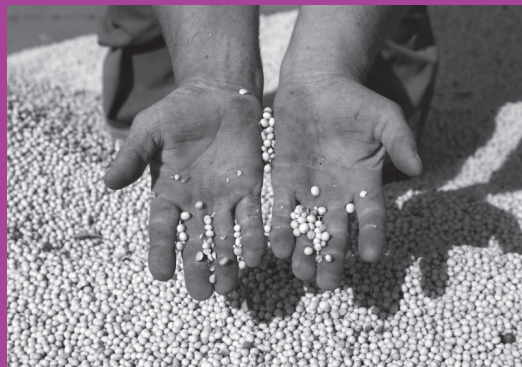
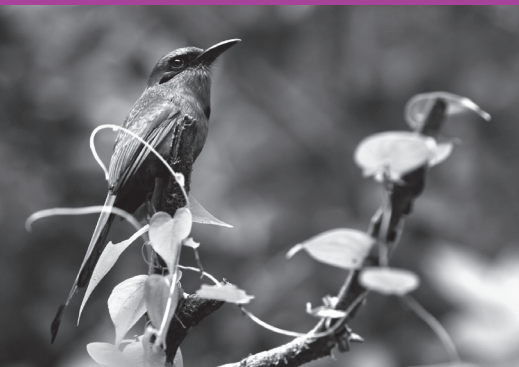


# DISRUPTORES ENDOCRINOS

Nuevas respuestas  
para nuevos retos



## **Presentación 1**

### **1. Disruptores endocrinos 3**

- 1.1. El sistema hormonal o endocrino **3**
- 1.2. Qué son y cómo actúan los disruptores endocrinos **6**
- 1.3. Efectos sobre la salud humana y la fauna silvestre **15**
- 1.4. Sustancias y actividades implicadas **24**
- 1.5. Exposición a disruptores endocrinos en España **28**

### **2. Estudios de caso 37**

- 2.1. Alquilfenoles (APE) **37**
- 2.2. Biocidas **30**
- 2.3. Resinas epoxi-Bisphenol A y Epichlorhidrina **42**
- 2.4. Mercurio **44**
- 2.5. Plaguicidas **47**

### **3. Marco normativo 49**

- 3.1. Normativa europea **49**
- 3.2. Normativa nacional **51**

### **4. Propuestas 53**

Octubre de 2012

Edita: Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS)

ISTAS es una fundación técnico-sindical de CC.OO. que promueve la salud laboral, la mejora de las condiciones laborales y la protección del medio ambiente.

Autora: Dolores Romano Mozo

Agradecimientos: La autora agradece la revisión crítica y los comentarios de Marieta Fernández, Nicolás Olea, Silvina Rabach, Jacinta Romano y Tatiana Santos y la confianza en ISTAS de Ninja Reinekey Genon Jensen.

Financia: queremos agradecer el apoyo económico de European Environment and Health Initiative (EEHI).

Diseño: [teresa@teresacanal.com](mailto:teresa@teresacanal.com)

Fotografías: [rakelfoto.com](http://rakelfoto.com) y [istockphoto.com](http://istockphoto.com)

# PRESENTACIÓN

La prevención de los riesgos para la salud y el medio ambiente por la exposición a disruptores endocrinos (EDC) supone un auténtico reto.

Los métodos tradicionales de evaluación de riesgos de las sustancias químicas incorporados a la normativa vigente no son válidos para proteger a la población y al medio ambiente frente a estas sustancias debido a sus particulares características toxicológicas:

- Pueden actuar a dosis muy bajas.
- Existen periodos del desarrollo que son especialmente vulnerables a la disrupción endocrina, provocando daños que pueden causar importantes efectos sobre la salud a lo largo de toda la vida.
- Su relación dosis-efecto no es lineal,
- Pueden actuar combinadas
- Pueden producir efectos a varias generaciones
- Pueden tener largos periodos de latencia
- Ubiquidad de la exposición a EDC.
- No es posible establecer umbrales de exposición seguros a EDC.

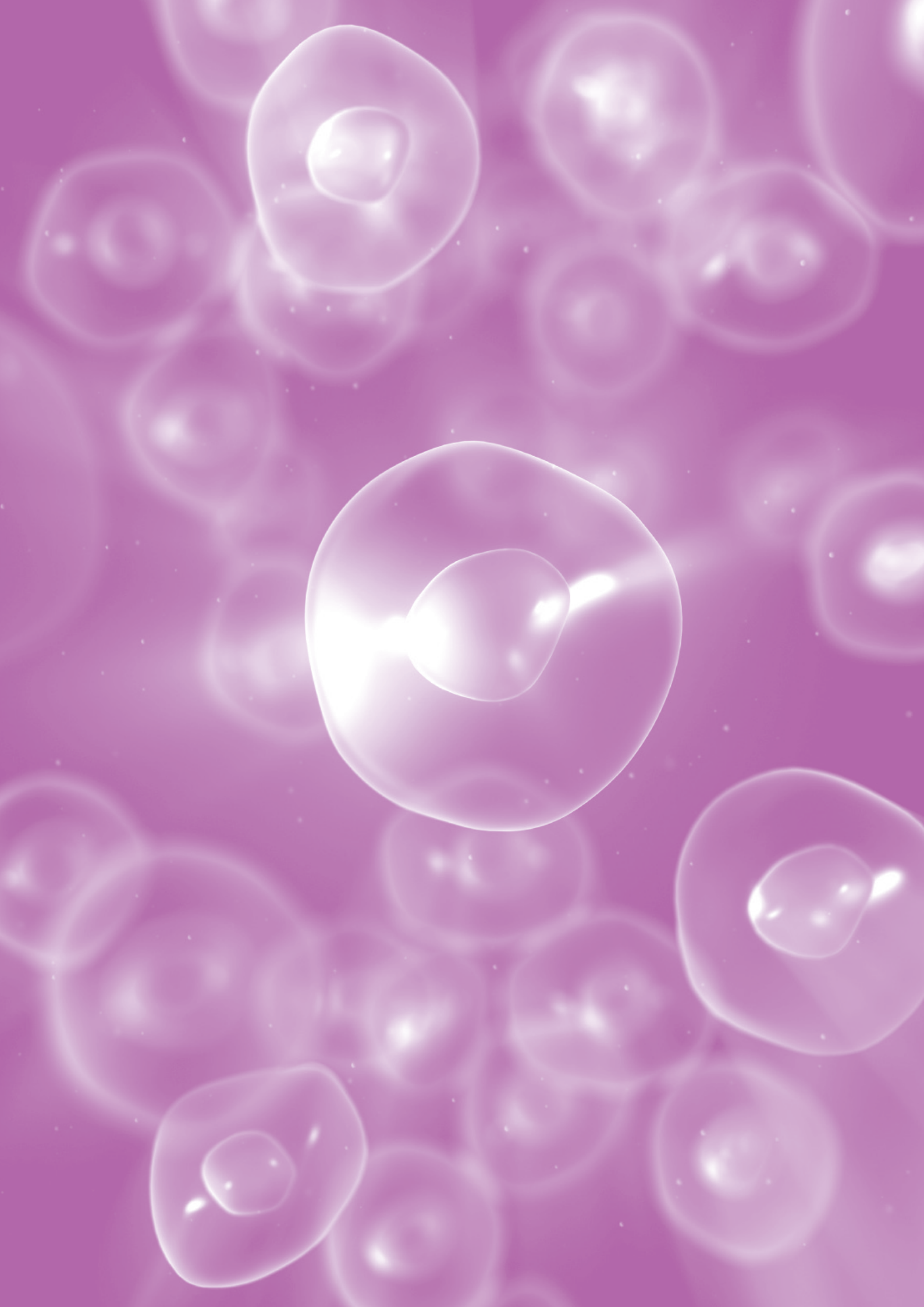
Por ello es necesario utilizar un nuevo paradigma, aplicar el principio de precaución, y adoptar medidas urgentes para:

- Eliminar o reducir en la medida de lo posible la exposición a EDC.
- Evitar la exposición de niños y mujeres en edad reproductiva, embarazadas y lactantes.
- Establecer nuevos métodos de identificación y evaluación que incluyan todas las sustancias capaces de interferir con el sistema hormonal.

Este informe pretende dar a conocer qué son los EDC, explicar sus particularidades toxicológicas, sus efectos para la salud, las sustancias y actividades implicadas y ofrecer datos de exposición a EDC en España.

Además, presenta 5 estudios de caso de exposición a EDC en diferentes actividades, mostrando posibles alternativas y ejemplos de eliminación o sustitución de estas sustancias.

Por último, resume el marco normativo y presenta propuestas de actuación para reducir la exposición a disruptores endocrinos.



# 1. DISRUPTORES ENDOCRINOS

Los disruptores endocrinos son sustancias químicas capaces de alterar el equilibrio hormonal y la regulación del desarrollo embrionario y, por tanto, con capacidad de provocar efectos adversos sobre la salud de un organismo o de su progenie. En este capítulo se analizarán en profundidad considerando los siguientes aspectos:

- 1.1 El sistema hormonal o endocrino
- 1.2 Qué son y cómo actúan los disruptores endocrinos
- 1.3 Efectos sobre la salud y la fauna silvestre
- 1.4 Sustancias y actividades implicadas
- 1.5 Exposición a disruptores endocrinos en España

## 1.1. El sistema hormonal o endocrino

Para comprender qué son los disruptores endocrinos y cómo actúan vamos a resumir primero qué es el sistema endocrino y cómo actúan las hormonas.

El sistema hormonal o endocrino es un sistema de comunicaciones. En los organismos pluricelulares la comunicación entre las células es esencial para que funcionen coordinadamente. Esta comunicación y la integración de la información se producen mediante estímulos químicos.

Las células contiguas se comunican por moléculas de superficie y uniones especializadas, mientras que la comunicación entre células que se encuentran alejadas se realiza a través de la secreción de mensajeros químicos, las hormonas, que activan células diana interaccionando con receptores específicos<sup>1</sup>. El sistema utilizado para transportar a los mensajeros químicos hasta las células diana es el circulatorio, concretamente la sangre.

### Organización anatómica del sistema endocrino

Las células cuya función principal es la de secretar mensajeros químicos (hormonas)<sup>2</sup> se denominan CÉLULAS ENDOCRINAS y se pueden encontrar en 3 localizaciones anatómicas;

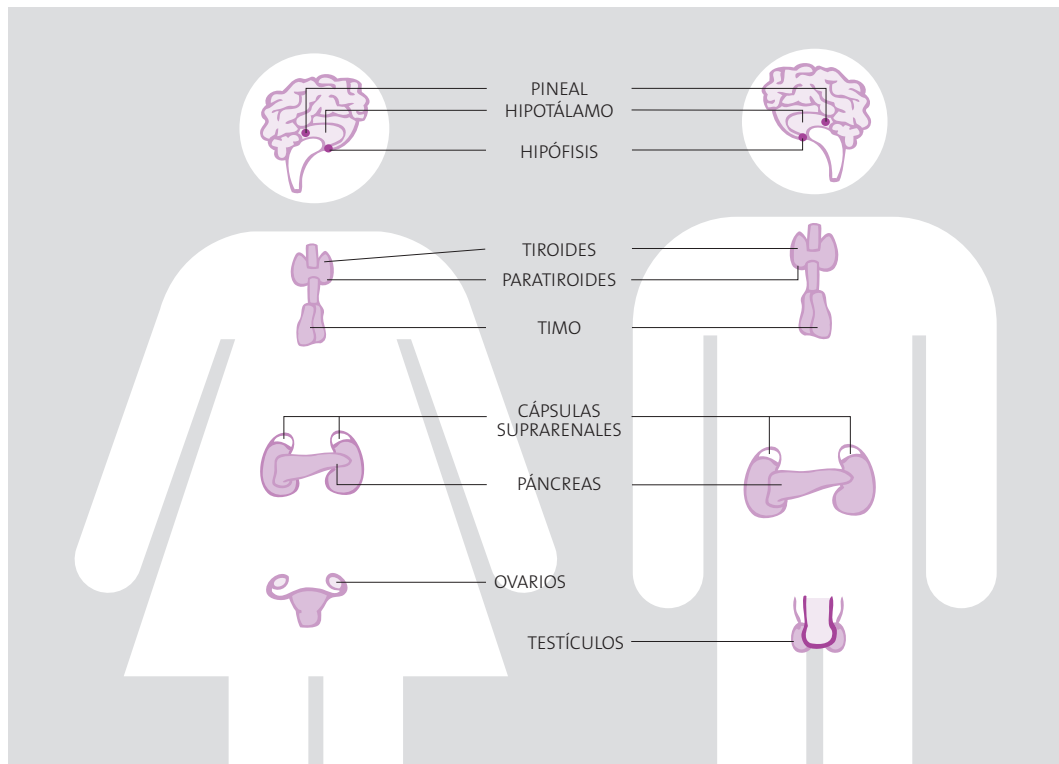
- Células endocrinas agrupadas formando un órgano especializado o GLÁNDULA ENDOCRINA (ver las principales glándulas endocrinas en la figura 1).

1 La secreción de hormonas puede ser de cuatro tipos:

- **Autocrina:** la célula diana es la propia célula secretora (p. ej. La EGF o factor de crecimiento epitelial).
- **Paracrina:** la célula diana es una célula contigua a la secretora (p. ej., prostaglandinas en el sistema neuroendocrino difuso).
- **Endocrina:** las células diana se encuentran alejadas de las células secretoras y se transportan a través de la sangre.
- **Sinapsis:** Es una comunicación directa entre dos células, característica del sistema nervioso. La célula secretora, en este caso una neurona, se encuentra en contacto directo con la célula diana (p. ej., otra neurona, una célula muscular...) y activa a esta a través de un mensajero químico conocido como neurotransmisor, que puede ser compartido con el sistema endocrino. Como puede deducirse, este tipo de transmisión es casi instantánea.

2 Las hormonas pertenecen a cuatro tipos principales de moléculas.

- Derivados de aminoácidos (p. ej., adrenalina, noradrenalina, tiroxina)
  - Péptidos pequeños (encefalina, vasopresina)
  - Proteínas (insulina, hormona del crecimiento)
  - Esteroides (cortisol, progesterona, estradiol, testosterona)
- La mayoría de los mensajeros químicos son hidrosolubles, se difunden rápidamente y en general, interaccionan con moléculas de superficie. Sin embargo, los esteroides y la tiroxina son hidrófobos y reaccionan con receptores intracelulares a los que acceden por transporte a través de la membrana citoplasmática.



**Figura 1. Glándulas endocrinas**

- Células endocrinas formando pequeños grupos dentro de otros órganos especializados (ovario, testículo, páncreas)
- Células endocrinas dispersadas individualmente entre otras células de tejidos epiteliales, especialmente del sistema digestivo y respiratorio, denominadas en su conjunto SISTEMA NEUROENDOCRINO DIFUSO.

de provocar una modificación de un segundo mensajero intracelular (AMPC o GMPc<sup>3</sup>).

- **Receptores intracelulares:** se activan con la hormona y se transportan al interior del núcleo donde dan la orden de sintetizar una nueva proteína efectora.

### Mecanismos de acción de las hormonas

Las hormonas pueden actuar como si fueran enzimas, mediante una acción directa sobre alguna reacción química concreta. O bien pueden actuar sobre la célula diana uniéndose a un receptor específico. Aquí, el modo de acción va a depender del tipo de receptor:

- **Receptores de membrana:** localizados en la membrana de las células. La unión del receptor con la membrana puede provocar una alteración de la permeabilidad de la membrana (es la base de la transmisión del impulso nervioso en las neuronas, también actúan así la insulina y los glucocorticoides, p. ej.). También pue-

de provocar una modificación de un segundo mensajero intracelular (AMPC o GMPc<sup>3</sup>).

Todos los animales vertebrados tenemos las mismas glándulas endocrinas y secretamos hormonas similares para controlar el desarrollo, el crecimiento, o la reproducción, entre otras funciones.

Cada glándula endocrina secreta solo una cantidad muy determinada y muy pequeña de una hormona, en un momento concreto, circulando por la sangre cantidades muy pequeñas.

Las hormonas son sustancias extraordinariamente eficaces. La cantidad de una determinada hormona que se precisa para regular una función metabólica es increíblemente pequeña. Por ejemplo, el estradiol —el más potente de los estrógenos— actúa a concentraciones de partes por billón (pg/g, pg/ml).

3 Adenosín monofosfato cíclico (cAMP) y guanosín monofosfato cíclico (cGMP).



**Tabla 1. Rango de concentraciones endógenas de algunas hormonas en los seres humanos.**

Hormona	Concentraciones libres (mujeres)	Concentración total (mujeres)	Concentraciones libres (hombres)	Concentración total (hombres)
Cortisol	20-300 ng/ml	<20 pg/ml (prepuberal)	20-300 ng/ml	10-60 pg/ml (adulto)
Estradiol	0,5-9 pg/ml (hembra adulta)	20-800 pg/ml (premenopáusica)		
Progesterona		<30 pg/ml (postmenopáusica)		0,1-0,4 ng/ml (prepuberal)
		0,2-0,55 ng/ml (prepuberal)		0,2-2 ng/ml (adulto)
		0,02-0,80 ng/ml (fase folicular)		
		0,90-4 ng/ml (fase lútea)		
		<0,5 ng/ml (postmenopáusica)		
Insulina		0-250 pmol/liter		0-250 pmol/liter
GH		2-6 ng/ml	0,3-250 ng/ml	2-6 ng/ml
Prolactina		0-15 ng/ml		0-10 ng/ml
Testosterona			8-30 pg/ml (10-35 pM)	
Tiroidea	9-150 pg/ml (adulta)			
	8-30 pg/ml (10-35 pM)			
TSH			0,5-5 µU/ml	
	0,5-5 µU/ml			

Fuente: Laura N. Vandenberg, Theo Colborn, Tyrone B. Hayes, Jerrold J. Heindel, David R. Jacobs, Jr., Duk-Hee Lee, Toshi Shioda, Ana M. Soto, Frederick S. vom Saal, Wade V. Welshons, R. Thomas Zoeller, and John Peterson Myers. Hormones and Endocrine-Disrupting Chemicals: Low-Dose Effects and Nonmonotonic Dose Responses. *Endocrine Reviews*, March 14, 2012. er.2011-1050.

**La cantidad de las distintas hormonas presente en la sangre es diferente en cada persona y varía con la edad, sexo, momento del ciclo reproductor ó estado de salud en que se encuentre.** Cada persona presenta su propio estado de equilibrio hormonal. La tabla 1 incluye el rango de concentraciones corporales endógenas de algunas hormonas<sup>4</sup>.

Las hormonas regulan funciones muy diferentes y de muy diverso grado de complejidad, así, pueden:

- Actuar de simples transmisores de información.
- Controlar límites superiores a inferiores de funciones metabólicas.
- Ejercer funciones de control por retroalimentación.
- Controlar sistemas complejos como el ciclo menstrual.
- Regular el desarrollo de glándulas mamarias.
- Regular niveles metabólicos.
- Regular el desarrollo embrionario.

El eje hipotálamo-hipófisis-gonadal (HHG) controla la síntesis hormonal ovárica a través de factores liberadores (GnRH) y hormonas gonadotropicas (LH, FSH); los esteroides ováricos ejercen una retroalimentación negativa sobre el hipotálamo y la hipófisis en el cerebro.

El eje hipotalámico-hipofisario-adrenal (HHA) es una parte esencial del **sistema neuroendocrino** que controla las reacciones al **estrés** y regula varios procesos del organismo como la **digestión**, el **sistema inmune**, las **emociones**, la **conducta sexual** y el **metabolismo** energético.

Las hormonas orquestan el **crecimiento de los sistemas nervioso e inmunitario del embrión, y programan órganos y tejidos** como el hígado, la sangre, los riñones y los músculos, que funcionan de manera diferente en hombres y en mujeres. **Para que todos estos sistemas se desarrollen con normalidad, es preciso que el embrión reciba los mensajes hormonales adecuados, en el lugar concreto y en el momento exacto**, lo que requiere sincronización y estímulos adecuados. Si algo trastorna los estímulos en un periodo crítico del desarrollo, la descendencia puede sufrir graves consecuencias durante toda su vida.

