2</sub> H
Ácido perfluoropentanoico	PFPeA	C <sub>5</sub> F <sub>9</sub> O <sub>2</sub> H
Ácido perfluorobutasulfonato	PFBuS	C <sub>4</sub> F <sub>9</sub> SO <sub>3</sub> -
Ácido perfluorohexanoico	PFHxA	C <sub>5</sub> F <sub>11</sub> CO <sub>2</sub> H
Ácido perfluoroheptanoico	PFHpA	C <sub>6</sub> F <sub>13</sub> CO <sub>2</sub> H
Ácido perfluorohexasulfonato	PFHxS	C <sub>6</sub> F <sub>13</sub> SO <sub>3</sub> -
Ácido perfluorooctanoico	PFOA	C <sub>7</sub> F <sub>15</sub> CO <sub>2</sub> H
Ácido 1H,1H,2H,2H-perfluorooctanosulfónico	THPFOs	C <sub>6</sub> F <sub>13</sub> C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> SO <sub>3</sub> -
Ácido perfluorononanoico	PFNA	C <sub>8</sub> F <sub>17</sub> CO <sub>2</sub> H
Perfluorooctanosulfonato	PFOS	C <sub>8</sub> F <sub>17</sub> SO <sub>3</sub> -
Ácido perfluorodecanoico	PFDA	C <sub>9</sub> F <sub>19</sub> CO <sub>2</sub> H
Ácido perfluoroundecanoico	PFUnDA	C <sub>10</sub> F <sub>21</sub> CO <sub>2</sub> H
Perfluorodecanosulfonato	PFDS	C <sub>10</sub> F <sub>21</sub> SO <sub>3</sub> -
Ácido perfluorododecanoico	PFDoDA	C <sub>12</sub> F <sub>25</sub> CO <sub>2</sub> H
Ácido perfluorotridecanoico	PFTTrDA	C <sub>14</sub> F <sub>29</sub> CO <sub>2</sub> H
Ácido perfluorotetradecanoico	PFTDA	C <sub>13</sub> F <sub>27</sub> CO <sub>2</sub> H
Ácido perfluorohexadecanoico	PFHxDA	C <sub>15</sub> F <sub>31</sub> CO <sub>2</sub> H
Ácido perfluorooctadecanoico	PFOcDA	C <sub>17</sub> F <sub>35</sub> CO <sub>2</sub> H

En las tablas 10.2 y 10.3 se presentan las concentraciones de los dieciocho compuestos perfluorados en cada grupo de alimentos analizado. Destaca la presencia elevada sobre todo en pescados y mariscos; también contienen proporciones significativas, aunque bastante inferiores, los productos vegetales y la carne y sus derivados.

**Tabla 10.2. Concentración media de PFC por grupos de alimentos**

Alimentos	PFBA	PFPeA	PFBuS	PFHxA	PFHpA	PFHxS	PFOA	THPFOs	PFNA
Carne y derivados	<90.4	<12.2	<2.45	<29.8	281	3.18	<b>&lt;297</b>	43.0	<78.8
Pescado y marisco	<106	<14.3	54.4	66.7	274	44.9	<b>2628</b>	408	499
Verduras y hortalizas	<142	<19.1	13.1	<46.6	363	4.53	<b>373</b>	1080	<370
Tubérculos	<110	<14.8	<2.97	<36.1	<345	<1.87	<b>&lt;360</b>	<43.5	<95.4
Frutas	<110	<14.8	<2.98	<36.2	<346	<1.87	<b>&lt;361</b>	<43.7	<95.7
Huevos	<118	<15.9	<3.19	<38.8	201	<2.01	<b>&lt;387</b>	<46.8	<103
Leche	<152	<20.5	<4.13	<50.2	243	<2.60	<b>392</b>	<60.6	<133
Derivados lácticos	68.4	<9.01	<1.81	31.2	171	<1.14	<b>188</b>	<26.6	40.2
Pan y cereales	<38.0	<5.12	<1.03	<12.5	<120	<0.65	<b>&lt;125</b>	<15.1	<33.1
Legumbres	<78.5	<10.6	<2.13	<25.9	<247	<1.34	<b>&lt;258</b>	<31.2	<68.4
Aceites y grasas	<43.5	<5.86	<1.18	<14.3	<137	<0.74	<b>&lt;143</b>	<17.3	<37.9
Bollería	<32.9	<4.43	<0.89	<10.8	<103	<0.56	<b>&lt;108</b>	<13.1	<28.6