El sistema endocrino interactúa con el sistema nervioso a través del hipotálamo, la hipófisis y los neurotransmisores entre otros, y ambos interactúan a su vez con el sistema inmune, a través de las citoquinas, que también son hormonas. Dada su estrecha interrelación, algunos autores consideran los tres sistemas conjuntamente, como el **sistema neuro-inmuno-endocrino**.

4 Laura N. Vandenberg, Theo Colborn, Tyrone B. Hayes, Jerrold J. Heindel, David R. Jacobs, Jr., Duk-Hee Lee, Toshi Shioda, Ana M. Soto, Frederick S. vom Saal, Wade V. Welshons, R. Thomas Zoeller, and John Peterson Myers. Hormones and Endocrine-Disrupting Chemicals: Low-Dose Effects and Nonmonotonic Dose Responses. *Endocrine Reviews*, March 14, 2012. er.2011-1050.



## RESUMEN EL SISTEMA HORMONAL O ENDOCRINO

- Es un sistema complejo de comunicaciones que regula funciones vitales del organismo, incluido el desarrollo embrionario.
- Está relacionado estrechamente con el sistema nervioso e inmune.
- Está formado por glándulas, hormonas y receptores hormonales.
- Las hormonas son sustancias químicas que actúan como mensajeros.
- Una misma hormona puede regular funciones muy diferentes en órganos diferentes.
- Las hormonas son muy eficaces y actúan a concentraciones muy bajas.
- Cada persona presenta un equilibrio hormonal diferente.
- El sistema hormonal actúa conjuntamente con el sistema nervioso e inmunitario.

### Bibliografía

Andreas Kortenkamp, Olwenn Martin, Michael Faust, Richard Evans, Rebecca McKinlay, Frances Orton and Erika Rosivatz. STATE OF THE ART ASSESSMENT OF ENDOCRINE DISRUPTERS. Final Report. Project Contract Number 070307/2009/550687/SER/D3. 23.12.2011.

Center for Bioenvironmental Research (2002) Environmental Estrogens and Other Hormones. Louisiana, Tulane and Xavier Universities. <http://www.som.tulane.edu/cbr/ecme/eehome/default.html>

Colburn, T., Myers, J. P. y Dumanoski, D. (2001) Nuestro Futuro Robado ¿Amenazan las sustancias químicas sintéticas nuestra fertilidad, inteligencia y supervivencia? Madrid, Ecoespaña Editorial.

## 1.2. Qué son y cómo actúan los disruptores endocrinos

**Disruptores endocrinos, estrógenos ambientales, xenoestrógenos, moduladores endocrinos, ecoestrógenos, hormonas ambientales, compuestos hormonalmente, fitoestrógenos.**

Todos estos términos describen a disruptores endocrinos, sustancias químicas capaces de alterar el equilibrio hormonal y la regulación del desarrollo embrionario y, por tanto, con capacidad de provocar efectos adversos sobre la salud de un organismo o de su progenie.

La capacidad que tienen algunas sustancias químicas sintéticas de interferir en el sistema hormonal humano se conoce desde los años 40, cuando se empezó a utilizar el fármaco DES para prevenir abortos espontáneos. Sin embargo, el término disruptor endocrino – tomado del inglés “Endocrine Disruptor Chemical (EDC)” se acuñó 50 años más tarde, en 1991, durante la Conferencia de Wingspread<sup>5</sup>, donde un grupo de expertos en endocrinología, biología reproductora y del desarrollo, toxicología, biología marina, ecología y psiquiatría se reunieron para evaluar las causas de los efectos adversos observados en estudios epidemiológicos de personas y animales salvajes del Hemisferio Norte, incluyendo daños al sistema reproductor e inmunitario y cánceres en órganos hormono dependientes entre otros. Los participantes propusieron la hipótesis de que

5 Bern, H et al. Statement from the work session on chemically-induced alterations in sexual development: the wildlife/human connection in Eds. T Colborn and C Clement. *Chemically-Induced Alterations in Sexual and Functional Development: The Wildlife/Human Connection*. NJ, U.S.: Princeton Scientific Publishing Co., 1992.



**Tabla 2. Mecanismos de acción de algunos disruptores endocrinos y algunos ejemplos de sus efectos sobre la salud**

Sustancia química	Uso	Acción EDC	Efecto sobre la salud
Atrazina	Herbicida	Incremento expresión aromatasas	Diferenciación y desarrollo sexual masculina
Bisfenol A (BPA)	Resinas epoxi, papel térmico Envases alimentos	Se une al ER, mER, ERR, PPAR, puede formar uniones débiles con el receptor de la TH y AR	Función y desarrollo de la próstata, la mama, el cerebro, sistemas reproductor e inmune, metabolismo.
Clorpirifós	Insecticida	Antiandrogénico	Alteración del receptor de la acetilcolina (cerebro)
Dioxinas cloradas (TCDD)	Contaminante generado durante procesos industriales y de combustión con presencia de cloro (Ej. incineración de residuos).	Se une a AhR	Estrés oxidativo. Alteraciones de la espermatogénesis, la función inmune y del desarrollo dental y óseo, de la reproducción femenina, de la glándula mamaria y de la conducta
Hexaclorobenceno	Contaminante generado durante procesos industriales y de combustión con presencia de cloro (Ej. incineración de residuos).	Regula la fijación del TRE, se une débilmente al AhR	Ansiedad y conducta agresiva
Metoxicloro	Insecticida	Fija el ER	Sistema inmune
Alcanfor 4-metilbencideno (4-MBC)	Pantalla UV	Débilmente estrogénico	Conducta sexual
Metil parabeno	Conservante	Estrogénico	Organización del tejido uterino
Nonilfenol	Detergentes	Débilmente estrogénico	Metabolismo de la testosterona
PCBs180	Lubricante industrial, refrigerante	Alteración de la ruta del glutamato. Mimetiza el estrógeno	Diabetes (humanos)
Perclorato	Carburantes, fuegos artificiales	Bloquea la captación de yodo, altera la TH	Concentraciones de TSH (humanos)
Óxido de tributilestaño	Pesticidas, conservación de la madera	Fija el PPAR	Obesidad
Triclosan	Agente bactericida	Efectos antitiroideos, actividad androgénica y estrogénica	Alteración de la respuesta uterina al etenilestradiol

ER, estrogen receptor; mER, membrane-associated ER; AR, Androgen receptor; ERR, estrogen related receptor; PPAR, peroxisome proliferator-activated receptor; PRGR, progesterone receptor; RXR, retinoid X receptor; TH, thyroid hormone; TRE, thyroid response element.

Fuente: elaboración propia a partir de Laura N. Vandenberg, Theo Colborn, Tyrone B. Hayes, Jerrold J. Heindel, David R. Jacobs, Jr., Duk-Hee Lee, Toshi Shioda, Ana M. Soto, Frederick S. vom Saal, Wade V. Welshons, R. Thomas Zoeller, and John Peterson Myers. Hormones and Endocrine-Disrupting Chemicals: Low-Dose Effects and Nonmonotonic Dose Responses. *Endocrine Reviews*, March 14, 2012 *et.2011-1050*.

los efectos adversos se debían a la alteración del desarrollo embrionario y fetal por la exposición a contaminantes químicos, que denominaron disruptores endocrinos, expresando su preocupación sobre las implicaciones para la salud pública y el medio ambiente de estos hallazgos.

El término disruptor endocrino define un conjunto diverso y heterogéneo de compuestos químicos exógenos, capaces de alterar la síntesis, libe-

ración, transporte, metabolismo, enlace, acción o eliminación de las hormonas naturales en el organismo<sup>6</sup>.

El catálogo de disruptores endocrinos es muy amplio y crece día a día, comprendiendo desde productos químicos sintetizados por el hombre hasta sustancias que se encuentran de manera natural en el medio ambiente, como se describe en el apartado 1.5.

6 Kavlock, R. J. et al. Research needs for the risk assessment of health and environmental effects of endocrine disruptors: a report of the U. S. EPA-sponsored workshop. *Environ. Health Perspect.* 1996; 104 (Suppl. 4), 715–740.

## Mecanismos y modos de acción

Conocer los mecanismos y modos de acción de los diferentes disruptores endocrinos es una de las prioridades de la investigación en este campo. En los últimos años se ha avanzado mucho y se han descrito diferentes formas por las que los disruptores endocrinos pueden alterar el equilibrio hormonal. Así, hay sustancias que pueden:

- **Mimetizar la acción de las hormonas**, por ejemplo, los que actúan como estrógenos se denominan estrógenos ambientales, entre estos se encuentran el DDT, algunos PCBs y muchos fitoestrógenos, compuestos químicos no esteroideos, que se encuentran en los vegetales pero son similares a los estrógenos humano.
- **Antagonizar la acción de las hormonas**, por ejemplo los antiestrógenos como algunos PCB o PCBs, como el fungicida vinclozina.
- **Alterar su patrón de síntesis y metabolismo**, como el PBDE-99 (retardante de llama) que altera la síntesis de la hormona tiroidea (TH).
- **Modular los niveles de los receptores correspondientes**, como el bisfenol A que interfiere en el receptor estrogénico.

Entre los mecanismos de acción más estudiados se encuentran<sup>7,8</sup>:

- Estrogenicidad/ anti-estrogenicidad.
- Androgenicidad/ anti-androgenicidad.
- Alteración tiroidea.
- Alteración de receptores hormonales incluyendo: receptor estrogénico (ER), receptor estrogénico asociado a membrana (mER), receptor androgénico (AR), receptor asociado a estrógeno (ERR), receptor activado de proliferador de peroxisoma (PPAR), receptor de progesterona (PR), receptores X retinoides (RXRs); receptor de aril hidrocarburo (AHR).
- Alteración de las rutas del ácido retinoico, PPAR y de la vitamina D.
- Alteración de tejidos diana en el sistema reproductor, cerebro y sistema cardiovascular.
- Disfunción de células beta pancreáticas.

- Inhibición endógena de la producción hormonal o metabolismo.
- Múltiples efectos modificadores hormonales.

Una misma sustancia disruptora endocrina puede actuar mediante más de un modo de acción como muestra la tabla 2.

**Los EDC se consideran “sustancias camaleónicas” ya que una misma sustancia EDC tiene diferentes modos de actuación según la concentración a la que se encuentre:**

Así, altas dosis de dioxinas pueden ocasionar la muerte, pero concentraciones muy bajas, similares a las que la población está expuesta a través de la ingestión de alimentos contaminados, incrementa el riesgo de anomalías en la reproducción en mujeres<sup>9</sup>.

Niveles elevados (100-1.000.000 nanoMolar) de hexaclorobenceno (HCB) suprimen la actividad androgénica de células de la próstata mientras que dosis bajas (1 nanoMolar) incrementan la actividad androgénica<sup>10</sup>.

La exposición uterina de ratones a dosis de 100 ppb de dietilbestrol (fármaco estrogénico) provoca que los ratones sean muy delgados una vez adultos, sin embargo, la exposición a 1ppb da lugar a adultos obesos<sup>11</sup>.

**Una misma sustancia EDC también puede tener diferentes modos de actuación según el momento específico de desarrollo del tejido con el que contacten:**

Para obtener una respuesta uterotrófica en un ratón adulto es necesario administrarle 100mg/kg/día de BPA. Sin embargo, la administración de solo 25 ng/kg/día de BPA (4.000.000 veces menos) durante el periodo de gestación es capaz de provocar la respuesta del tejido ductal de las mamas.

**Y el efecto adverso causado puede variar dependiendo del momento de la exposición así como del equilibrio hormonal de la persona expuesta, que como hemos visto depende de la edad y sexo entre otros factores<sup>12</sup>.**

7 Andreas Kortenkamp, Olwenn Martin, Michael Faust, Richard Evans, Rebecca McKinlay, Frances Orton and Erika Rosivatz. State of the Art Assessment of Endocrine Disrupters. Final Report. Project Contract Number 070307/2009/550687/SER/D3. 23.12.2011.

8 Miquel Porta and Duk-Hee Lee. Review of the science linking chemical exposures to the human risk of obesity and diabetes. CHEM Trust, 2012.

9 Laura Vandenberg. Opinion: 'There are no safe doses for endocrine disruptors'. *Environmental Health News*. March 15, 2012.

10 Myers P. & Hesler W. Does 'the dose make the poison?' Extensive results challenge a core assumption in toxicology. *Environmental Health News*. April 30, 2007.

11 Miquel Porta and Duk-Hee Lee, Op. Cit.

### Periodos de especial vulnerabilidad/ momento de exposición

El momento de la exposición en el organismo en desarrollo es decisivo para determinar el carácter, la gravedad y la evolución posterior del efecto de los EDC. **Los efectos de los EDC son distintos sobre el embrión, el feto, el organismo perinatal o el adulto.** Si actúan durante un periodo crítico, como por ejemplo en los primeros estadios de la vida, caracterizados por una rápida diferenciación celular y organogénesis, producen lesiones irreversibles<sup>13</sup>.

**Hay una amplia evidencia sobre la exquisita sensibilidad del organismo en desarrollo a sustancias químicas que pueden interferir en la actividad hormonal** en el transcurso de etapas críticas de la organogénesis, durante el desarrollo uterino. En muchos casos este impacto es irreversible y permanece en el organismo afectado durante el resto de su vida. Por otra parte, **puede haber un gran periodo de latencia entre el momento de la exposición y el momento en el que los efectos se ponen de manifiesto**<sup>14</sup>.

La exposición a sustancias químicas biológicamente activas en concentraciones a las que operan las hormonas corporales puede dar lugar a un conjunto de efectos que varían progresivamente a lo largo de las distintas etapas del desarrollo. Estos efectos pueden ser diferentes a los efectos de esa misma sustancia cuando se administra en dosis elevadas, o cuando el individuo está plenamente desarrollado<sup>15</sup>.

Mientras que los efectos hormonales son, en su mayoría, de activación y reversibles en adultos, la exposición extemporánea a hormonas durante la organogénesis afecta principalmente a su organización. Es decir, se daña de forma irreversible la estructura y la función de los órganos diana<sup>16</sup>.

Los efectos de la exposición in útero a EDC no se expresan necesariamente en el nacimiento; los efectos pueden permanecer latentes durante años o hacerse evidentes en la descendencia en lugar de en los individuos expuestos. Por ello, las consecuencias de la exposición a EDC se manifiestan con mayor frecuencia en los hijos que en el progenitor expuesto.

**Los efectos de la exposición a EDC en una generación pueden transmitirse a las generaciones futuras** a través de los mecanismos involucrados en la actividad de programación genética, conocidos como cambios epigenéticos.

Algunos ejemplos incluyen<sup>17</sup>:

- La acción de sustancias químicas capaces de interferir con la acción de andrógenos durante la fase de programación masculina en la vida fetal, esto incluye los antagonistas del receptor de andrógenos, tales como ciertos plaguicidas y ftalatos. Algunas de los resultados de la disminución de la acción de los andrógenos en animales de experimentación sólo se hacen evidentes en la vida adulta, lo que incluye las malformaciones de los órganos reproductores. La mayoría de los efectos son irreversibles.
- Estudios epidemiológicos demuestran que la exposición a dioxinas (TCDD) durante la etapa perinatal tienen un impacto negativo en la calidad del semen, mientras que la exposición durante la vida adulta no afecta a la calidad del semen.
- El estradiol y las sustancias estrogénicas pueden interferir con el sistema de péptido KiSS en los roedores durante la etapa neonatal, influyendo en la edad de aparición de la pubertad.
- El desarrollo del sistema reproductor femenino se programa durante el desarrollo fetal y puede ser interrumpido en esta etapa por una señalización indebida ocasionada por sustancias químicas como el DES, con consecuencias múltiples e irreversibles.
- Se cree que muchos cánceres hormonales, como el de mama, próstata, testículo, ovario y de endometrio pueden tener su origen en la etapa fetal y en la pubertad. Durante estas etapas de la vida, existe una elevada sensibilidad a la exposición a sustancias químicas implicadas en estos tipos de cáncer.
- La acción de las hormonas tiroideas durante el desarrollo uterino de diversos órganos es esen-

12 Colborn T. Commentary: setting aside tradition when dealing with endocrine disruptors. *ILAR J.* 2004; 45(4): 394-400.

13 Marieta Fernández. FUNDAMENTOS DE TOXICOLOGIA. Seminario de actualización en Toxicología Laboral. ISTAS, Madrid, 21 de septiembre de 2011.

14 Bern, H et al. Op. Cit.

15 Laura Vandenberg. Op. Cit.

16 Ana M. Soto and Carlos Sonnenschein. Environmental causes of cancer: endocrine disruptors as carcinogens. *Nature Reviews Endocrinology* 6, 363-370 (July 2010) | doi:10.1038/nrendo.2010.87.

17 Bern, H et al. Op. Cit.

cial, incluyendo el desarrollo del cerebro y del sistema neuro-endocrino. La interrupción de la acción tiroidea por la exposición a sustancias químicas en esta etapa del desarrollo puede tener efectos perjudiciales e irreversibles.

- Hay muchos ejemplos de etapas vulnerables de muchos animales, incluyendo los saltamontes, los anfibios y reptiles que son extremadamente sensibles a la exposición a EDC.

### Efectos a bajas dosis

Se ha observado que **numerosos EDC ocasionan efectos a dosis de exposición muy bajas**, equivalentes a los niveles de exposición que se encuentran actualmente en la población. Como hemos comentado anteriormente estos efectos a dosis bajas pueden ser diferentes a los efectos que ocasionan las mismas sustancias a dosis altas.

La tabla 3 muestra las concentraciones a las que se observa efecto estrogénico de una selección de sustancias químicas de uso industrial en el ensa-

yo E-SCREEN. Las concentraciones están en el rango de nano a micro molares (pg/g a ng/g)<sup>18</sup>.

Un estudio de exposición a contaminantes orgánicos persistentes con capacidad estrogénica (PCBs, DDT, HCB) en la población catalana, representativo de la población española, detectó concentraciones de estas sustancias en el rango de 20-300 ng/g de media en el 90% de la población (Figura 2).<sup>19</sup> Esto es, la población catalana tendría niveles orgánicos de EDC con capacidad de ocasionar efectos negativos sobre su salud.

### Curvas dosis - respuesta

Otra característica de especial relevancia de **los EDC es que no presentan un patrón lineal (a mayor dosis mayor efecto negativo) en la relación dosis - respuesta**.

La “dosis hace el veneno” es uno de los principios básicos en los que se basan en la actualidad las evaluaciones de riesgo de las sustancias químicas, lo que es cierto para muchas sustancias

**Tabla 3. Concentraciones a las que se muestra efecto estrogénico de varias sustancias de uso industrial según el ensayo E-Screen**

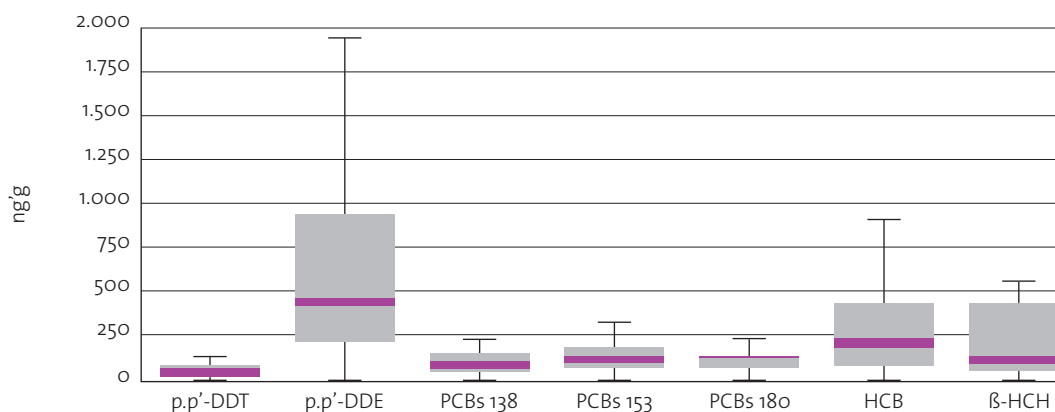
Sustancia	Concentración <sup>a</sup>	APE, % <sup>c</sup>	APP, %
Estradiol	30 pM	100	100
Fenol	10 μM <sup>b</sup>	0	--
4-Etilfenol	10 μM <sup>b</sup>	5	--
4-Propilfenol	10 μM	17	--
4-sec-Butilfenol	10 μM	76	0,0003
4-tert-Butilfenol	10 μM	71	0,0003
4-tert-Pentilfenol	10 μM	105	0,0003
4-Isopentilfenol	10 μM	93	0,0003
4-Butoxifenol	10 μM <sup>b</sup>	0	--
4-Hexiloxifenol	10 μM <sup>b</sup>	0	--
4-Hidroxibifenilo	10 μM	87	0,0003
4,4/-Dihidroxibifenilo	10 μM	84	0,0003
1-Naftol	10 μM <sup>b</sup>	0	--
2-Naftol	10 μM <sup>b</sup>	0	--
5,6,7,8,-Tetrahidronaftol-2	10 μM <sup>b</sup>	0	--
6-Bromonaftol-2	10 μM	38	--
5-Octilfenol	100 nM	100	0,03
4-Nonilfenol	1 μM	100	0,003
Nonilfenol, technical grade	10 μM	102	0,0003
t-Butilhidroxianisol	50 μM	30	0,00006
Bencilbutilftalato	10 μM	90	0,0003

Fuente: Ana M. Soto, Carlos Sonnenschein, Kerrie L. Chung, Mariana F. Fernández, Nicolás Olea, and Fátima Olea Serrano. The E-SCREEN Assay as a Tool to Identify Estrogens: An Update on Estrogenic Environmental Pollutants. *Environ Health Perspect* 103(Suppl 7):113-122 (1995).

<sup>18</sup> Ana M. Soto, Carlos Sonnenschein, Kerrie L. Chung, Mariana F. Fernández, Nicolás Olea, and Fátima Olea Serrano. The E-SCREEN Assay as a Tool to Identify Estrogens: An Update on Estrogenic Environmental Pollutants. *Environ Health Perspect* 103(Suppl 7):113-122 (1995).

<sup>19</sup> Miquel Porta, Elisa Puigdomènech, Magda Gasull y Magda Bosch de Basea. Distribución de las concentraciones séricas de compuestos orgánicos persistentes (COPs) en una muestra representativa de la población general de Cataluña. Barcelona: Departamento de Salud de la Generalitat de Cataluña, IMIM y Universidad Autónoma de Barcelona, 2009.

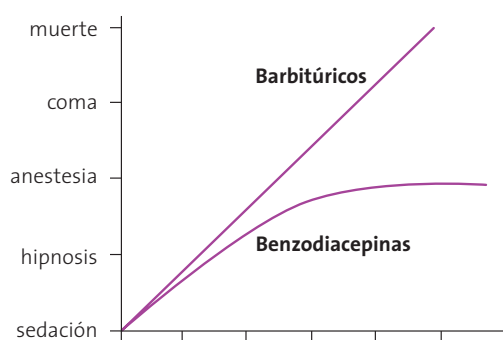
**Figura 2: Concentraciones de 7 Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) en más de un 90% de las personas monitorizadas en Cataluña**



Fuente: Miquel Porta, Elisa Puigdomènech, Magda Gasull y Magda Bosch de Basea. Distribución de las concentraciones séricas de compuestos orgánicos persistentes (COPs) en una muestra representativa de la población general de Cataluña. Barcelona: Departamento de Salud de la Generalitat de Cataluña, IMIM y Universidad Autónoma de Barcelona, 2009.

químicas (Figura 3). Siguiendo este principio, se calculan las dosis de exposición seguras a una sustancia. Así, se hacen ensayos de toxicidad para un efecto determinado (por ejemplo estrogenicidad) con dosis decrecientes de la sustancia, hasta que se llega a un nivel al que no se produce el efecto tóxico (NOAEL\_ Nivel al que no se observan efectos adversos en sus siglas en inglés). A este nivel se le añade un factor de seguridad y se establece así el nivel de exposición seguro.

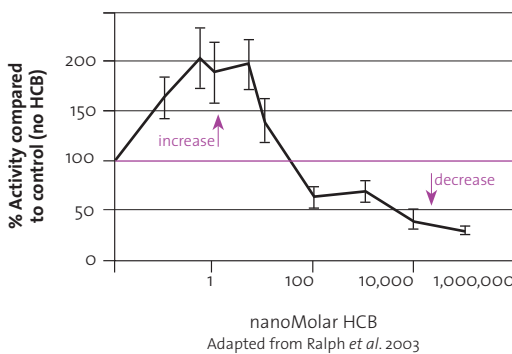
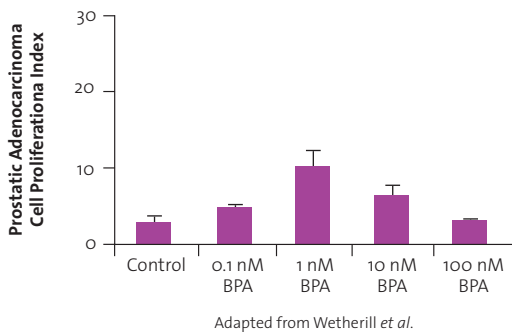
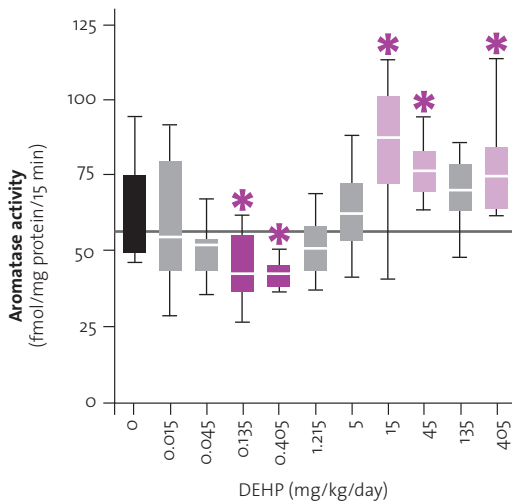
**Figura 3. Curva dosis-respuesta de barbitúricos y benzodiazepinas**



Fuente: Marieta Fernández. FUNDAMENTOS DE TOXICOLOGÍA. Seminario de actualización en Toxicología Laboral. ISTAS, Madrid, 21 de septiembre de 2011.

Sin embargo, muchas sustancias químicas con actividad endocrina no siguen este patrón de curva dosis - respuesta, sino que presentan curvas dosis respuesta no lineales, ya sea en forma de U o de U invertida, indicando que pueden provocar efectos tóxicos a dosis altas, ningún efecto a dosis intermedias y efectos adversos a dosis bajas o viceversa (ver figuras 4, 5 y 6)<sup>20</sup>.

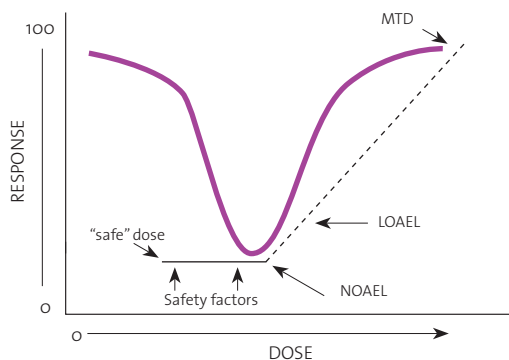
**Figuras 4, 5 y 6. Ejemplos de curvas dosis-respuesta no monotónicas**



Fuente: Myers P. & Hesler W. Does 'the dose make the poison'? Extensive results challenge a core assumption in toxicology. *Environmental Health News*. April 30, 2007.

Los ensayos de toxicidad estandarizados en la normativa actual no detectan los efectos adversos que se producen a dosis bajas, ya que cuando encuentran niveles sin efectos adversos a dosis superiores, no siguen buscando posibles efectos negativos a dosis bajas (Figura 7).

**Figura 7. Cálculo de niveles de exposición seguros en ensayos de toxicidad estandarizados**



Fuente: Laura N. Vandenberg, Theo Colborn, Tyrone B. Hayes, Jerrold J. Heindel, David R. Jacobs, Jr., Duk-Hee Lee, Toshi Shioda, Ana M. Soto, Frederick S. vom Saal, Wade V. Welshons, R. Thomas Zoeller, and John Peterson Myers. Hormones and Endocrine-Disrupting Chemicals: Low-Dose Effects and Nonmonotonic Dose Responses. *Endocrine Reviews*, March 14, 2012. [er.2011-1050](https://doi.org/10.1210.er.2011-1050).

Por tanto, **no puede establecerse un nivel de exposición seguro para los EDC que presentan curvas dosis-respuesta no lineales**. Además, los niveles de exposición seguros establecidos para otros efectos tóxicos, no protegen frente al efecto de disrupción endocrina.

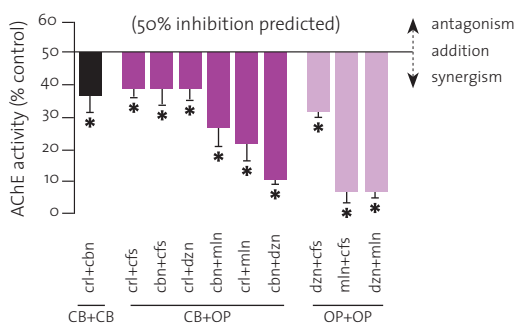
**Mezclas / efectos combinados**

Otra característica preocupante de algunos EDC es que el efecto adverso puede ser el resultado de la acción combinada de diversas sustancias, que a nivel individual no presentan efectos negativos detectables, pero **combinados pueden desencadenar una respuesta paradójica, bien sinérgica, antagónica o simplemente aditiva**. Esta característica es de especial relevancia, dado que en la "vida real" la población general está expuesta a un cóctel de concentraciones bajas de centenares de sustancias químicas diferentes y, sin embargo, las evaluaciones de riesgo que se realizan en la actualidad sólo contemplan las sustancias químicas individualmente.



La figura 8 muestra la capacidad para inhibir la actividad de la acetilcolinesterasa (una enzima que interviene en la neurotransmisión) de diferentes combinaciones de plaguicidas<sup>21</sup>.

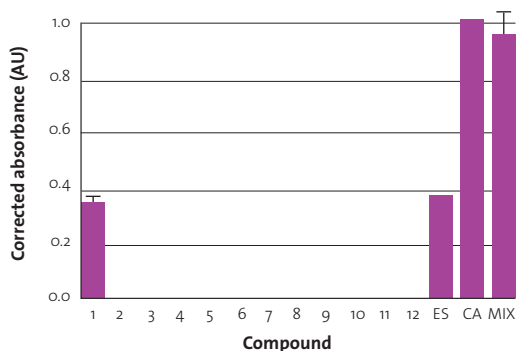
**Figura 8. Efecto combinado de plaguicidas sobre la inhibición de la actividad de la acetilcolinesterasa**



Fuente: Andreas Kortenkamp, Thomas Backhaus and Michael Faust State of the Art Report on Mixture Toxicity. Final Report. Executive Summary. 22 December 2009. Study Contract Number 070307/2007/485103/ETU/D.1.

La figura 9 muestra cómo sustancias que individualmente pueden tener un efecto estrogénico bajo, cuando actúan combinadas (MIX) potencian ese efecto estrogénico<sup>22</sup>.

**Figura 9. Efecto estrogénico de combinaciones de sustancias**



Fuente: Rajapakse N, Silva E, Kortenkamp A 2002. Combining Xenoestrogens at Levels below Individual No-Observed-Effect Concentrations Dramatically Enhances Steroid Hormone Action. *Environ Health Perspect.* 110:917-921. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.02110917>.

Estudios realizados por la Universidad de Granada en mujeres andaluzas han demostrado un aumento del riesgo de desarrollo de cáncer de mama por la exposición combinada a contaminantes con capacidad estrogénica, medida como carga total efectiva de xenoestrógenos (TEXB) en suero y tejido adiposo (Tabla 4)<sup>23</sup>.

**Tabla 4. Carga total efectiva de xenoestrógenos (TEXB) en suero y tejido adiposo de mujeres con cáncer de mama y de casos control.**

	Casos (n = 198)		Controles (n = 260)		
	GM	GSD <sup>a</sup>	GM	GSD	p <sup>b</sup>
DDE <sup>c</sup>	326,86	2,78	307,34	3,62	0,57
Aldrin <sup>c</sup>	2,84	4,12	2,37	4,21	0,33
Endosulfan-ether <sup>c</sup>	0,79	1,95	0,75	1,81	0,66
Lindano <sup>c</sup>	6,12	2,84	5,82	3,02	0,67
TEXB-alpha <sup>d</sup>	44,60	14,73	31,79	14,30	0,20
TEXB-beta <sup>d</sup>	76,48	13,74	72,70	14,44	0,86

a GM, media geométrica; GSD, desviación geométrica estándar.  
 b Ensayo Student's t.  
 c ng/g de grasa.  
 d Picomolar de Estradiol equivalente (Eq)/gr de grasa.

Fuente: Jesus M. Ibarluzea, Mariana F. Fernandez, Loreto Santa-Marina, Maria F. Olea-Serrano, Ana M. Rivas, Juan J. Aurrekoetxea, Jose Exposito, Miguel Lorenzo, Pablo Torne, Mercedes Villalobos, Vicente Pedraza, Annie J. Sasco & Nicolas Olea. Breast cancer risk and the combined effect of environmental estrogens. *Cancer Causes and Control.* 15: 591-600, 2004.

### Umbral de exposición seguros

Como se ha comentado anteriormente, no existe un umbral de concentración exacto para el desarrollo del efecto toxicológico, o al menos ese nivel de concentración es diferente al conocido como límite de seguridad para otros aspectos toxicológicos distintos de la disrupción endocrina.

Aunque hipotéticamente pudiese establecerse un umbral de exposición segura para una sustancia determinada en un individuo determinado, no es posible establecer umbrales de exposición seguros para una población, dada la diferente sensi-

21 Andreas Kortenkamp, Thomas Backhaus and Michael Faust State of the Art Report on Mixture Toxicity. Final Report. Executive Summary. 22 December 2009. Study Contract Number 070307/2007/485103/ETU/D.1.  
 22 Rajapakse N, Silva E, Kortenkamp A 2002. Combining Xenoestrogens at Levels below Individual No-Observed-Effect Concentrations Dramatically Enhances Steroid Hormone Action. *Environ Health Perspect.* 110:917-921. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.02110917>.  
 23 Jesus M. Ibarluzea, Mariana F. Fernandez, Loreto Santa-Marina, Maria F. Olea-Serrano, Ana M. Rivas, Juan J. Aurrekoetxea, Jose Exposito, Miguel Lorenzo, Pablo Torne, Mercedes Villalobos, Vicente Pedraza, Annie J. Sasco & Nicolas Olea. Breast cancer risk and the combined effect of environmental estrogens. *Cancer Causes and Control.* 15: 591-600, 2004.

bilidad individual a los EDC y el papel que juegan las diferencias de exposición de fondo y endógenas en los procesos de las enfermedades<sup>24</sup>.

**Por todo ello, los EDC deben considerarse sustancias sin límite de exposición seguros.**



## RESUMEN

- Los disruptores endocrinos son sustancias químicas capaces de alterar el equilibrio hormonal.
- Actúan a dosis muy bajas, presentan distintos mecanismos de actuación y comprenden a un gran número de sustancias con estructuras químicas muy diferentes.
- Una misma sustancia EDC tiene diferentes modos de actuación según la concentración a la que se encuentre y según el momento específico de desarrollo del tejido con el que contacten. El efecto adverso causado puede variar dependiendo del momento de la exposición, así como del equilibrio hormonal de la persona expuesta, que depende de la edad y sexo entre otros factores.
- Hay períodos de vulnerabilidad durante el cual la exposición a EDC puede ser particularmente dañina. Los períodos más críticos mejor estudiados son el prenatal y el desarrollo postnatal temprano. Los efectos de la exposición durante el periodo perinatal pueden no manifestarse hasta mucho más tarde en la vida. Efectos en una generación se pueden transmitir a las generaciones futuras a través de los mecanismos involucrados en la actividad de programación genética, conocidos como cambios epigenéticos.
- Numerosos EDC ocasionan efectos a dosis de exposición muy bajas, equivalentes a los niveles actuales de exposición de la población. Estos efectos a dosis bajas pueden ser diferentes de los efectos que ocasionan las mismas sustancias a dosis altas.
- La población está expuesta a niveles corporales de EDC que pueden ocasionar efectos perjudiciales sobre la salud.
- La dosis no hace el veneno para los EDC: muchos EDC no siguen un patrón de curva dosis-respuesta lineal, sino que presentan curvas que cambian de dirección (en forma de U o de U invertida) ya que pueden provocar efectos tóxicos a dosis altas, ningún efecto a dosis intermedias y efectos adversos a dosis bajas o viceversa. Por tanto, los ensayos de toxicidad estandarizados en la normativa actual no detectan los efectos adversos que producen los EDC a bajas concentraciones.
- No puede establecerse un nivel de exposición seguro para los EDC que presentan curvas dosis-respuesta no lineales. Además, los niveles de exposición seguros establecidos para otros efectos tóxicos no protegen frente al efecto de disrupción endocrina.
- El efecto negativo puede ser el resultado de la acción combinada de diversos compuestos, que a nivel individual no presentan efectos negativos, pero combinados pueden desencadenar una respuesta sinérgica, antagónica o simplemente aditiva.
- No es posible establecer umbrales de exposición seguros a EDC.

## 1.3. Efectos sobre la salud humana y la fauna silvestre

Existen numerosas pruebas científicas que confirman que muchos de los EDC estudiados hasta la fecha tienen una amplia gama de efectos sobre la salud humana y la fauna silvestre. Las pruebas de los efectos de los EDC sobre la salud se basan en:

- Efectos observados en animales silvestres.
- Experimentos en animales de laboratorio (in vivo) y en cultivos celulares (in vitro).
- Efectos observados en personas.
- Estudios epidemiológicos.

El informe publicado por la Comisión Europea en febrero de 2012<sup>25</sup>, que revisa el conocimiento existente, señala los siguientes efectos de los EDC sobre la salud humana y sobre la fauna silvestre.

### 1.3.1. Efectos sobre la salud humana

#### 1.3.1.1. Daños a la Salud reproductora

##### DAÑOS AL SISTEMA REPRODUCTOR MASCULINO

La exposición a disruptores endocrinos está relacionada con tres efectos que normalmente se consideran de forma conjunta: 1) reducción de la capacidad reproductora manifestada por una disminución de la calidad del semen e infertilidad; 2) alteración del desarrollo fetal resultando en malformaciones congénitas del tracto urogenital como criptorquidia (no descenso testicular) e hipospadia (posición anormal de la apertura de la uretra); y 3) aparición de tumores de células germinales de los testículos.

#### Disminución de la calidad del semen

Estudios coordinados llevados a cabo en varios países europeos muestran una continua disminución de la calidad del semen según el año de nacimiento, presentando los hombres más jóvenes peor calidad. Aproximadamente un 20% de los jóvenes en Dinamarca y Alemania tienen concentraciones de esperma por debajo del límite establecido por la OMS de 20 millones por ml.

#### Criptorquidia

Criptorquidia (no descenso testicular) es la malformación congénita más común en niños recién nacidos. Afecta a entre el 2 y el 4% de los niños, pero según estimaciones recientes puede llegar al 9% en algunos países. Se ha observado un incremento del riesgo de desarrollo de criptorquidia por exposición prenatal a DES, PCBs, bifenilos polibromados (PBDE), epóxido de heptacloro, hexaclorobenceno (HCB) y algunos plaguicidas, incluyendo DDT/DDE.

#### Hipospadias

La hipospadias afecta a entre el 0,2 y el 4% de los niños recién nacidos. La acción de las hormonas andrógenas es crucial para garantizar la adecuada ubicación de la apertura de la uretra en el pene. Al reducirse la cantidad de andrógenos la apertura de la uretra aparece por debajo del pene e incluso cerca del escroto.