En pg/g de peso fresco

**Tabla 10.3. Tabla 10.3. Concentración media de PFC por grupos de alimentos**

Alimentos	PFOS	PFDA	PFUnDA	PFDS	PFDoDA	PFTrDA	PFTDA	PFHxDA	PFOcDA
Carne y derivados	<b>33.8</b>	<7.86	<29.3	<0.46	<8.66	<12.8	<12.8	<99.2	<85.7
Pescado y marisco	<b>2682</b>	191	433	8.73	59.6	214	66.8	<116	<100
Verduras y hortalizas	<b>101</b>	<36.9	139	<2.17	<40.6	<59.9	<60.2	<465	<402
Tubérculos	<b>&lt;4.97</b>	15.7	<35.5	<0.56	<10.5	<15.5	<15.5	<120	<104
Frutas	<b>&lt;4.99</b>	10.7	34.5	<0.56	<10.5	15.6	18.7	<120	<104
Huevos	<b>&lt;5.35</b>	<10.2	<38.2	<0.60	<11.3	<16.6	<16.7	<129	<112
Leche	<b>&lt;6.92</b>	<13.3	46.3	<0.78	<14.6	<21.5	<21.6	<167	<144
Derivados lácticos	<b>&lt;3.03</b>	<5.81	21.8	<0.34	<6.40	<9.44	<9.48	<73.3	<63.3
Pan y cereales	<b>&lt;1.72</b>	<3.30	<12.3	2.94	<3.64	<5.36	<5.39	<41.6	<36.0
Legumbres	<b>6.09</b>	<6.83	<25.5	0.40	<7.52	<11.1	<11.1	<86.1	<74.4
Aceites y grasas	<b>1.12</b>	<3.78	<14.1	<0.22	<4.16	<6.14	<6.17	<47.7	<41.2
Bollería	<b>0.70</b>	<2.86	<10.7	<0.17	<3.15	<4.64	<4.67	<36.1	<31.2

En pg/g de peso fresco

Cabe destacar que en la mayoría de las muestras no se detectó la presencia de estos compuestos. Para hacer su evaluación, se ha aplicado el método del límite medio, por el que se atribuye un contenido equivalente a la mitad del límite de detección para aquellas muestras en las que no se detecta su presencia.

## 10.2 CONTRIBUCIÓN DE LOS ALIMENTOS A LA INGESTA DE PFOA Y PFOS

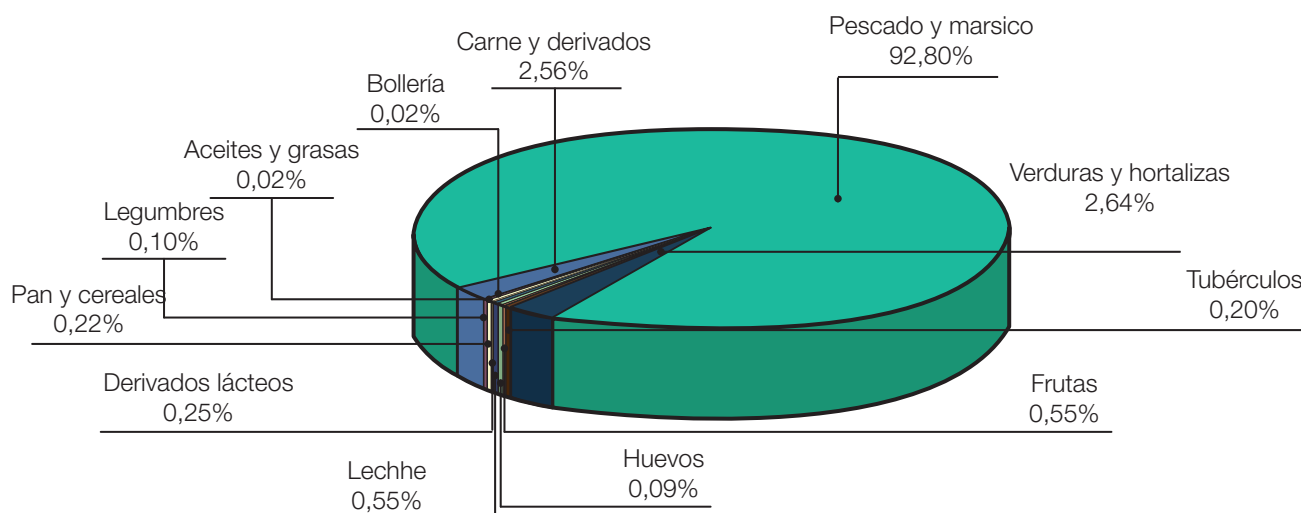
En la tabla 10.4 se presentan, ordenadas por grupos de alimentos, las ingestas diarias estimadas de PFOA y PFOS para un hombre adulto. La ingesta diaria estimada para un hombre adulto es de 354 ng de PFOA y 129 ng de PFOS.

**Tabla 10.4. Ingesta diaria de PFOA y PFOS por grupos de alimentos. Hombre adulto**

Alimentos	Consumo de alimento g/día	Ingesta de PFOA ng/día	Ingesta de PFOS ng/día
Carne y derivados	171,9	36,88	3,30
Pescado y marisco	67,5	103,62	119,71
Verduras y hortalizas	159,7	46,69	3,40
Tubérculos	73,06	18,23	0,26
Frutas	193,6	49,95	0,71
Huevos	31,29	8,40	0,12
Leche	128,4	42,34	0,71
Derivados lácticos	75,62	16,07	0,32
Pan y cereales	224,3	20,30	0,28
Legumbres	30,36	5,42	0,13
Aceites y grasas	27,16	2,70	0,03
Bollería	45,45	3,40	0,03
<b>Total alimentos considerados</b>	<b>1228</b>	<b>354</b>	<b>129</b>

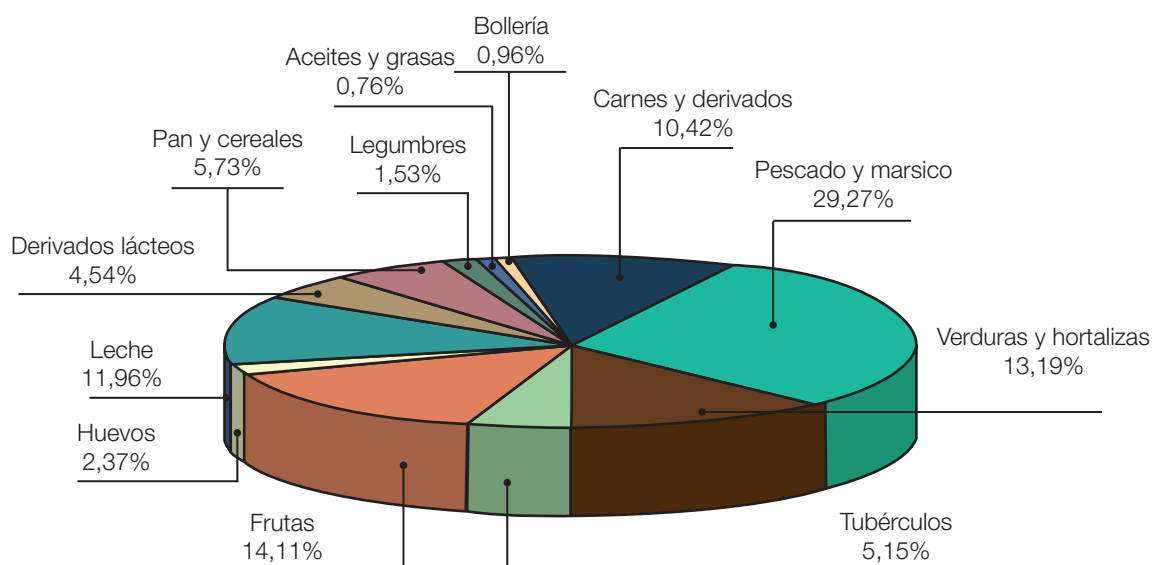
En la figura 10.1 se puede observar la contribución de los diferentes tipos de alimentos a la ingesta de PFOS en el hombre adulto. Por tipo de alimento, la aportación más considerable la hace el pescado y el marisco, con 119,71 ng/día, que representa el 93% del total, seguido a mucha distancia por el grupo de las verduras y hortalizas, con 3,40 ng/día y por la carne y sus derivados, con 3,30 ng/día.