##### ALTERACIONES EN EL SISTEMA REPRODUCTOR FEMENINO

La exposición a disruptores endocrinos, especialmente durante el desarrollo uterino, se ha relacionado con pubertad precoz, reducción de la fecundidad, síndrome de ovarios poliquísticos, reducción de la fertilidad, resultados adversos del embarazo, endometriosis y fibroides uterinos (tumores no cancerosos) y cáncer de mama y de ovarios.

#### Pubertad precoz

Existe una importante evidencia científica experimental sobre la capacidad de algunas sustancias

químicas sintéticas de influir en la programación de la pubertad durante etapas del desarrollo especialmente susceptibles.

En los últimos decenios se ha observado el continuo adelanto de la pubertad femenina. La edad media de la menarquía (primera menstruación) en Europa occidental y los Estados Unidos en los años 90 del siglo XX era los 14 años. Esta edad se había estabilizado desde mediados del siglo XX tras la mejora de las condiciones de vida y de nutrición de la población. Sin embargo, desde los años 90 se ha observado una disminución constante de la edad de menarquía hasta los 12 años en la actualidad, encontrándose niñas de 5 y 6 años con inicio de desarrollo de los senos.

La pubertad precoz está relacionada con la exposición prenatal a EDC estrogénicos.

### Reducción de la fecundidad femenina

Fecundidad es la capacidad biológica de concebir y fertilidad es la capacidad de llevar a término un embarazo. Se estima que en Europa una de cada 10 parejas tiene problemas para concebir, y es una importante causa de sufrimiento personal y de importantes costes económicos en tratamientos de reproducción asistida.

La reducción de la fecundidad se debe a daños en los óvulos y a la alteración del ciclo menstrual y está relacionada con la alteración de los procesos neuroendocrinos, endocrinos y paracrinós que regulan la ovogénesis, el desarrollo folicular y la ovulación. Algunas sustancias químicas, como los organoclorados, pueden alterar estos procesos.

### Síndrome de ovarios poliquísticos (SOP)

El síndrome de ovarios poliquísticos (SOP) es una alteración endocrina que afecta a varios sistemas orgánicos y provoca alteraciones tales como disfunción menstrual, infertilidad, hirsutismo, acné, obesidad, y síndrome metabólico que tienen un importante impacto psicológico, social y económico. Es la alteración endocrina más común en las mujeres en edad fértil, con una prevalencia del 18% en las mujeres estudiadas. El SOP está relacionado con un exceso de andrógenos. Entre los EDC andrógenos se incluyen algunos retardantes de llama (hexabromociclododecano, penta-bromodifenileter y hexa- bromodifenileter) y agentes

bactericidas como el triclosan utilizado en numerosos productos de higiene.

### Reducción de la fertilidad y daños congénitos

Los problemas de fertilidad de la población europea y española van en aumento, alcanzando en algunos casos cifras epidémicas.

La exposición a EDC está relacionada con abortos espontáneos, embarazos ectópicos, muerte fetal, mortinatos, partos pretérmino, bajo peso al nacer, alteración del ratio de sexos (número de hombres y mujeres que nacen) y ciertos daños congénitos.

Entre las principales complicaciones durante el embarazo se incluyen abortos, pre-eclampsia y restricción del crecimiento intrauterino (RCIU): éstas se deben a alteraciones en la implantación del embrión y se considera que puedan estar relacionadas con una alteración de la regulación endocrina que prepara el útero para el embarazo durante el ciclo menstrual.

Otras alteraciones del sistema endocrino, como diabetes, hipo e hipertiroidismo, oligomenorrea, SOP, hiperandrogenemia e hiperprolactinemia pueden causar abortos espontáneos. Además, las alteraciones de los niveles de progesterona se han relacionado con embarazos ectópicos y reducción del crecimiento de la placenta y del feto, mientras que la alteración de los niveles de estrógeno está relacionada con la variación del ratio entre sexos y ciertos daños congénitos.

Algunos EDC asociados a problemas de fertilidad y daños congénitos son DES, bisfenol A, plaguicidas organofosforados, compuestos organoclorados (DDT, pentaclorofenol y PCBs, PCDF), bifenilos polibromados (PBB) y plomo.

### Endometriosis

La endometriosis es un trastorno ginecológico común que consiste en la presencia de tejido endometrial fuera del útero (generalmente en la cavidad abdominal) que ocasiona dolor pélvico crónico e infertilidad.

Se considera que puede estar causada por el efecto combinado de predisposición genética, alteración de la respuesta inmune y hormonal y

factores ambientales. La prevalencia de la endometriosis varía entre el 6-15% de las mujeres en edad fértil y hasta el 50% de las mujeres con dolor pélvico e infertilidad. La endometriosis está relacionada con la exposición a bisfenol A y B, ftalatos, plaguicidas organoclorados, bifenilos polibromados y policlorados y dioxinas.

### Fibroides uterinos

Los fibroides uterinos o miomas son tumores benignos de las células del músculo liso del miometrio. Su presencia en el útero y la cavidad pélvica pueden ocasionar menorragia (menstruación inusualmente abundante o prolongada), dolor abdominal, prolapso pélvico, infertilidad y complicaciones durante el embarazo y son la principal causa de histerectomía (extirpación del útero). Aparecen en el 25-50% de las mujeres y al ser un tumor hormono dependiente, el papel de la exposición a EDC en su desarrollo es objeto de interés y se ha relacionado con la exposición a metales pesados, PAH, plaguicidas organoclorados, bifenilos policlorados (PCBs), retardantes de llama polibromados (como por ejemplo PBDE) y bisfenol A.

## 1.3.1.2. Tumores en órganos hormono dependientes

### Cáncer de mama

La incidencia del cáncer de mama está aumentando a niveles preocupantes en todos los países industrializados.

Entre los factores de riesgo del cáncer de mama se incluyen factores reproductivos (edad de menarquía y menopausia, número de hijos y edad al tener el primer hijo, tiempo de lactancia, etc.), la genética, y la exposición a contaminantes ambientales. Los periodos críticos son aquellos en los que el tejido mamario es más vulnerable, esto es, durante la pubertad y durante el desarrollo uterino.

Aunque el mecanismo de desarrollo no se ha descrito con exactitud, se ha observado que el cáncer de mama es hormono dependiente y que está relacionado con la exposición a EDC estrogénicos, incluyendo bifenilos policlorados, hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), dioxinas y furanos clorados y disolventes orgánicos. Un estudio rea-

lizado en mujeres españolas muestra la relación entre cáncer de mama y la carga total de sustancias estrogénicas a la que están expuestas, demostrando cómo el efecto combinado de diversos plaguicidas y sustancias industriales cloradas afecta a la incidencia de cáncer de mama, aunque la exposición a las mismas sustancias por separado no lo esté (ver apartado sobre efectos combinados pág. 13).

### Cáncer de próstata

El cáncer de próstata es uno de los tumores más frecuentes entre hombres europeos. Todos los países europeos han experimentado un incremento dramático de su incidencia situada entre 24-114 casos por 100.000 habitantes. Las hormonas andrógenas juegan un papel clave en su etiología, ya que se ha demostrado que niveles elevados de testosterona y su metabolito DHT en la próstata incrementan el riesgo de desarrollar este tipo de cáncer. La exposición a EDC, en particular plaguicidas organoclorados y organofosforados durante su fabricación y aplicación, así como a PCBs, cadmio y arsénico, está relacionada con su incidencia.

### Cáncer de testículo

Durante los últimos 20-30 años se ha producido una epidemia de cáncer testicular, siendo en la actualidad la neoplasia maligna más frecuente entre hombres de 15-34 años, con una incidencia general en Europa de 12 casos por 100.000 habitantes. Entre los factores de riesgo se encuentra una reducción de la acción de los andrógenos durante la etapa fetal.

Se han relacionado varios EDC organoclorados con el cáncer de testículos, incluyendo p,p'-DDT, PCBs y otros plaguicidas organoclorados. Al igual que en el cáncer de mama, se considera como factor de riesgo el efecto aditivo de la exposición a una mezcla de EDC estrogénicos.

### Cáncer de tiroides

El cáncer de tiroides es una de las enfermedades más prevalentes en mujeres jóvenes. Su incidencia, 1,18 por 100 000 habitantes a nivel mundial, es inferior a la de otros tumores. Es 3 veces más frecuente en mujeres que en hombres, afectando sobre todo a mujeres de 15 a 44 años. Aunque la

genética es un factor de riesgo clave, esta no puede explicar el elevado incremento de este tipo de cáncer que se ha producido en los últimos años.

Varios EDC actúan como “antihormonas” tiroideas, alterando la disponibilidad de las hormonas tiroideas. Se considera que la exposición a sustancias químicas capaces de alterar el eje hipotálamo-hipófisis-tiroideas (HPT) contribuye a la progresión de la enfermedad. Entre los EDC relacionados con el cáncer de tiroides se encuentran diversas sustancias organocloradas, incluyendo dioxinas, PCBs, plaguicidas y disolventes.

### 1.3.1.3. Alteraciones en el desarrollo del sistema neurológico

La alteración del desarrollo neurológico está relacionada con los siguientes trastornos:

- Cognitivos, del aprendizaje y de la memoria.
- Autismo, trastorno de déficit de atención, retraso mental y parálisis cerebral.
- ‘Déficits neurofisiológicos’: hitos del desarrollo, función cognitiva y problemas de comportamiento.
- Deterioro motor, pérdida de memoria y cambios sutiles de comportamiento.
- Desórdenes de movimientos (hipotonía, hiporeflexia, desarrollo motor), lentitud generalizada y déficits importantes del cociente intelectual (IQ).
- Déficits sensoriales, incluyendo ototoxicidad y defectos de visión.
- Agresividad.
- Alteración de la conducta durante el juego.
- Defectos del desarrollo embriológico como defectos del tubo neural.

Datos de Estados Unidos muestran que en los últimos años se ha observado un incremento de trastornos neurológicos durante el desarrollo embriológico y se piensa que pueden ser debidos en un 25% a la combinación de factores genéticos y ambientales. Cientos de miles de niños padecen problemas de salud mental incapacitantes, incluyendo retraso mental, problemas de aprendizaje, autismo e hiperactividad (TDAH). Más de un 10% de los niños tiene dificultades de aprendizaje, y un 17% sufre sordera, ceguera, epilepsia, dificultades de habla y trastornos emocionales.

Los mecanismos endocrinos involucrados en la neurotoxicidad durante el desarrollo embriológico incluyen la interferencia con la función neuroendocrina (hipotálamo-hipófisis) que es clave en el comportamiento reproductor y sexual y la interferencia con las hormonas en circulación, incluyendo las hormonas tiroideas y los estrógenos y andrógenos que lo regulan.

El mecanismo endocrino relacionado más comúnmente con la neurotoxicidad del desarrollo es la alteración tiroidea. Una revisión de la bibliografía científica de 2004 de 48 EDC encontró que el 50% tenía potencial neurotóxico. Entre ellos se encuentran contaminantes organoclorados (PCBs, dioxinas, furanos), retardantes de llama bromados (BFR), perclorato, plaguicidas, bisfenol-A, sustancias perfluoradas (PFOA, PFOS), ftalatos, filtros ultravioletas (4MBC, OMC, BP2 BP3) y metales pesados como plomo, mercurio y arsénico.

### 1.3.1.4. Enfermedades metabólicas

El síndrome metabólico, la diabetes y la obesidad, son tres enfermedades metabólicas relacionadas con la disrupción endocrina cuya incidencia se ha incrementado a nivel mundial hasta alcanzar cifras epidémicas. La obesidad afecta a 150 millones de adultos y 15 millones de niños en Europa (un 20% de la población adulta y al 10% de la población infantil). El 23% de la población española de más de 18 años tiene obesidad, enfermedad que está presente en el 35% de los mayores de 65 años. Por otra parte, el 6% de los adultos españoles padece diabetes, cuyo tratamiento se estima que supone el 6% del gasto sanitario español.

Se han sugerido varios modos de acción mediante los que las sustancias químicas pueden contribuir al desarrollo de la obesidad, como la alteración de los puntos de ajuste (set-points) metabólicos, alteración de controles del apetito y perturbación de la homeostasis lipídica durante el desarrollo. Aunque el periodo fetal es crítico, dado que la reprogramación de la expresión génica a través de cambios epigenéticos puede favorecer el desarrollo futuro de obesidad, la exposición de los adultos a ciertas sustancias también puede provocar obesidad.

El mecanismo de alteración endocrina relacionado con la diabetes tipo II es la estimulación de los receptores estrogénicos ER-alfa de las células



beta pancreáticas, dando lugar a una excesiva señalización de insulina que puede provocar resistencia a la insulina en el hígado y los músculos, así como agotamiento de células beta<sup>26</sup>.

Los EDC que pueden incidir en el desarrollo de estas enfermedades incluyen plaguicidas y biocidas (clorpirifos, diazinon, diclorvos y carbamatos), ftalatos, bisfenol A, polifenoles, metales y compuestos organometálicos (plomo, arsénico, tributil estaño) y contaminantes ambientales y laborales, como el humo diesel.

### 1.3.1.5. Trastornos del sistema neuroinmunológico

La encefalopatía miálgica/ síndrome de fatiga crónica/ síndrome de fatiga postviral (EM/SFC/SFPV), la fibromialgia, y la esclerosis múltiple, son trastornos incapacitantes del sistema neuroinmunológico que causan un gran sufrimiento en las personas que lo padecen y sus familias y que también están experimentando un preocupante incremento en todo el mundo.

La prevalencia de EM/SFC/SFPV a nivel mundial se estima en el 0,004%-2,54% en la población general y del 0,11%-2,6% en pacientes de atención primaria. La fibromialgia afecta predominantemente a mujeres, con una incidencia en los Estados Unidos de 6,88 casos por 1.000 personas/año en hombres y 11,28 casos por 1.000 personas/año en mujeres. La esclerosis múltiple afecta sobre todo a poblaciones de origen europeo, incrementándose la incidencia en 3,97 casos/ 100.000 habitantes por cada grado de latitud.

Los sistemas nervioso, inmunológico y endocrino están relacionados entre sí, regulándose unos a otros. Estos desórdenes del sistema neuroinmunológico pueden atribuirse a interacciones adversas entre estos sistemas, y están relacionados con la exposición a contaminantes ambientales, aunque su estudio hasta la fecha no ha recibido la misma atención que otras enfermedades.

Entre los EDC relacionados con estos desórdenes neuroinmunológicos se encuentran mezclas de hidrocarburos aromáticos policíclicos, sustancias organocloradas como PCBs, dioxinas y plaguicidas, y metales y compuestos organometálicos.



26 Angel Nadal, Paloma Alonso-Magdalena, Sergi Soriano, Ivan Quesada, Ana B. Ropero. The pancreatic  $\beta$ -cell as a target of estrogens and xenoestrogens: Implications for blood glucose homeostasis and diabetes. *Molecular and Cellular Endocrinology* 304 (2009) 63–68 doi:10.1016/j.mce.2009.02.016.

### 1.3.2. Efectos sobre la fauna silvestre

Desde mediados del siglo XX biólogos y naturalistas han ido documentando cómo numerosas especies de fauna silvestre, muy diferentes entre sí y localizadas en distintas áreas del planeta, están sufriendo graves problemas debido a la alteración de su sistema endocrino por exposición a EDC<sup>27</sup>.

*En 1952, se documentó la pérdida del instinto natural de aparearse y criar de águilas calvas de Florida (USA). Descubriéndose que un 80% de las águilas eran estériles.*

*A finales de 1950, las nutrias desaparecieron de los ríos de Inglaterra.*

*A mediados de los 60, las hembras de visones de las granjas de visones del Lago Michigan (Grandes Lagos, USA), no parían o perdían sus crías al poco tiempo. El problema se relacionó con la presencia de PCBs en el pescado con el que los alimentaban, procedente del Lago Michigan.*

*En 1970 se observó que el 80% de los polluelos de gaviotas argénteas del Lago Ontario (Grandes Lagos, USA) moría antes del salir del huevo y presentaban deformidades muy similares a los observados en pollos tratados con dioxinas en experimentos de laboratorio.*

*A principios de los 70 se documentó que hembras de gaviota occidental del sur de California (USA) formaban pareja con otras hembras. Este comportamiento anormal se observa más tarde en otras aves de los Grandes Lagos, Massachussets y Golfo de Puget.*

*A finales de los años 80 se descubre que sólo el 18% de los huevos de caimanes del Lago Apopka de Florida (USA) eran viables y además la mitad de las crías morían antes de los 10 días. El 60% de los machos presentaban penes anormalmente pequeños, esto es, caracteres feminizados. Las hembras adolescentes presentaban deformaciones en los ovarios y su nivel de estrógeno en sangre era el doble de lo normal. 10 años antes, una fábrica había sufrido un vertido de plaguicidas dicofol y DDT al lago.*

*En 1988 las focas del Mar del Norte sufrieron una mortandad masiva debido a una infección vírica que afectó a un 40% de la población. Esta infección no causó estos estragos en las focas que vivían en las aguas menos contaminadas de Escocia.*

*A principios de los 90 los delfines del Mar Mediterráneo sufrieron una mortandad masiva ocasionada por una infección vírica. Se observó que los animales muertos presentaban concentraciones de PCBs 2 y 3 veces superiores a las de los animales sanos.*

*En los años 90 en Inglaterra se observó la feminización de peces que vivían a la salida del vertido de depuradoras de aguas municipales. Estos peces presentaban anomalías que no se encontraban en peces aguas abajo. Se sospecha la implicación de unas sustancias químicas procedentes de la degradación de detergentes y plásticos, los alquilfenoles.*

27 T. Colborn, Dianne Dumanoski, y John Peterson Myers. "Our Stolen Future" (New York: Penguin Books, 1996). Edición en castellano: Nuestro futuro robado, de Theo Colborn, Dianne Dumanoski y Pete Myers (1997); Ecoespaña y Gaia-Proyecto 2050, Madrid.

Los efectos sobre la salud de la fauna silvestre por exposición a EDC incluyen:

### Invertebrados

Las especies más estudiadas son los artrópodos y los moluscos. Entre los efectos de alteraciones endocrinas se incluyen inducción de imposex (desarrollo de órganos sexuales masculinos en individuos femeninos provocando su esterilidad) e intersex (presentar características masculinas y femeninas a la vez), mortalidad de larvas, inhibición de la metamorfosis y reducción de capacidad reproductora.

Entre los EDC implicados en la alteración endocrina de artrópodos se encuentran EDC estrógenos, como el bisfenol-A. Los EDC relacionados con la alteración endocrina de moluscos incluyen tributilestaño y xenoestrógenos como los surfactantes fenólicos (nonilfenol y octilfenol).

### Peces

En peces expuestos a efluentes de plantas depuradoras se ha observado inducción de intersex y un incremento de las concentraciones de vitellogenina (VTG), proteína precursora de la yema de los huevos, necesaria para su reproducción. Otros efectos ocasionados por la exposición a EDC incluyen la alteración de ratios de sexos, anomalías tiroideas y cambios en el comportamiento sexual. Estos efectos ponen en riesgo la supervivencia de las poblaciones afectadas.

Entre los EDC con capacidad de afectar la capacidad reproductora de los peces se encuentran xenoestrógenos como los surfactantes fenólicos

(nonilfenol, octilfenol y propilfenol), plastificantes (bisfenol-A y ftalatos) y mezclas de sustancias (estrógenos naturales/ sintéticos y estrógenos naturales/ alquilfenoles/ bisfenol A); inhibidores de aromatasa como el TBT y plaguicidas antiandrógenos como vinclozolin, prochloraz y fenarimol. Recientemente también se ha relacionado la exposición a filtros UV (3-bencilideno camfor y 2-benzofenona) con alteraciones endocrinas en peces.

Entre los EDC capaces de alterar el crecimiento y desarrollo de peces se incluyen alteradores de la hormona del crecimiento como los PCBs y alteradores tiroideos, como perclorato, PCBs, pesticidas y PFOS.

### Anfibios

Un 32% de todas las especies conocidas de anfibios se encuentran en peligro de extinción, siendo la exposición a contaminantes ambientales uno de los factores que podrían ser responsables de esta situación.

Es conocido que la exposición de anfibios (las ranas son la especie más estudiada) a EDC da lugar a la inducción de intersex y de masculinización, cambios en su comportamiento sexual, y alteración de la metamorfosis y desarrollo.

Entre los EDC relacionados con alteraciones endocrinas en anfibios se encuentran pesticidas (antracina y sustancias organocloradas), el herbicida Roundup (glifosato), contaminantes industriales como PCBs, PBDE, bisfenol A, ftalatos y efluentes de plantas depuradoras.

### Reptiles

Los reptiles son una de las especies cuya posible alteración endocrina por exposición a contaminantes ambientales es menos conocida. Existen 8.225 especies de reptiles, de los cuales el 96% son culebras y lagartos, el 3,6% tortugas y el 0,3% cocodrilos y caimanes. La mayor parte de la investigación sobre EDC se centra en 3 especies: cocodrilo del Mississippi (*Alligator mississippiensis*) y dos especies de Tortugas (*Chelydra serpentina* y *Chinemys reevesii*).

Los efectos sobre estos cocodrilos son la alteración de ratios de sexos (feminización), alteración



de niveles de esteroides y daños al sistema reproductor, incluyendo reducción del tamaño del falo. Los EDC relacionados con estos efectos incluyen dicofol, DDD, DDE, DDT.

Los efectos conocidos sobre tortugas incluyen una alteración de dimorfismo sexual por exposición a EDC organoclorados.

### Aves

Los efectos del DDT y sus metabolitos sobre las aves fueron uno de los primeros daños ocasionados por la contaminación ambiental sobre la fauna silvestre conocidos por el público tras la publicación del libro "Primavera silenciosa" de Rachel Carson.

La exposición a EDC ocasiona trastornos en la reproducción, en el desarrollo de los huevos y cambios del comportamiento reproductor de aves.

Los trastornos de la reproducción por exposición a contaminantes orgánicos persistentes (COP) organoclorados, como DDT, PCBs, hexaclorobenceno (HCB), dioxinas y dieldrin, incluyen malformación de órganos sexuales, alteración de ratios entre sexos y disminución de la fertilidad.

La alteración de hormonas tiroideas relacionados con la exposición a PCBs, DDT, dioxinas y algunos PBDE causa trastornos del desarrollo de los huevos.

Los cambios en las conductas reproductoras se han relacionado con la exposición a pesticidas organoclorados, PCBs y otros COP.

### Mamíferos

La exposición a EDC se ha estudiado principalmente en mamíferos marinos, osos polares, ciervos y mustélidos. En áreas contaminadas con COP se ha observado cómo se han reducido drásticamente las poblaciones de cetáceos y osos polares. En estas áreas también se ha documentado la correlación entre la pérdida de capacidad reproductora de cetáceos, pinípedos y mustélidos y las concentraciones de COP en sangre y tejidos.

La exposición a EDC también está relacionada con subfertilidad y malformaciones del tracto reproductor observados en ciervos y panteras de Florida. También se han observado desórdenes de tiroideas y lesiones en glándulas suprarrenales en algunas de estas especies.

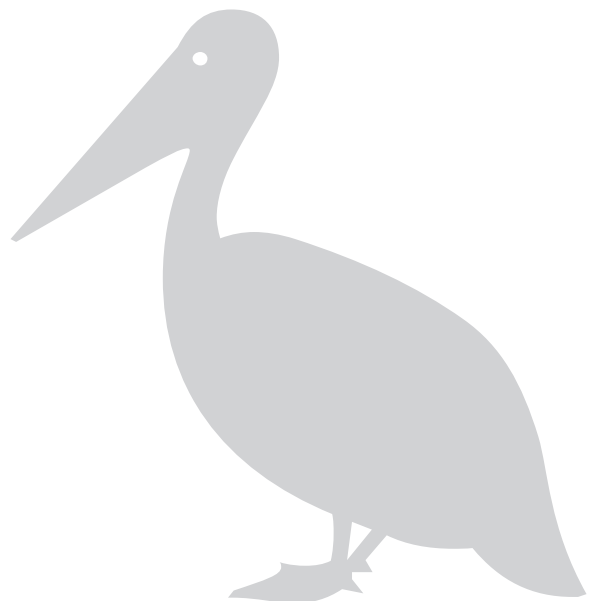


Tabla 5. Grupos de EDC relacionados con efectos sobre la salud humana y la fauna silvestre

Sustancias	Investigados en relación a...																		
	Efectos sobre la salud humana												Efectos sobre la vida silvestre						
	Salud reproductiva masculina	Pubertad precoz femenina	Fecundidad femenina	Síndrome de ovarios poliquísticos	Fertilidad femenina	Endometriosis	Fibroides uterinos	Cáncer de mama	Cáncer de próstata	Cáncer de testículos	Cáncer de tiroides	Neurotoxicidad durante el desarrollo	Síndrome metabólico	Invertebrados	Peces	Anfibios	Reptiles	Aves	Mamíferos
PCBs, PCDDs, PCDFs*	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●
Éteres polibromados (PBDEs)	●	●					●			●		●	●			●		●	●
Compuestos perfluorados (PFCs)			●									●	●		●	●		●	
DDT/DDE	●	●	●		●	●	●	●	●	●		●	●		●	●	●	●	●
Plaguicidas	●	●	●		●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Metales pesados	●	●	●		●			●	●			●						●	●
Alquilfenoles, bisfenol A, parabenos		●		●	●			●			●	●	●	●	●	●	●		
Ftalatos	●	●			●	●	●			●		●	●		●	●			
Farmacéuticos estrogénicos	●				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	
Fitoestrógenos		●	●			●	●	●			●	●						●	
Organoestánicos											●	●	●						

\*Bifenilos policlorados (PCBs), dioxinas cloradas (PCDDs), furanos clorados (PCDFs)

Fuente: Andreas Kortenkamp A et al. STATE OF THE ART ASSESSMENT OF ENDOCRINE DISRUPTERS Final Report. Project Contract Number 070307/2009/550687/SER/D3. Annex 1. SUMMARY OF THE STATE OF THE SCIENCE. Revised version. Brussels: European Commission, DG Environment, 29 January 2012.

## 1.4. Sustancias y actividades implicadas

Se han identificado más de 1.500 sustancias capaces de alterar el sistema endocrino. Estas sustancias se encuentran tanto en productos de uso común como en plaguicidas y biocidas, productos de uso industrial y contaminantes ambientales. Los EDC incluyen contaminantes clásicos como COP (PCBs, dioxinas, HCB, plaguicidas organoclorados, PFOS, PBDE, etc.), disolventes (estireno, percloroetileno, triclorobenceno), metales (plomo, cadmio, níquel, mercurio), arsénico, plaguicidas (organoclorados, organofosforados, piretrinas, piretroides, etc.), plásticos y sus componentes (ftalatos, bisfenol-A), ingredientes de cosméticos y productos de higiene (parabenos, triclosan), filtros UV, componentes de detergentes (alquilfenoles), contaminantes ambientales, etc.

La Comisión Europea, en el marco de la Estrategia Europea sobre EDC<sup>28</sup>, encargó, en 1999, una primera revisión científica de sustancias con capacidad de alterar el sistema hormonal. El listado de 320 sustancias y grupos de sustancias identificadas como EDC puede consultarse en la página web de la Dirección de General Medio Ambiente<sup>29</sup>. Esta revisión está en proceso de actualización y se espera la publicación de un nuevo listado a finales de 2012.

La OCDE tiene un programa de trabajo para desarrollar métodos de identificación de algunos EDC y ha elaborado un marco conceptual y varias guías<sup>30</sup>, que, de momento, no incluyen todos los efectos sobre la salud relacionados con la exposición a EDC (Ej. cánceres hormono dependientes, diabetes) ni el periodo de exposición fetal.

Por otra parte, varias organizaciones no gubernamentales y sindicales también han publicado listados de EDC a partir de revisiones de la bibliografía científica:

**TEDX** es una organización fundada por Theo Colborn, la zoóloga que en los años 90 publicó el libro “Nuestro futuro robado”, dando la voz de alarma sobre los graves efectos de los EDC sobre la salud humana y la fauna silvestre. En su página web se puede consultar un listado de 1.517 sustancias con evidencia científica de ocasionar disrupción endocrina<sup>31</sup> (<http://www.endocrinedisruption.com/endocrine.TEDXList.overview.php>).

**RISCTOX** es una base de datos en español, elaborada por ISTAS, que recopila el listado de EDC de la UE y de varias organizaciones, incluyendo Scorecard y Our Stolen Future: <http://www.istas.net/risctox/index.asp>

La tabla 6 presenta algunos de los grupos de EDC más conocidos.



<sup>28</sup> Estrategia comunitaria en materia de alteradores endocrinos (sustancias de las que se sospecha interfieren en los sistemas hormonales de seres humanos y animales). Comisión de las Comunidades Europeas COM (1999) 706.

<sup>29</sup> [http://ec.europa.eu/environment/endocrine/strategy/short\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/endocrine/strategy/short_en.htm)

<sup>30</sup> OECD. Conceptual Framework for Testing and Assessment of Endocrine Disrupters. <http://www.oecd.org/env/chemicalsafetyandbiosafety/testingofchemicals/50067203.pdf>

<sup>31</sup> <http://www.endocrinedisruption.com/endocrine.TEDXList.overview.php>



**Tabla 6. Usos de EDC más conocidos y presencia en productos de consumo y en el ámbito laboral**

FAMILIA	SUSTANCIAS	USO	PRODUCTOS DE CONSUMO	ACTIVIDADES LABORALES AFECTADAS
CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES	PCBs	Prohibidos, aunque aún se encuentran en algunos transformadores y condensadores eléctricos, en los que se utilizaban como aceite dieléctrico, y en residuos de otros equipos eléctricos y materiales de construcción. También se forman como subproductos indeseados en varios procesos industriales y la incineración de residuos es una fuente importante.	Sellantes de juntas y equipos eléctricos de edificios antiguos.  Contaminante de alimentos grasos.	Almacenamiento, transporte y gestión de equipos y materiales que contienen o están contaminados con PCBs: Sector eléctrico Metal/máquina Gestión de residuos
	DIOXINAS POLICLORADAS (PCDDs)	Subproducto residual formado durante la incineración de residuos y materiales con cloro, fabricación y recuperación de metales, fabricación de papel y pasta de papel, clorofenoles, herbicidas clorados y plantas de cloro con electrodos de grafito.	Contaminante de alimentos	Química Papel y pasta de papel Gestión de residuos Metal
	PBBs PBDE	Pirorretardantes bromados que se usan en plásticos y textiles de: - Circuitos y equipos eléctricos y electrónicos. - Cableado y tapicería de vehículos de motor. Tapicería de trenes. - Paneles, moquetas y suelos de aviones. - Aislantes térmicos de tejados, fachadas, suelos y conducciones. - Recubrimientos de construcción.	Tapicerías Equipos eléctricos y electrónicos. Materiales de construcción (aislantes) Espumas de asientos de coches Contaminante del polvo doméstico	Fabricación de materiales eléctricos y electrónicos Transporte de alambres y cables Construcción Fabricación y reparación de material de transporte
	PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS (DDT, HexaclorobenCenO, Clordanos, Clordecona, Mirex, Toxafeno, Lindano, Linurón, Acetoclor y Alaclor)	Los usos comerciales de la mayoría han sido prohibidos. El DDT aún se utiliza para el control de la malaria. El hexaclorobenceno se forma como subproducto en procesos industriales en los que se utiliza cloro.	Contaminantes de alimentos	Industria química Gestión de residuos
	SUSTANCIAS PERFLUORADAS (PFos, pfoa)	Debido a sus propiedades como impermeabilizante y antiadherente han tenido y tienen numerosos usos: Antiadherentes de utensilios de cocina Espumas contra incendios Impermeabilizantes y antiadherentes de tejidos, papel y cuero; ceras, barnices, pinturas y productos de limpieza; superficies metálicas, moquetas Fabricación de semiconductores Fotolitografía Fluidos hidráulicos	Utensilios y papel de cocina antiadherentes Tejidos, moquetas, Hilo dental Asientos de coches Contaminante de alimentos	Química Fabricación y transformación de plásticos Textil Metal Impresión Sector eléctrico Gestión de residuos Bomberos Galvanizado
CONTAMINANTES DE VIDA CORTA PERO UBIQUOS	FTALATOS (BBP, DBP, DEHP)	Plasticantes de PVC principalmente, aunque también de celulosa, acetato de polivinilo y poliuretano. Componente de recubrimientos; insecticidas y repelentes; perfumes, esmalte de uñas, laca de pelo y otros cosméticos. Agente lubricante en textiles.	Artículos fabricados con PVC: juguetes, textiles, moquetas, cortinas, suelos, mangueras, tuberías, ventanas, etc. Pinturas y cosméticos Juguetes de plástico blando, masillas Contaminante de alimentos Contaminante del polvo doméstico	Fabricación y transformación de plásticos Metal Limpieza Fabricación de cosméticos Industria textil
	BISFENOL-A	Su uso principal es como materia prima para la fabricación de pinturas y plásticos con resinas epoxy y policarbonatos. Además es un producto intermedio en la fabricación de fungicidas, antioxidantes, tintes, resinas fenoxi y de poliéster, pirorretardantes.	Puede liberarse de latas de conserva recubiertas de plástico, envases y utensilios de cocina elaborados con policarbonato Papel térmico de tickets de compra Selladores dentales Contaminante de alimentos Contaminante del polvo doméstico	Química: fabricación, utilización, transporte o envasado de bisfenol-A. Construcción Metal Plásticos

FAMILIA	SUSTANCIAS	USO	PRODUCTOS DE CONSUMO	ACTIVIDADES LABORALES AFECTADAS
	ALQUILFENOLES (nonilfenoletoxilato, octilfenoletoxilato y sus metabolitos nonilfenol y octilfenol)	Materia prima para la fabricación de detergentes; emulsificantes, humectantes y dispersantes de pinturas y funguicidas. Antioxidante y estabilizante de PVC. Aditivos de aceites lubricantes y espumas contraceptivas.	Detergentes Ropa Contaminante del polvo doméstico	Química Limpieza Agricultura Construcción Fabricación y Transformación de PVC
PRODUCTOS COSMÉTICOS Y DE HIGIENE	PARABENOS etilparabeno, butilparabeno, metilparabeno y propilparabeno	Conservantes utilizados en productos cosméticos, farmacéuticos y de higiene personal	Champús, acondicionadores, lociones, cremas, geles y otros productos de higiene personal	Química Peluquerías Belleza
	TRICLOSAN 5-cloro-2-(2,4-diclorofenoxi) fenol	Agente antimicrobiano	Jabones y detergentes Desodorantes Pasta de dientes Cosméticos Tejidos y plásticos	Química Peluquerías Belleza
	ALMIZCLES xileno de almizcle (MX) cetona de almizcle (MK) galaxolide (HHCB) tonalide (AHTN)	Fragancia	Perfumes Colonias Cosméticos Productos de higiene Ambientadores Fragancias de artículos de consumo y juguetes	Química Comercio Peluquerías Belleza
	FILTROS UV benzofenona-2 (BP2) ben-zofenona-3 (BP-) 4-Metilbenzilideno camfor (4MBC) octil-methoxicin-namato (OMC)	Cremas solares	Cremas solares	Agricultura Construcción Jardinería Mantenimiento Pesca
PLAGUICIDAS, BIOCIDAS Y HERBICIDAS	PESTICIDAS ORGANOFOSFORADOS (paration, malation, chlorpirifos, diazinon, diclorvos, etc.) CARBAMATOS PIRETRINAS Y PIRETROIDES HERBICIDAS GLIFOSATO, ATRAZINA, etc. FUNGICIDAS VINCLOLIN Y OTROS	Fungicidas, insecticidas, moluscocidas, herbicidas, desinfectantes	Uso de plaguicidas Jardines y huertos Alimentos contaminados	Fabricación de agroquímicos Agricultura Forestal Jardinería Fumigación de edificios Limpieza Mantenimiento
	TRIBUTILESTAÑO	Moluscocida utilizado como agente antiincrustante en barcos, boyas, muelles, etc. Biocida en albañilería Desinfectante Biocida de sistemas de refrigeración, torres de refrigeración de plantas eléctricas, fábricas de papel y pasta, cerveceras, curtidos y fábricas textiles		Naval Pesquero Construcción Limpieza Limpieza y mantenimiento de torres de refrigeración
PRODUCTOS DE USO INDUSTRIAL	DISOLVENTES 1,2,4-triclorobenceno percloroetileno octacloroestireno	Los disolventes son sustancias que se utilizan en la industria, principalmente para quitar o disolver la grasa, aceite y suciedad, o también para diluir o portar otros materiales. Son componentes de multitud de productos: pinturas, barnices, colas, pegamentos, decapantes, tintas, lacas, insecticidas, herbicidas, productos de limpieza y limpieza en seco entre otros.	Pinturas, barnices, colas, pegamentos, decapantes, tintas, lacas, insecticidas, herbicidas, productos de limpieza y limpieza en seco	Química Metal Textil Calzado Limpieza Fabricación de materiales eléctricos y electrónicos
	RESORCINOL	Producción de adhesivos especiales y mejoradores de adhesivos de neumáticos y madera. Fabricación de tintes y productos farmacéuticos para la piel	Adhesivos	Madera Automoción Textil Farmacéutico

FAMILIA	SUSTANCIAS	USO	PRODUCTOS DE CONSUMO	ACTIVIDADES LABORALES AFECTADAS
	ESTIRENO	Uso principal en la fabricación de poliestireno y copolímeros de estireno. También se utiliza para la fabricación de pinturas, lacas y barnices; en la industria de papel, pasta de papel y tableros; y la industria de polímeros.	Pinturas, lacas y barnices Espumas de poliestireno	Fabricación de estireno y poliestireno Fabricación, transformación y aplicación de plásticos Mantenimiento y limpieza de industrias relacionadas
	PARAFINAS CLORADAS	Aceites de corte en la fabricación de metales Pirorretardantes y aditivos de caucho, pinturas, revestimientos y selladores Fluidos dieléctricos	Materiales de construcción	Metal Química Fabricación, transformación y aplicación de plásticos Construcción Eléctrico
METALES	PLOMO	En forma metálica se utiliza en barreras de sonido y de radiaciones, munición, pesas de ruedas y de pesca, cubiertas de tejados, componentes electrónicos. En aleaciones se utiliza en acabados metálicos y soldadura. En compuestos químicos se utiliza como componente de baterías eléctricas y acumuladores; PVC, caucho y resinas; pinturas, barnices, esmaltes y vidrio; etc.	Baterías Artículos de PVC duros: persianas Pinturas Pinturas de juguetes Bisutería Consumo de pescado y marisco y otros alimentos	Metal Fundiciones Química Gestión de residuos Fabricación de vidrio Construcción
	CADMIO	Fabricación de baterías de níquel-cadmio Recubrimiento en galvanoplastia Pigmentos (el sulfuro de cadmio se emplea como pigmento amarillo) Aleaciones de bajo punto de fusión Soldaduras Compuestos fosforescentes en televisores Semiconductores Estabilizantes de plásticos como el PVC Pigmento en la fabricación de pintura, como el acrílico, óleo, etc.	Baterías Artículos de PVC Pinturas Pinturas de juguetes Bisutería Consumo de pescado y marisco y otros alimentos	Metal
	NÍQUEL	Fabricación de acero inoxidable Aleaciones Baterías recargables Catálisis Acuñaación de moneda Recubrimientos metálicos y fundición	Baterías Consumo de pescado y marisco y otros alimentos	Química Metal Gestión de residuos
	MERCURIO	Fabricación de cloro (cloroaústicas) Fabricación de cloruro de vinilo Baterías Amalgamas dentales Instrumentos de medición y control Alumbrado Instrumentos eléctricos	Amalgamas dentales Consumo de pescado y marisco	Química Metal Gestión de residuos
	COMPUESTOS ORGANOESTÁNICOS TRIBUTILESTAÑO (TBT)	Moluscocida utilizado como agente anti-incrustante en barcos, boyas, muelles, etc. Biocida en albañilería Desinfectante Biocida de sistemas de refrigeración, torres de refrigeración de plantas eléctricas, fábricas de papel y pasta, cerveceras, curtidos y fábricas textiles		Naval Pesquero Construcción Limpieza Limpieza y mantenimiento de torres de refrigeración
METALOIDES	ARSÉNICO	Preservante de la madera Semiconductor Construcción de diodos láser y LED Aditivo en aleaciones de plomo y latones Insecticida (arseniato de plomo) Herbicidas (arsenito de sodio) Pigmento y en pirotecnia Decolorante en la fabricación del vidrio	Consumo de pescado y marisco y otros alimentos	Química Metal Fundición Gestión de residuos Eléctrico Pirotecnia

## 1.5. Exposición a disruptores endocrinos en España

### Exposición de la población general

En los últimos años se han publicado numerosos estudios sobre la exposición de la población española a diferentes contaminantes persistentes con capacidad de alterar el sistema hormonal<sup>32</sup>. Dos estudios realizados en las Islas Canarias<sup>33</sup> y en Cataluña<sup>34</sup>, que determinaron la concentración de algunos EDC en una muestra representativa de la población, proporcionan una primera imagen de la relevancia desde el punto de vista social y sanitario de la exposición a EDC de la población española.