**Figura 10.1. Porcentaje de la ingesta diaria de PFOS en un hombre adulto**



En cambio, en cuanto a la distribución de la ingesta de PFOA (figura 10.2), el grupo de pescado y marisco es el mayor aportador, con 103,62 ng/día, pero sólo representa un 29% del total de la ingesta. Otros grupos importantes son la fruta, con 49,95 ng/día (14% del total) y las verduras y hortalizas, con 46,69 ng/día (13% del total).

**Figura 10.2. Porcentaje de la ingesta diaria de PFOA en un hombre adulto**



### 10.3 INGESTA DIARIA ESTIMADA POR GRUPOS DE POBLACIÓN

En la tabla 10.5 se muestra la ingesta diaria conjunta estimada para los diferentes grupos de población, según edad y sexo. El grupo con una ingesta superior es el de los niños y niñas, seguido de los hombres adultos.

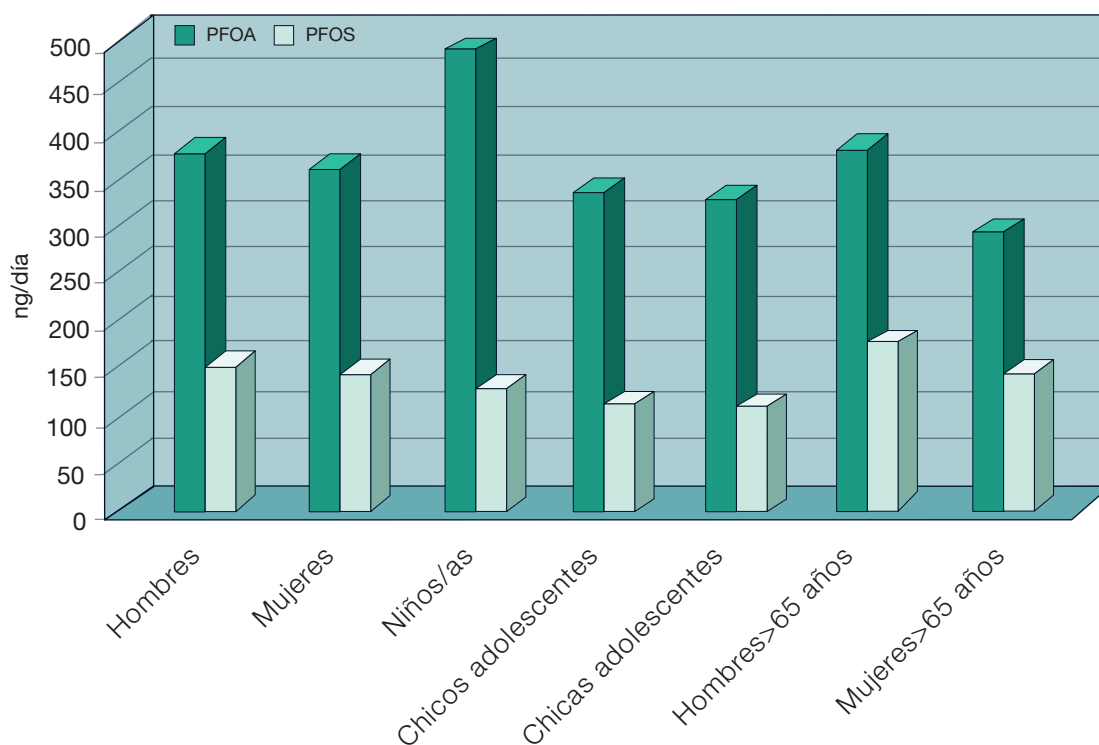
**Tabla 10.5. Ingesta diaria estimada de los diferentes grupos de población**