El estudio de la población catalana, dirigido por el Dr. Miquel Porta, analizó 19 sustancias organocloradas (DDT y análogos, varios congéneres de PCBs, pentaCB, HCB y varios isómeros de HCH) con capacidad de disrupción endocrina, en una muestra de 919 personas. En todas las personas analizadas se detectaron al menos 3 EDC, en aproximadamente un 60% de la población se detectaron 11 de los 19 compuestos analizados y en un 0,05% de la población se detectaron los 19 compuestos analizados en este estudio. Más del 85% de la población catalana presenta niveles detectables del p,p'-DDT, p,p'-DDE, PCBs 118, 138, 153, 180, HCB y  $\beta$ -HCH; y se detectaron dos sustancias, p,p'-DDE y PCBs 180 en el 100% de las muestras, siendo estos resultados coherentes con los encontrados en otros estudios similares. **Estos datos indican una exposición generalizada de la población a una mezcla de varias sustancias con capacidad de alterar el sistema endocrino.**

Las concentraciones detectadas varían mucho entre sustancias, entre individuos, sexo, clase social y nivel educativo. Por ejemplo la concentración mediana de PCBs detectada fue de 0,21 ng/g y la de p,p'-DDE de 399 ng/g. Las sustancias que presentaron mayores concentraciones fueron el p,p'-DDE, el HCB y el  $\beta$ -HCH presentando algunos

individuos concentraciones de estas sustancias hasta 7.700, 6.000 y 2.000 veces superiores a los de otros individuos. Las mujeres presentan concentraciones más elevadas de esos 3 compuestos, mientras que en los hombres se encuentran niveles más elevados de PCBs. Las personas con un nivel educativo inferior presentan concentraciones superiores de estos contaminantes, observándose una disminución de las concentraciones de los 8 COP más detectados según aumenta el nivel educativo. La clase social más alta presenta concentraciones inferiores que cualquiera de las otras clases.

Las concentraciones (medianas) detectadas entre 0,21 ng/g PCBs y 399 ng/g DDE son superiores a los niveles a los que estas sustancias que pueden producir efecto estrogénico a 10ng/g<sup>35</sup>.

### Exposición durante las etapas más vulnerables

Hemos visto en apartados anteriores la especial sensibilidad del feto en desarrollo y de los niños a la exposición a EDC. El proyecto Infancia y Medio Ambiente (INMA) reúne a un numeroso grupo de investigadores que estudian el papel de los contaminantes ambientales durante el embarazo e inicio de la vida, y sus efectos en el crecimiento y desarrollo infantil. Varios estudios han analizado la presencia de EDC en placentas y en sangre de cordón umbilical y nos pueden proporcionar una fotografía de la exposición intrauterina a EDC.

Así, el equipo de investigación sobre contaminantes ambientales dirigido por el Dr. Nicolás Olea analizó la presencia de 16 plaguicidas, todos con capacidad de alterar el sistema hormonal, en 150 muestras de placenta de mujeres andaluzas. En todas las muestras se detectó al menos un contaminante, con una media de ocho plaguicidas por placenta. Las concentraciones medias variaban entre 0,24 y 5,11 ng/g (aldrin y endosulfán-diól) y las concentraciones máximas entre 1,39 y 28,29 ng/g (endosulfán-éter y p,p'-DDE)<sup>36</sup>.

Este equipo también analizó residuos de endosulfán, un plaguicida orgánico persistente con capacidad estrogénica, en sangre de cordón umbilical

32 M. Porta, E. Puigdomènech and F. Ballester (Eds.) Nuestra contaminación interna. Concentraciones de compuestos persistentes en la población española. Madrid: Los libros de la Catarata, 2009.

33 Ibid 32, Pp 71.

34 Porta M, Puigdomènech E, Gasull M y Bosch de Basea M. Op. Cit.

35 Ana M. Soto and Carlos Sonnenschein. Op. Cit.

36 López Espinosa MJ, Granada A, Carreno J, Salvatierra M, Olea-Serrano F, Olea N. Organochlorine pesticides in placentas from Southern Spain and some related factors. *Placenta*. 2007;28:631-8.

de 200 mujeres que dieron a luz en hospitales públicos de Granada y Almería. El plaguicida estaba presente en el 81% de las muestras, con una concentración media de 13,23 ng/ml y una concentración máxima de 83,22 ng/ml<sup>37</sup>.

También en el marco del proyecto INMA se ha analizado la exposición infantil a mercurio, un metal que daña órganos endocrinos, altera los niveles de hormonas tiroideas, interfiere con hormonas sexuales y daña el neurodesarrollo. Un estudio dirigido por el Dr. Ferrán Ballester analizó mercurio en pelo de 218 niños recién nacidos y niños en edad preescolar, detectando una media de mercurio total (THg) en el pelo de 0,94 µg/g, variando de 0,19 a 5,63 µg/g en preescolares y 1,68 µg/g (0,13-8,43 µg/g) en recién nacidos<sup>38</sup>. En el 42% de los niños estudiados, los niveles excedían la dosis de referencia, que es 1 µg Hg/g pelo. Otro estudio de este proyecto analizó mercurio en sangre de cordón umbilical de 1.683 niños, detectando un nivel medio de 8.4 µg/L de THg<sup>39</sup>. El 64% de los niños habían estado expuestos en el útero a niveles superiores a 5,8 microgramos de metilmercurio por litro de sangre, el nivel que

la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos considera admisible. La concentración de mercurio en los niños españoles, de las más altas del mundo, está relacionada con la elevada ingesta de pescado de las madres durante el embarazo.

Los investigadores del proyecto INMA también han valorado los efectos de esta exposición prenatal, encontrando que a mayor exposición a PCBs y a mercurio los niños tienen más problemas psicomotores<sup>40,41</sup>.

## RESUMEN

- Los resultados de los estudios publicados sobre la exposición a EDC muestran, por tanto, que la población general está expuesta a un cóctel de sustancias EDC. Los EDC están presentes en niveles muy variables según sexo, edad, nivel educativo y clase social, pero que en todo caso son individual y conjuntamente superiores a las concentraciones de EDC que pueden alterar el sistema endocrino. Las mujeres embarazadas y los niños, los grupos de población más vulnerables, están expuestos a concentraciones elevadas de EDC. Si además recordamos que estas sustancias pueden actuar de forma combinada (aditiva o sinérgica), podemos concluir que los niveles de EDC presentes en la población española son preocupantes.
- Las diferencias de concentraciones corporales individuales, por sexo, clase social y nivel educativo muestran el potencial que tiene la intervención socio sanitaria para reducir los niveles de exposición. Los resultados de los estudios sobre exposición de la población a EDC deberían dar lugar a actuaciones de salud pública para reducir el número y la concentración de EDC a los que está expuesta la población.

37 Ibid 32, Pp 81.

38 Díez S, Delgado S, Aguilera I, Astray J, Pérez-Gómez B, Torrent M, Sunyer J, Bayona JM. Prenatal and early childhood exposure to mercury and methylmercury in Spain, a high-fish-consumer country. *Arch Environ Contam Toxicol*. 2009 Apr; 56(3):615-22. Epub 2008 Oct 4.

39 Llop S, Guxens M, Murcia M, Lertxundi A, Ramon R, Riaño I, Rebagliato M, Ibarluzea J, Tardon A, Sunyer J, Ballester F; INMA Project. Prenatal exposure to mercury and infant neurodevelopment in a multicenter cohort in Spain: study of potential modifiers. *Am J Epidemiol*. 2012 Mar 1;175(5):451-65. Epub 2012 Jan 27.

40 Llop S, Guxens M, Murcia M, Lertxundi A, Ramon R, Riaño I, Rebagliato M, Ibarluzea J, Tardon A, Sunyer J, Ballester F; INMA Project. Prenatal exposure to mercury and infant neurodevelopment in a multicenter cohort in Spain: study of potential modifiers. *Am J Epidemiol*. 2012 Mar 1;175(5):451-65. Epub 2012 Jan 27.

41 Fornis J, Lertxundi N, Aranbarri A, Murcia M, Gascon M, Martinez D, Grellier J, Lertxundi A, Julvez J, Fano E, Goñi F, Grimalt JO, Ballester F, Sunyer J, Ibarluzea J. Prenatal exposure to organochlorine compounds and neuropsychological development up to two years of life. *Environ Int*. 2012 Sep 15;45:72-7. Epub 2012 May 9.

## Exposición ambiental

No existen en España datos sistematizados de la exposición ambiental a contaminantes químicos. Podemos hacernos una imagen de la situación a partir de los datos proporcionados por los diferentes sistemas de registro de emisiones y vertidos existentes y por los datos proporcionados por estudios de contaminantes presentes en diferentes medios realizados por distintos equipos de investigación.

**Tabla 7. Emisiones de algunos EDC seleccionados del registro PRTR-España en 2010 (t/a)**

Contaminante	Emisiones aire	Emisiones agua
COP	33,75	0,53
NPE y NP		0,99
OPE y OP		0,2
Arsénico	4,77	3,23
Cadmio	1,5	0,6
Mercurio	2,1	0,5
Plomo	40,94	8,4

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Registro PRTR-España.

**Tabla 8. Concentraciones de algunos EDC (ng/l) en aguas superficiales en España, 2011**

	Barcelona	Mora la Nova (Tarragona)	Bertamirans (La Coruña)
2,4-D	44,21	27,39	27,17
PFOA	42,7	1,65	5,81
PFOS	253,97	3,84	6,17
Atrazina	No detectable (nd)	79,63	nd
Carbamato	127,84	9,66	157,49
Sulfametoxazole	218,5	11,29	415,89
Simazina	54,56	34,58	nd
Diuron	278,43	14,32	166,65
NPE1C	654,18	864,28	988,47
Nonilfenol (NP)	305,29	nd	157,75
Bisfenol A	81,75	nd	nd
tert-OP	191,29	nd	nd

Fuente: <http://fate.jrc.ec.europa.eu/monitoring/monitoring-overview>

El registro PRTR-España<sup>42</sup> ofrece datos de emisiones al aire, agua y suelos de 90 sustancias y grupos contaminantes procedentes de un número limitado de actividades y complejos industriales obligados a notificar y hacer pública esta información según la Ley 16/2002 de prevención y control integrados de la contaminación (IPPC). La tabla 7 recoge datos de las emisiones totales de algunos EDC incluidos en este registro durante 2010.

El registro PRTR no incorpora las emisiones procedentes del uso de plaguicidas. Estimaciones hechas en el marco del proyecto AQUATERRA indican que solo la atrazina y la simazina, plaguicidas EDC utilizados entre otras cosas para el cultivo de maíz y de la vid, presentan unas cargas en el río Ebro de 800 y 500 Kg anuales, respectivamente<sup>43</sup>.

Con el fin de evaluar el impacto de las políticas europeas sobre el medio ambiente, la Comisión Europea, a través del Instituto para el Medio Ambiente y la Sostenibilidad del Centro Conjunto de Investigación (JRC) realiza controles de la presencia de contaminantes en el agua<sup>44</sup>. La tabla 8 recoge datos de concentraciones de EDC en aguas superficiales en España.

Otros contaminantes EDC han sido detectados en ríos españoles en estudios llevados a cabo por diferentes universidades y centros de investigación, incluyendo plaguicidas (atrazina, simazina, 2,4-D, MCPA, mecoprop y propanil), detergentes (alquilfenoles), productos de higiene (triclosan) y productos industriales (PBDE, cloroparafinas de cadena corta) entre otros<sup>45</sup>.

La presencia de EDC (alquilfenoles) en aguas residuales de depuradoras ha sido relacionada con la feminización de varias especies de peces en diversos ríos españoles y la presencia de EDC (alquilfenoles y TBT) en aguas costeras con la feminización de moluscos<sup>46</sup>.

## Exposición en los hogares

Un estudio de EDC en el polvo de los hogares españoles publicado por Greenpeace detectó ftalatos, alquilfenoles, compuestos organoestánicos, piroretardantes bromados y parafinas cloradas y otros compuestos orgánicos en el polvo de 22 hogares de Madrid, Granada, Valencia Asturias y León (tabla 9)<sup>47</sup>.

42 Registro PRTR España <http://www.prtr-es.es>.

43 L Damià Barceló y María José López de Alda. Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. PANEL CIENTÍFICO-TÉCNICO DE SEGUIMIENTO DE LA POLÍTICA DE AGUAS. Universidad de Sevilla, 24 de enero de 2008.

44 <http://fate.jrc.ec.europa.eu/monitoring/monitoring-overview>

45 Laura Vandenberg. Op. Cit.

46 Marieta Fernández. Detergentes. Ponencia en el curso Plásticos, detergentes, cosméticos y otras hormonas. UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE ANDALUCÍA - CURSOS DE VERANO. Universidad de Granada-Hospital Universitario S. Cecilio. Sevilla, 14 a 18 Septiembre 2009.

47 Santillo D, Labunska I, Fairley M y Johnston P. Consumiendo química. Las sustancias peligrosas en el polvo doméstico como indicador de la exposición química en el hogar. Madrid: Greenpeace España. 2003.

Todas las muestras analizadas contenían ftalatos, piroretardantes bromados, compuestos organoestánicos y parafinas cloradas de cadena corta. Por término medio cada gramo de polvo contenía 1 miligramo de estos contaminantes en total, aunque los rangos de concentración de las sustancias individuales variaban mucho en cada muestra.

**Tabla 9. EDC (ng/g) en muestras de polvo doméstico de 22 hogares españoles**

	Mediana	Rango
Ftalatos (total)	706.2	291-2.644
Alquilfenoles (total)	<0,1	<0.1-4,5
Compuestos organoestánicos (total)	1.495	1.125-1.958
Piroretardantes bromados (HBCD)	225	190-850
Parafinas cloradas	25	17-41

Fuente: Santillo D, Labunska I, Fairley M y Johnston P. Consumiendo química. Las sustancias peligrosas en el polvo doméstico como indicador de la exposición química en el hogar. Madrid: Greenpeace España. 2003.

Aunque se han realizado comparativamente menos estudios sobre la exposición a contaminantes a través del aire ambiente y del polvo doméstico de los hogares, que sobre la exposición a través de los alimentos, los resultados indican que para algunos contaminantes (piroretardantes, compuestos organoestánicos, parafinas cloradas), la presencia en los hogares puede ser una de las principales vías de exposición de la población.

Estos resultados muestran la amplia contaminación de los hogares con EDC. El contacto con el polvo doméstico puede ser una importante fuente de exposición de la población a EDC, en particular de los niños, ya que por su metabolismo y comportamiento social están más expuestos a los contaminantes presentes en el polvo a través de su inhalación, ingestión y contacto directo con la piel.

**Tabla 11. Concentración de EDC orgánicos en alimentos en Cataluña (µg/g peso fresco)**

	Dioxinas (OMS-TEQ)	HAP (µg/kg)	HCB (ng/kg)	PBDE (ng/kg)	Naftalenos policlorados (ng/kg)
Carne y derivados	0,08	13,434	173,2	102,4/116,1	17,59
Pescado y marisco	0,321	7,894	256,4	325,3/342,5	39,49
Verduras y hortalizas	0,01	0,887	5,8	5,2/10,5	3,38
Tubérculos	0,021	3,606	1,3	0/14,8	2,87
Frutas	0,016	0,946	0,7	0/11,5	0,71
Huevos	0,071	2,423	182,2	58,3/70,00	23,42
Leche	0,014	1,532	12,9	13,2/20,6	0,37
Derivados lácteos	0,235	6,636	869,3	34,1/61,8	36
Pan y cereales	0,106	14,454	10,6	0/71,4	71,06
Legumbres	0,023	2,742	0,6	2,0/19,4	3,33
Grasas	0,303	8,683	136,9	569,3/606,0	447,1

Fuente: Contaminants químics, estudi de la dieta total a Catalunya. Generalitata de Catalunya, 2005.

## Exposición a través de los alimentos

Se considera que los alimentos son la principal fuente de exposición a COP y a algunos metales de la población general. Estudios de ingesta de algunos contaminantes realizados en Cataluña<sup>48</sup> y en Andalucía<sup>49</sup> nos proporcionan datos de la exposición a algunos EDC a través de los alimentos en España.

Los resultados del estudio de dieta total realizados por la Generalitat de Catalunya en 2005 se muestran las tablas siguientes.

**Tabla 10. Concentración de metales EDC en los alimentos en Cataluña (µg/g peso fresco)**

	Arsénico	Cadmio	Mercurio	Plomo
Carne y derivados	0,0200	0,0063	0,0123	0,0243
Pescado y marisco	2,2100	0,0362	0,0970	0,0512
Verduras y hortalizas	0,0015	0,0050	0,0005	0,0163
Tubérculos	0,0130	0,0198	0,0030	0,0259
Frutas	0,0015	0,0009	0,0005	0,0126
Huevos	0,0150	0,0080	0,0080	0,0150
Leche	0,0060	0,0015	0,0030	0,0060
Derivados lácteos	0,0225	0,0060	0,0115	0,0225
Pan y cereales	0,0424	0,0329	0,0300	0,0242
Legumbres	0,0015	0,0005	0,0005	0,0077
Grasas	0,0917	0,0080	0,0300	0,0300

Fuente: Contaminants químics, estudi de la dieta total a Catalunya. Generalitata de Catalunya, 2005.

48 Contaminants químics, estudi de la dieta total a Catalunya. Generalitata de Catalunya, 2005. <http://www.gencat.cat/salut/acsa/html/ca/dir1538/doc10834.html>

49 Carmen Cabrera Vique y Miguel Navarro Alarcón. Presencia de metales pesados en la dieta: un control necesario en Alimentación, medio ambiente y salud. Observatorio DKV de Salud y Medio Ambiente y ECODES, 2008.



Todos los alimentos presentan residuos de EDC, aunque el grupo más contaminado, con diferencia, es el pescado y el marisco. También las grasas y aceites, los productos lácteos y cárnicos presentan concentraciones elevadas, debido al carácter lipofílico de muchos de los EDC orgánicos que favorecen su acumulación en las grasas.

La ingesta estimada de contaminantes según el estudio estaría dentro de los niveles de seguridad establecidos para cada sustancia en el caso de los adultos. Los niños, sin embargo, superan los niveles de seguridad en la ingesta de dioxinas y de bifenilos policlorados.

A la hora de valorar los riesgos de la ingesta de estos contaminantes, hay que tener en cuenta que los niveles de seguridad se han establecido para efectos diferentes a la disrupción endocrina. Como hemos visto en apartados anteriores, los EDC pueden alterar el sistema endocrino a dosis muy bajas. Tampoco la valoración de la ingesta tiene en cuenta el efecto combinado de la ingesta de decenas de contaminantes EDC diferentes. La tabla 12 muestra los diferentes plaguicidas detectados en el año 2010 en los alimentos en Barcelona durante un programa investigación de la calidad sanitaria de los alimentos que lleva a cabo la Agencia de Salud Pública de Barcelona (ASPB)<sup>50</sup>.

Los resultados de este programa muestran cómo en el periodo 2004- 2010 se ha incrementado el número de muestras de alimentos que incumplen los niveles máximos de residuos aceptables y el número de plaguicidas detectados (Tabla 13).



**Tabla 12. Plaguicidas y metabolitos detectados en alimentos en Barcelona, 2010**

Tipos de plaguicidas y metabolitos diferentes encontrados el año 2010 en productos alimentarios	
Alimentos infantiles con hortalizas	Heptacloroepòxid (trans)
Cereales y derivados	Etil-clorpirifòs, deltametrín, Difenilamina, Pirimifòs metil, tebuconazole
Hortalizas	Azoxistrobin, boscalid, carbendazim (carbendazim + benomil), cipermetrín, etil-clorpirifòs, clortalonil, dimetomorf, fenhexamida, imidacloprid, iprodiona, miclobutanil, oxamil, piriproxifen, tebuconazole, tiabendazole, triadimenol
Frutas	Azoxistrobin, boscalid, buprofezín, carbendazim (carbendazim + benomil), ciproconazole, ciprodinil, etil-clorpirifòs, clortalonil, difenilamina, dimetoat, fenhexamida, fludioxonil, imazalil, imidacloprid, Iprodiona, miclobutanil, ometoat, procimidona, propargita, tiabendazole, triadimenol
Frutas desecadas	Bifentrín, carbendazim (carbendazim + benomil), ciprodinil, fenhexamida, fludioxonil, iprodiona, miclobutanil, penconazole, pirimetanil, metil-pirimifòs, procimidona, quinalfòs, triadimenol
Condimentos y especias	Metil-pirimifòs
Pescado fresco	DDE p-p'

Fuente: La Vigilància i el control de plaguicides en productes alimentaris i pinsos d'origen vegetal i animal a Catalunya. Periodo 2009-2010. Generalitat de Catalunya.

50 La Vigilància i el control de plaguicides en productes alimentaris i pinsos d'origen vegetal i animal a Catalunya. Periodo 2009-2010. Generalitat de Catalunya. [http://www.gencat.cat/salut/acsa/html/ca/dir2911/svc\\_plaguicides2009-2010.pdf](http://www.gencat.cat/salut/acsa/html/ca/dir2911/svc_plaguicides2009-2010.pdf)

**Tabla 13. Plaguicidas detectados en alimentos en Cataluña durante el periodo 2004-2010**

Año	Muestras analizadas	Nº de plaguicidas y metabolitos investigados (*)	Nº de plaguicidas y metabolitos diferentes encontrados	Muestras sin residuos detectables	Muestras con residuos $\leq$ LMR	Muestras con residuos $\geq$ LMR
2004	285	23-85	6	273 (96%)	8 (3%)	<b>4 (1%)</b>
2005	169	40-104	17	135 (80%)	31 (18%)	<b>3 (2%)</b>
2006	243	23-106	22	183 (75%)	50 (21%)	<b>10 (4%)</b>
2007	178	23-106	25	140 (79%)	31 (17%)	<b>7 (4%)</b>
2008	251	24-110	25	208 (83%)	40 (16%)	<b>3 (1%)</b>
2009	335	42-192(1)	32	273 (82%)	48 (14%)	<b>14 (4%)</b>
2010	225	42-199(1)	36	161 (72%)	166 (26%)	<b>5 (2%)</b>

Fuente: La Vigilància i el control de plaguicides en productes alimentaris i pinsos d'origen vegetal i animal a Catalunya. Periodo 2009-2010. Generalitat de Catalunya.

Los resultados de los programas de control de contaminantes en alimentos en España muestran la amplia presencia de EDC en todos los grupos de alimentos y en particular en pescados y mariscos y alimentos grasos. También muestran un aumento del número de muestras contaminadas y de la cantidad de contaminantes diferentes presentes en los alimentos.

Los estudios muestran que la alimentación es una importante fuente de exposición de la población a EDC, en particular para los niños, cuya ingesta diaria de algunos contaminantes (PCBs y dioxinas) estaría superando incluso los niveles recomendables de exposición establecidos para otros efectos.

## Exposición laboral

Los estudios sobre efectos de los EDC en la salud de los trabajadores no son muy abundantes. Pero hay ya estudios epidemiológicos que relacionan alteraciones en la infancia con la ocupación de los padres. También se han realizado estudios que analizan la fertilidad masculina en los sectores de la industria farmacéutica o en la industria del plástico y sobre todo en la agricultura (trastornos de la reproducción y cáncer de próstata) por la exposición a plaguicidas.

En nuestro país no existen datos que nos permitan estimar la exposición laboral general a este tipo de sustancias. No obstante, algunas informa-

ciones fragmentarias nos pueden ser de utilidad para dibujar algunos trazos significativos.

Podemos decir, no obstante, que la exposición a disruptores afecta a gran número de ocupaciones. Por ejemplo, una reciente matriz de exposición a EDC elaborada con datos británicos estima que en 102 ocupaciones existe exposición posible o probable a este tipo de sustancias<sup>51</sup>. Así, en al menos 46 ocupaciones las personas estarían expuestas a disolventes orgánicos clasificados como disruptores, en 45 a metales, en 32 a hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) y etilenglicol éteres, etcétera (tabla 14).



51 M. M. Brouwers, M. van Tongeren, A. A. Hirst, et al. Occupational exposure to potential endocrine disruptors: further development of a job exposure matrix. *Occup Environ Med* 2009 66: 607-614.

**Tabla 14. Exposición laboral a grupos de EDC**

Grupo de sustancias	Usos/exposición
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Producidos en la combustión incompleta del carbón de combustibles diesel Industria del alquitrán
Compuestos orgánicos clorados	Subproductos de incineración de residuos y procesos industriales: producción de metales, disolventes y plaguicidas
Plaguicidas	Agricultura Tratamientos de madera Desinfección de locales
Ftalatos	Industria plásticos Producción y uso de disolventes, cosméticos, adhesivos y tintas
Disolventes orgánicos	Producción y uso de pinturas, adhesivos y lacas Producción y uso de resinas Producción de plásticos de poliestireno Desengrase de metales Productos de limpieza
Bisfenol A	Producción de plásticos policarbonados Producción y uso de resinas epoxi
Alquilfenoles	Producción y uso de detergentes, plaguicidas y cosméticos
Difenil éteres polibromados (PBDEs)	Producción de PBC, de poliésteres y cauchos
Metales	Industria eléctrica y electrónica Construcción Producción de baterías Producción y uso de tintas Amalgamas dentales Plaguicidas

Fuente: M. M. Brouwers, M. van Tongeren, A. A. Hirst, et al. Occupational exposure to potential endocrine disruptors: further development of a job exposure matrix. *Occup Environ Med* 2009 66: 607-614.

Otro ejemplo son los datos procedentes de la matriz empleo exposición española (MATEMESP), actualmente en fase de elaboración<sup>52</sup>. En esta matriz se estima que hasta un 50% de las personas ocupadas en la rúbrica “pintores, barnizadores, empapeladores y asimilados” o en la de “parqueteros, soldadores y asimilados” podrían estar expuestos a hidrocarburos aromáticos como tolueno y xileno. O que un 30% de los “tapiceros, colchoneros y asimilados” o un 43% de los “operadores de máquinas para la fabricación del calzado” estarían expuestos a hidrocarburos alifáticos como el aguarrás, nafta y hexano.

No disponemos de datos completos referidos a actividades económicas, no obstante algunos estudios realizados por CCOO proporcionan datos de interés. En un estudio realizado en el sector textil se encontraron 17 sustancias diferentes con efectos

de disrupción endocrina, como etilbenceno, diclorometano y acetato de vinilo, entre otras (Tabla 15)<sup>53</sup>. Estas sustancias se utilizaban en distintos puestos de trabajo, incluyendo preparación de fibras y tejidos, lavado, tintado o acabado textil, entre otros.

En un proyecto de prevención de la exposición a disolventes se visitaron 156 empresas de Madrid, Valencia, Aragón y Cantabria y se analizaron 656 productos diferentes, identificando la presencia de 22 EDC<sup>54</sup>. Otra investigación realizada en el sector de la limpieza, en el que trabajan unas 250.000 personas, la mayoría mujeres, permitió identificar la presencia de disruptores endocrinos como el tetracloroetileno, el di - butilftalato y el estireno, utilizados como disolventes incorporados en productos de limpieza y sustancias como el nonoxinol y el polietilenglicol octilfenil presentes en detergentes<sup>55</sup>.

52 García AM, González-Galarzo MC, Benavides FG, Delclòs J, Gadea R, Jiménez R. Proyecto MatEmEsp: construcción de una matriz empleo-exposición española. *Gac Sanit.* 2010; 24 (Especial Congreso 2): 35.

53 Gadea R, Mudemurra L, Jiménez R, Santos T, García AM. Disruptores endocrinos utilizados en la industria textil-confección en España. *Med Segur Trab* 2009; 55 (214): 111-118.

54 Romano D, Gadea R, Santos T, García AM. Utilización de compuestos orgánicos volátiles (COV) como disolventes en empresas españolas. *Arch Prev Riesgos Labor.* 2011; 14 (1): 28-37.

55 Losilla JM (coord.) Identificación del riesgo químico en el sector de la limpieza en la Comunidad Valenciana. CCOO País Valencià, 2005.

**Tabla 15.** Disruptores endocrinos identificados en el sector textil en España

Sustancia	CAS	Proceso productivo
Etilbenceno	100-41-4	Tintado
Diisocianato de 4,4' metilendifenilo	101-68-8	Pretratamiento
Acrlonitrilo	107-13-1	Acabados
Acetato de vinilo	108-05-4	Acabados
Anhidrido maleico	108-31-6	Acabados
2-butoxietanol	111-76-2	Mantenimiento, acabados
Ftalato de bis (2-etilhexilo)	117-81-7	Acabados
Tetracloroetileno	127-18-4	Lavado, acabados, control de calidad, mantenimiento, preparado de tejidos
Bisfenol diglicidil eter polímero (resina epóxida)	25068-38-6	Encolado
Nonoxynol-9	26027-38-3	Acabados
Ortoftalato de diisonilo	28553-12-0	Acabados
Poli (oxi-1,2-etanedil), alpha-(isonilfenil)-omega-hidroxi (un nonilfenol etoxilato)	37205-87-1	Acabados
Permetrina	52645-53-1	Acabados
Etanol (anhidro)	64-17-5	Acabados
Diclorometano	75-09-2	Mantenimiento, urdimbre, control de calidad
Tricloroetileno	79-01-6	Lavado, acabados, preparación de fibras, urdimbre
Nonilfenol etoxilado	9016-45-9	Acabados

Fuente: Gadea R, Mudemurra L, Jiménez R, Santos T, García AM. Disruptores endocrinos utilizados en la industria textil-confección en España. *Med Segur Trab* 2009; 55 (214): 111-118.

Quizá la fuente de información más importante disponible para estimar exposiciones laborales a disruptores sea la base de datos de exposición a cancerígenos (CAREX) para aquellas sustancias que son al mismo tiempo cancerígenas y disruptoras endocrinas<sup>56</sup>. El CAREX-ESP permite estimar el número de personas expuestas a determinados EDC; así, por ejemplo, 138.000 personas estarían expuestas a hidrocarburos policíclicos aromáticos, 34.000 personas a tetracloroetileno y 68.000 personas a plomo (Tabla 16).

**Tabla 16.** Trabajadores expuestos a determinados EDC en España en 2004 según el CAREX-ESP

EDC	Nº trabajadores expuestos
Benceno	128.589
Tetracloruro decarbono	6.067
Epiclorhidrina	2.072
HAP	138.181
PCBs	11.302
Tetracloroetileno	33.911
Estireno	34.919
Tricloroetileno	21.799

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CAREX-ESP.

Se trata de estimaciones que, aunque parciales, ya apuntan a que **al menos unos cuantos centenares de miles de trabajadores y trabajadoras están expuestos a sustancias disruptoras endocrinas en sus lugares de trabajo.**







## 2. ESTUDIOS DE CASO

### 2.1. Alquilfenoles (APE)

#### Feminización de peces en ríos españoles

La **feminización de peces** debido a la exposición a contaminantes estrogénicos se puso de manifiesto por primera vez en España en el año 2000, en la cuenca del río Llobregat. El hallazgo tuvo lugar en el curso de un programa de vigilancia de la calidad de las aguas de dos afluentes del Llobregat (los ríos Anoia y Cardener). Los niveles de APE (componentes de detergentes) medidos en aguas y sedimentos se relacionaron con efectos de tipo estrogénico en algunas especies de peces, incluyendo la presencia de concentraciones anormalmente elevadas de vitelogenina plasmática en carpas (la vitelogenina es una proteína precursora de la yema de los huevos utilizada como indicador de exposición a compuestos estrogénicos) y la existencia de peces intersex, es decir, peces con órganos reproductores masculinos y femeninos simultáneamente.

Más tarde se ha observado la feminización en peces en otros ríos españoles incluyendo el Ebro, Guadarrama, Henares y Jarama, entre otros<sup>57</sup>.

Los alquilfenoles etoxilados (APE) son un grupo de surfactantes no iónicos. Las formulaciones comerciales contienen normalmente una mezcla de varios APE, principalmente nonilfenoletoxilatos (80% del mercado mundial de alquilfenoles) y octilfenoletoxilato (20%).

Nonilfenol etoxilato (9EO); NPE<sub>9</sub> (CAS 127087-87-0)  
Octilfenoletoxilato (10EO); OPE<sub>10</sub> (CAS 9036-19-5)

Los APE se degradan fácilmente en el agua y sedimentos, dando lugar a nonilfenol (NP) y octilfenol (OP), sustancias mucho más persistentes y tóxicas que los APE y con mayor capacidad estrogénica.

Nonilfenol (CAS 25154-52-3)

Octilfenol (CAS 67554-50-1)

#### Usos de los APE

Los surfactantes reducen la tensión superficial del agua permitiendo una mejor dispersión, mojado y mezcla de líquidos. Los usos principales de los APE son como:

- Surfactantes
- Emulsificantes
- Mojantes
- Humectantes
- Inertes en pesticidas
- Detergentes industriales
- Agentes de secado
- Industria textil y curtidores
- Destilación de maderas
- Espermicidas: nonoxinol

El uso de APE en detergentes y productos de limpieza domésticos e industriales está restringido en Europa. Sin embargo se siguen encontrando en los productos textiles y calzado importados, por lo que el lavado de tejidos sigue siendo una de las principales fuentes de contaminación de las aguas superficiales con APE en Europa.

#### Exposición

Se ha detectado NP en el aire interior de los hogares. Los APE son contaminantes comunes de aguas residuales, ríos y acuíferos, encontrándose a concentraciones relativamente altas. Según

57 Marieta Fernández. Detergentes. Ponencia en el curso Plásticos, detergentes, cosméticos y otras hormonas. Universidad Internacional de Andalucía- Cursos de Verano. Universidad de Granada-Hospital Universitario S. Cecilio. Sevilla, 14 a 18 Septiembre 2009.

el registro PRTR España en 2010 se vertieron 1,19 toneladas de NPE, NO, OPE y OP, mayoritariamente desde 12 plantas de tratamiento de aguas residuales (EDAR). También se han detectado APE en alimentos grasos y en artículos de consumo, incluyendo envases de alimentos, productos de limpieza, cosméticos y ropa. Un estudio de la organización ecologista **Greenpeace**, encontró residuos NPE (en concentraciones de 11-1.100 mg/Kg) en 52 de los 78 productos textiles y calzado analizados, procedentes de productos de marcas internacionales en 18 países. Tras lavar la ropa, las concentraciones de NPE detectadas en los tejidos fue de 1,2 a 350 mg/Kg<sup>58</sup>. También se ha detectado NP en el aire del interior de los hogares, así como en el polvo de los hogares españoles con niveles de 0,1-4,5 ppb de APE<sup>59</sup>.

## Efectos

### Salud humana:

Los APE y sus metabolitos (NP y OP) son sustancias tóxicas que afectan a la reproducción. Mimetizan hormonas naturales teniendo capacidad estrogenica y anti-androgénica.

### Fauna silvestre:

Los APE y sus metabolitos (NP y OP) son sustancias muy tóxicas para los organismos acuáticos. Entre los efectos principales de disrupción endocrina se encuentran:

- Feminización de organismos acuáticos
- Masculinización de organismos acuáticos
- Disminución de la fertilidad masculina
- Disminución de la supervivencia juvenil
- Alteración de los niveles de hormonas naturales

En peces (machos) la exposición a APE está relacionada con intersex, bajos niveles de testosterona, producción de vitelogenina, cambios histológicos en gónadas y fertilidad reducida. En invertebrados (moluscos/insectos) el OP afecta a la producción de huevos y maduración sexual, y está relacionado con imposex/intersex.

## Alternativas

Tras la restricción de su uso como componente de detergentes y productos de limpieza en Europa, numerosas sustancias se están utilizando como alternativas (tabla 17).

**Tabla 17. Alternativas al uso de alquilfenoles como surfactantes**

Fuente: DfE. Alternatives Assessment for Nonylphenol Ethoxyla-

Sustancia	CAS
C9-11 Alcoholes etoxilados (6 EO)	68439-46-3
C12-15 Alcoholes etoxilados (9EO)	68131-39-5
Polimero de 2 - metil - oxirano mono (2 - etilhexil) eter oxirano	64366-70-7
Oligomeros de D - Glucopiranosas, decil octil glicosidos	68515-73-1
Ácido bencenosulfónico, C10 - 13 - alquil derivados, sales de sodio	68411-30-3
Sulfato de sodio y dodecilo	151-21-3
Éter sulfato de lauril sodio	9004-82-4
Estearato de sorbitano	1338-41-6

tes. USEPA May 2012.

## Estudios de caso de eliminación

### Base de datos CleanGredients® Database [www.cleangredients.org/home](http://www.cleangredients.org/home)

La base de datos CleanGredients® proporciona información sobre sustancias alternativas a formuladores de productos de limpieza que busquen ingredientes más seguros. También sirve de escaparate a los proveedores de surfactantes y otras materias primas que quieran mostrar sus alternativas más seguras, certificadas por el programa Design for the Environment de la Agencia de Medio Ambiente de EE.UU. La base de datos contiene más de 300 surfactantes e incluye información de las características técnicas de las sustancias. La base de datos también contiene información sobre disolventes, agentes quelantes y fragancias utilizados en productos de limpieza.

<sup>58</sup> Greenpeace. Dirty Laundry: Reloaded. How big brands are making consumers unwitting accomplices in the toxic water cycle. Greenpeace International, Amsterdam: March 2012.

<http://www.greenpeace.org/eastasia/Global/eastasia/publications/reports/toxics/2012/Dirty%20Laundry%203%20D11.pdf>

<sup>59</sup> Santillo D, Labunska I, Fairley M y Johnston P. Consumiendo Química. Las sustancias peligrosas en el polvo doméstico como indicador de exposición química en el hogar. Madrid: Greenpeace, 2003.



## 2.2. Biocidas

### Fumigación de edificios cerrados

Centenares de personas sufren efectos adversos en su de salud como consecuencia de efectos tóxicos de la fumigación de edificios cerrados.

El primer accidente de estas características registrado en Cataluña tuvo lugar en agosto de 1994 en el laboratorio de microbiología del hospital del Vall d'Hebron, cuando ocho trabajadoras resultaron afectadas al exponerse a biocidas (carbamatos y piretrinas) cuando los utilizaron para combatir una plaga de hormigas.

Las fumigaciones provocaron, sólo en el período entre 1994 y 2001, la invalidez de 22 personas y dolencias graves a más de 60 trabajadores, la mayoría mujeres de la limpieza y personal administrativo. El primer colectivo presenta una debilidad muscular progresiva, un fuerte cansancio y dificultades cognitivas graves.