Grupos de población	PFOA	PFOS
Hombres	354	129
Mujeres	350	124
Niños/as	456	107
Chicos adolescentes	313	92,4
Chicas adolescentes	306	86,3
Hombres más grandes de 65 años	357	149
Mujeres más grandes de 65 años	273	118

En ng/día

En la figura 10.3 se presenta el porcentaje de participación correspondiente a los PFOS y los PFOA en la ingesta diaria. Se puede observar la gran proporción que representan los PFOA en la ingesta total, con un 75% de media. La contribución de PFOS es bastante regular a lo largo de los grupos de edad y se sitúa entre el 22% y el 30%.

**Figura 10.3. Ingesta de PFOA y PFOS por grupos de población**



## 10.4 EVALUACIÓN DEL RIESGO

### 10.4.1 Comparación con los niveles de seguridad establecidos

En la tabla 10.6 se puede observar la ingesta diaria de ambos contaminantes, para los diferentes grupos de población y en relación con el peso corporal.

**Tabla 10.6. Ingesta diaria de PFOA i PFOS relativa al peso corporal**

Grupos de población	Ingesta de PFOA	Ingesta de PFOS
Hombres	5,05	1,84
Mujeres	6,37	2,26
Niños/as	19	4,48
Chicos adolescentes	5,59	1,65
Chicas adolescentes	5,77	1,63
Hombres mayores de 65 años	5,50	2,29
Mujeres mayores de 65 años	4,55	1,97

En ng/kg/día

IDA PFOA: 1500ng/kg/día

IDA PFOS: 150ng/kg/día

Como se puede observar, las ingestas de estos contaminantes son muy inferiores a las ingestas diarias tolerables establecidas por la EFSA. Tal como se desprende de la tabla 10.7, el margen de exposición (MOE) de la población respecto a estos contaminantes es amplio, claramente superiores a 1, especialmente para el ácido perfluorooctanoico (PFOA). Cuanto mayor es el margen, menos preocupante es la sustancia, es decir, menor es el riesgo de que haya individuos dentro de un grupo de población que estén expuestos a ella.

**Tabla 10.7. Margen de exposición para PFOA y PFOS**

Grupos de población	MOE PFOA	MOE PFOS
Hombres	297	81
Mujeres	235,5	66
Niños/as	78,94	33,5
Chicos adolescentes	268	91
Chicas adolescentes	268	92
Hombres mayores de 65 años	272	65,5
Mujeres mayores de 65 años	329	76

### 10.4.2 Otros estudios

En la tabla 10.8 se presentan los datos de algunos estudios similares de todo el mundo. Aunque es difícil establecer una comparación entre ellos, debido a las diversas metodologías y diseños de estudio utilizados, podemos situar Cataluña en el entorno.

**Tabla 10.8. Ingesta media diaria. Comparativa con otros estudios de ingesta**

País	PFOA	PFOS	Autores
Francia	0,03 -1,5	0,13-1,15	ANSES, 2011
Cataluña	5,05	1,84	Aquest estudi
Alemania	0,71-0,95	2,3-3,6	BfR, 2010
Reino Unido	10	10	FSA, 2009
Europa	2	60	EFSA, 2008
Reino Unido	70	130	FSA, 2006

En ng/kg de peso corporal y día