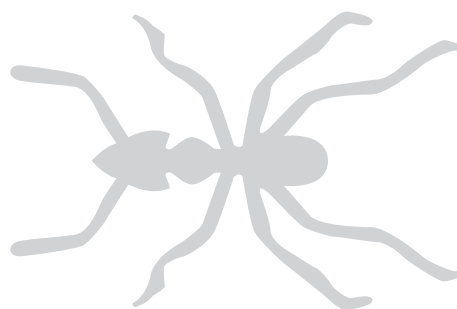
Los más de 60 pacientes afectados por este síndrome de sensibilidad química múltiple no pueden utilizar sprays ni mantenerse cerca de productos químicos sintéticos y presentan dificultades para respirar al circular por calles muy transitadas, desde entonces.

Otros síntomas que presentan los pacientes menos graves son dolores de cabeza, alteraciones respiratorias, diarreas, trastornos del olfato y contracciones musculares. Sin embargo, en algunos enfermos se ha observado un incremento de la hormona del crecimiento que a una de las pacientes obligó a extirparle la hipófisis.

Según un estudio realizado por Comisiones Obreras de Cataluña, el 83,4% de las personas afectadas son mujeres y sólo el 16,6% son hombres, con una media de edad de 34 años. Las víctimas presentan multitud de síntomas que afectan a todo el organismo, pero especialmente al sistema nervioso.

En 2002 el Tribunal Superior de Justicia de Cataluña (TSJC) condenó al Instituto Catalán de la Salud (ICS) a indemnizar a dos trabajadoras del Hospital Vall d'Hebron con lesiones irreversibles, con 180.303,63 euros. El alto tribunal catalán consideró al ICS responsable del accidente al entender que le incumbía asegurarse de que las sustancias que iban a utilizarse «no constituyeran una fuente de peligro».

ABC 28/03/2002, El Mundo 1/02/2001 y PEX 9/06/200



Después de la fumigación de locales y edificios siempre pueden quedar restos de los productos utilizados, sobre todo cuando no se respetan los plazos de seguridad o cuando se utilizan productos que permanecen activos durante largos períodos de tiempo. Restos de estos productos pueden permanecer en el ambiente, en las superficies a limpiar o en los sistemas y conductos del aire acondicionado y así entrar en contacto con los trabajadores de limpieza y con los trabajadores que ocupan el edificio.

En la mayoría de los accidentes estudiados y en todos los que han dado origen a casos con secuelas permanentes se ha identificado la presencia de al menos un plaguicida organofosforado. Los dos compuestos que han sido identificados con mayor frecuencia en los accidentes investigados, diazinón y clorpirifos, pertenecen a este tipo de plaguicidas.

También se han encontrado con relativa frecuencia compuestos pertenecientes a la familia de las piretrinas y piretroides, entre las que la tetrametrina es el producto más veces identificado. Se han identificado un total de 13 ingredientes activos distintos (tabla 18) que en diferentes combinaciones formaban parte de los plaguicidas utilizados.

**Tabla 18. Sustancias utilizadas como biocidas implicadas en accidentes durante fumigaciones de edificios y locales cerrados en Cataluña y sus efectos**

Sustancia	Uso	Efectos
Diazinon <sub>1</sub> (CAS 333-41-5)	Insecticida organofosforado de uso agrícola y fumigación industrial y doméstica.	Tóxico para el sistema nervioso. Incremento de riesgo de cáncer cerebral en niños y linfoma no-Hodgkins en agricultores. Daños reproductivos en descendencia de animales de laboratorio. Disruptor endocrino.
Clorpirifos <sub>2</sub> (CAS 2921-88-2)	Insecticida organofosforado de uso agrícola y fumigación industrial.	Afecta al sistema nervioso central. Defectos de nacimiento. Daños genéticos. Daños al sistema inmunológico. Desarrollo de sensibilidad a numerosas sustancias. Posible disruptor endocrino.
Cipermetrina <sub>2</sub> (CAS 52315-07-8)	Insecticida utilizado en agricultura y fumigación de interiores contra cucarachas, mosquitos y termitas.	Afecta al sistema nervioso. Posible disruptor endocrino. Debilita el sistema inmunológico. Defectos de nacimiento. Anormalidades cromosómicas. Posible carcinógeno. Persiste en aire y paredes interiores meses después de la fumigación. Tóxico para abejas, gusanos, peces y gambas.
Fenitrotion <sub>2</sub> (CAS 122-14-5)	Fumigación industrial.	Daños al sistema nervioso. Posible disruptor endocrino.
Piretrinas <sub>2</sub> (CAS 005)	Fumigación industrial.	Posible disruptor endocrino.
Aletrina técnica <sub>2</sub> (CAS 584-79-2)	Fumigación doméstica.	El contacto puede ocasionar dermatitis, irritaciones y alergias. La inhalación puede ocasionar irritación de vías respiratorias, tos, ahogos, dolor de pecho, moqueo, lagrimeo, asma y reacciones alérgicas. Probable disruptor endocrino.
Fenotrina <sub>2</sub> (CAS 26002-80-2)	Fumigación doméstica.	El contacto puede ocasionar dermatitis, irritaciones y alergias. La inhalación puede ocasionar irritación de vías respiratorias, tos, ahogos, dolor de pecho, moqueo, lagrimeo, asma y reacciones alérgicas. Posible disruptor endocrino.
Nonilfenoles y Nonilfenol etoxilados CAS 9016-45-9 CAS 9036-19-5 CAS 26027-38-3	Ingredientes "inertes" en muchas formulaciones para mejorar el contacto entre la sustancia activa y la superficie a tratar.	Persisten en el medio ambiente. Pueden dañar el sistema hormonal de los animales a dosis muy bajas. Disruptor endocrino estrogénico. Muy tóxicos para una amplia variedad de animales ocasionando pérdida de fertilidad y de movilidad.

Fuente: elaboración propia a partir de datos de Por Experiencia 9, junio 2000.

## Exposición

Se calcula que los casos detectados en Cataluña pueden corresponder a un 31 % de los casos reales, con una sub-detección estimada de un 69%. Esta sub-detección en otras zonas de España sería prácticamente del 100%.

Según estos cálculos, la prevalencia estimada de la exposición/año puede afectar al 4,33% de la población ocupada en Cataluña (124.900 personas) y la tasa de incidencia anual estimada sería de 19,61 accidentes por 10.000 aplicaciones y 19,71 implicados por 10.000 expuestos<sup>60</sup>.

## Efectos

Las diferentes familias químicas se distinguen por la forma en que actúan sobre el organismo, pero en general todos los insecticidas son neurotóxicos y afectan tanto al sistema nervioso de los insectos como al de los humanos. En los últimos años se ha descubierto la acción sobre el sistema endocrino de un gran número de biocidas. De manera simplificada, puede decirse que los más peligrosos son la familia de los organoclorados seguidos de los organofosforados, los carbamatos, los piretroides y las piretrinas<sup>61</sup>.

60 Jordi Obiols y Francisca López. Plaguicidas de uso ambiental: un riesgo poco conocido pero de efectos graves. Por Experiencia 9, junio 2000.

61 Dossier. Por Experiencia 9, junio 2000.

Los plaguicidas organofosforados bloquean la colinesterasa, una sustancia que necesita el organismo para que funcionen el cerebro y el sistema nervioso, produciendo una estimulación excesiva y continua de la musculatura con temblores o espasmos abdominales y un exceso de sudoración. Otros síntomas de una exposición aguda son náuseas, dolor de cabeza, fatiga, vértigo, visión borrosa y constricción pupilar.

La exposición crónica a pequeñas dosis puede producir una afectación del sistema nervioso, que puede manifestarse por fatiga crónica, cefalea, disminución en la libido, pérdida de memoria y demencia, debilidad muscular de extremidades, efectos que pueden persistir hasta 10 años después de la exposición.

Las piretrinas pueden provocar alteraciones de la sensibilidad cutánea en los trabajadores expuestos. Los síntomas de intoxicación incluyen adormecimiento, picazón, hormigueo y quemazón de la piel, y vértigo. Los efectos a largo plazo incluyen trastornos cerebrales y locomotores, polineuropatía y supresiones inmunológicas. Los piretroides son altamente tóxicos para los organismos acuáticos incluidos los peces.

La exposición a biocidas organoclorados está relacionada con trastornos del sistema neuroinmunológico incapacitantes, como la encefalopatía miálgica/síndrome de fatiga crónica/ síndrome de fatiga postviral (EM/SFC/SFPV), la fibromialgia, y la esclerosis múltiple<sup>62</sup>.

La hipótesis fisiopatológica es la agresión repetida de la zona hipotálamo-hipofisaria por microtraumatismos físicos o químicos, que acaban produciendo disrupción endocrina, y alteraciones de la inmunidad<sup>63</sup>.

## Alternativas

La mejor forma de eliminar los riesgos ocasionados por el uso de biocidas es implantar un Programa de Lucha Integrada contra Plagas.

Estos programas tienen como objetivo mantener las plagas bajo control a largo plazo actuando sobre todos los factores que pueden contribuir a la proliferación de las plagas antes de que éstas

aparezcan y eligiendo la estrategia de control que reduzca el riesgo de exposición a biocidas. Es muy importante considerar esta alternativa en lugares particularmente sensibles como colegios, centros de salud, cocinas, comedores o bares.

Las actuaciones de un Programa Integral de Lucha contra Plagas incluyen:

1. Prevenir las plagas utilizando sistemas de control y prevención.
2. Actuar aplicando un tratamiento químico sólo cuando sea necesario.
3. Seleccionar las estrategias de control menos tóxicas.
4. Elegir las técnicas de aplicación de los productos químicos con menos riesgos para los ocupantes de los edificios.

## Estudios de caso de eliminación

**Recomendaciones para el control de plagas del Departament de Santitat de la Generalitat de Catalunya**  
<http://www.gencat.cat/salut/ctrlplagues/Du13/html/ca/Du13/index.html>

La página web del Departament de Santitat de la Generalitat de Catalunya (<http://www.gencat.es>) contiene recomendaciones para implantar programas de lucha integrada contra plagas, dirigidas tanto a las personas responsables de un edificio o local en el que se realizará un tratamiento con biocidas, como a quienes tienen que contratar un servicio de control de plagas. Otra sección contiene consejos para prevenir y combatir las plagas en viviendas.

<http://www20.gencat.cat/portal/site/salut/menuitem.f33aa5d2647ce0d2e23ffed3b0c0e1a0/?vgnextoid=aa4ce327b80cf210VgnVCM2000009b0c1e0aRCRD&vgnnextchannel=aa4ce327b80cf210VgnVCM2000009b0c1e0aRCRD&vgnextfmt=default>

62 Ibid 7.

63 Carme Valls. Riesgo químico: un enfoque de género. Documentos del VI Foro ISTAS de Salud Laboral Retos de la Prevención del Riesgo Químico. Madrid: ISTAS, 2010.

## 2.3. RESINAS EPOXI – Bisphenol A y Epichlorhidrina

### Exposición de trabajadores de molinos eólicos a resinas epoxi

Para reparar las aspas de los molinos de viento, Guascor, una empresa subcontratada por Gamesa, montó en 2007 una carpa en medio de un parque eólico de Palencia y contrató a 45 trabajadores, la mayoría mujeres.

Su trabajo consistió en reparar defectos en las palas de los molinos, taladrándolas, inyectando resinas sellantes especiales, lijándolas y finalmente pintándolas de nuevo. Para ello utilizan bisphenol A, epichlorhidrina, diglicil éter de bisfenol, diferentes sustancias endurecedores de la resina, aditivos y varios disolventes.

Al poco de estar trabajando allí, al menos siete trabajadoras empezaron a sufrir emenstruación, producir leche, fuertes dolores de cabeza, hemorragias nasales, mareos, irritación de la garganta e irritación en los ojos. Todas las mujeres tuvieron los mismos síntomas y algunos hombres también sufrieron alteraciones. Dos de las trabajadoras expuestas que presentaron problemas necesitan la ayuda de una bombona de oxígeno en su casa para respirar. Todo el personal dispone de guantes, buzo y gafas de seguridad pero cuando les cae el producto sobre alguno de estos equipos de protección, los atraviesa, como si se quemara con un cigarrillo. Cuando tienen mareos y no pueden trabajar, la empresa les dice que se queden en casa sin pedir la baja. Algunas trabajadoras fueron advertidas por los médicos de que no deberían quedarse embarazadas al menos en dos años o, en otros casos, de que corrían el riesgo de tener descendencia con malformaciones.

Los trabajadores no sabían con qué sustancias trabajaban, a pesar de que cuando se utilizan resinas epoxi se debe evitar por completo el contacto con ingredientes

sin madurar y se debe formar adecuadamente a los trabajadores de los riesgos y medidas de protección necesarias antes de manejarlas.

La mutua diagnosticó una alergia de origen profesional pero sin determinar el factor causante de la misma. Ante la gravedad de las patologías y el gran número de trabajadores afectados, CCOO interpuso una denuncia ante la Inspección de Trabajo. Los trabajadores fueron despedidos.

Berta Chulvi. Trabajadoras desprotegidas ante el riesgo químico. Y por casualidad se descubrió el pastel. Por Experiencia 40, abril de 2008.

Las palas de los molinos de viento están fabricadas con resinas epoxi. Las resinas epoxi son polímeros que se obtienen al mezclar resinas con un agente **catalizador** o «endurecedor». Las **resinas epoxi** más frecuentes (95%), a base de diglicil éter de bisfenol, utilizan como ingredientes de base la epichlorhidrina y el **bisfenol A**.

Los endurecedores pueden ser de varios tipos, siendo los más utilizadas aminas, poliamidas, anhídrido ftálico y resinas de formaldehído. Además, para conseguir la versatilidad de usos se añaden una amplia gama de aditivos, incluyendo diluyentes (epichlorhidrina), plastificantes, cargas y pigmentos.

Resinas epoxi (CAS: varios números)

Ingredientes:

Bisfenol A (CAS 80-05-7)

Epichlorhidrina (CAS 106-89-8)

Diglicil éter de bisfenol (CAS 1675-54-3)

### Usos

Las resinas epoxi son uno de los polímeros más utilizados hoy en día en la industria, habiéndose incrementado continuamente su uso en las últimas décadas. La demanda global de resinas epoxi en el año 2009 fue de 1,8 millones de toneladas, siendo sus principales aplicaciones industriales: equipos eléctricos y electrónicos (36%), marina (15%), recubrimientos en polvo (13%), ingeniería civil (10%), recubrimientos de latas (9%), recubrimientos de automóvil (8%), composites (5%) y adhesivos (4%)<sup>64</sup>.

64 <http://www.bisphenol-a-europe.org/index.php?page=epoxy-resins>

## Exposición

El grupo de población con mayor riesgo de exposición a las resinas epoxi son los trabajadores de la construcción, de la industria eléctrica y electrónica, de las empresas fabricantes de composites y pintores. Así, un informe de la Agencia Europea de Salud y Seguridad en el Trabajo incluye las resinas como uno de los principales riesgos emergentes para la salud de los trabajadores<sup>65</sup>.

## Efectos

### Resinas epoxi

En el ámbito laboral, los efectos más conocidos de las resinas epoxi son la sensibilización y fotosensibilización de la piel y la irritación de ojos y vías respiratorias. El incremento del uso de resinas epoxi en los lugares de trabajo ha supuesto un incremento de los casos de dermatitis ocupacional, siendo ésta la causa más frecuente de dermatitis alérgica de contacto. Se estima la incidencia de la dermatitis alérgica en 80.000 casos al año en Europa (EU-25)<sup>66</sup>. Francia ha incluido en su listado de enfermedades profesionales “eccema ocasionado por la exposición a resinas epoxi y sus ingredientes”.

### Epiclorhidrina

La epiclorhidrina está clasificada como probable cancerígeno en los seres humanos, es tóxica en caso de inhalación, ingestión o contacto con la piel. Es una sustancia neurotóxica y provoca daños en el sistema reproductor. Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves y puede provocar una reacción alérgica en la piel. Síntomas de envenenamiento incluyen fatiga, dolores de cabeza y problemas respiratorios. Está incluido en varios listados de posibles disruptores endocrinos, ocasionando reducción de la calidad del esperma, problemas de fertilidad y efectos reproductivos adversos.

### El bisfenol A (BPA)

La normativa europea clasifica el BPA como una sustancia que puede perjudicar a la fertilidad, irritar las vías respiratorias, provocar lesiones oculares graves y provocar una reacción alérgica en la piel.

Además, el BPA es un disruptor endocrino, desde los años 30 se sabe que es una sustancia estrogénica, además, estudios recientes han demostrado que se une selectivamente a receptores endocrinos. El BPA puede estimular los receptores de estrógenos en la membrana celular a concentraciones muy bajas (partes por billón). El BPA, puede alterar la capacidad de sintetizar y metabolizar hormonas y modificar las concentraciones hormonales en sangre. Además, el BPA modifica las enzimas tisulares e interacciona con varios sistemas de respuesta hormonal<sup>67</sup>.

Los efectos de la exposición a BPA incluyen desde cambios en la expresión génica, en la función de hormonas y receptores hormonales, linfocitos, enzimas y proteínas, que se expresan como cambios en la actividad funcional de los órganos, sistemas y de los animales en su conjunto. Los efectos pueden variar de un órgano a otro, o de un sistema a otro, y se producen a niveles de exposición ambiental, por lo que no hay una dosis segura de exposición a BPA<sup>68</sup>.



65 Brun E et al. Expert forecast on emerging chemical risks related to occupational safety and health. European Agency for Safety and Health at Work, 2009.

66 Simon Pickvance, Jon Karnon, Jean Peters and Karen El-Arifi. The Impact of REACH on occupational health. School of Health and Related Research, University of Sheffield, 2005.

67 Rye Senjen & David Azoulay. Blissfully unaware of Bisphenol A. Reasons why regulators should live up to their responsibilities. A comprehensive review of the scientific knowledge available regarding controversial Bisphenol A., Friends of the Earth Europe, June 2008. [http://www.foeeurope.org/safer\\_chemicals/Blissfully\\_unaware\\_of\\_BPA\\_report.pdf](http://www.foeeurope.org/safer_chemicals/Blissfully_unaware_of_BPA_report.pdf)

68 TEDX The endocrine disruption exchange. SUMMARY AND COMMENTS ON THE LOW DOSE BPA SPREADSHEET. September, 2009 <http://www.endocrinedisruption.com/endocrine.bisphenol.summary.php>

La exposición a BPA está relacionada con numerosas patologías y enfermedades, incluyendo daños en el sistema reproductor, cáncer (mama, próstata), trastornos cerebrales y de la conducta, diabetes y obesidad.

Estudios recientes han relacionado algunos de estos trastornos (cáncer de próstata y de mama, alteraciones de la conducta y cerebrales) con la exposición prenatal a BPA.

## Alternativas

Otros materiales utilizados en la fabricación de palas de molinos de viento incluyen<sup>69</sup>:

- Plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV)
- Resinas de poliéster y fibras de vidrio
- Resinas de poliuretano

## Estudios de caso de eliminación<sup>70</sup>

**LM Wind Power**  
<http://www.lmwindpower.com/>

La empresa danesa LM Wind Power, con 12 fábricas en tres continentes, es la mayor fabricante del mundo de palas de molinos de viento. La empresa tiene el récord de fabricación de las palas más largas del mundo, 73,5 m para un parque eólico marino de la empresa francesa Alstom.

La empresa utiliza fibra de vidrio y poliéster, en lugar de resinas epoxi, en la fabricación de sus palas desde 1978. Para conseguir los mejores resultados con estos materiales, LM colabora estrechamente con sus proveedores en el proceso de producción. Ha optimizado las resinas y los refuerzos para conseguir láminas muy fuertes, uniformes, y sin burbujas.

Según la empresa, las resinas epoxi son tres veces más caras que el poliéster y además el proceso de producción de las palas es considerablemente más caro que utilizando fibra de vidrio y poliéster.

## 2.4. Mercurio

### Los recién nacidos españoles contaminados con mercurio

A principios de 2011 los medios de comunicación alertaban de que los recién nacidos en España presentaban niveles de mercurio alarmantemente elevados, haciéndose eco de los resultados de estudios científicos desarrollados en el marco del proyecto de investigación Infancia y Medio Ambiente (INMA)<sup>71</sup>. Según estos estudios un 64% de los recién nacidos están expuestos a más de 5,8 microgramos de metilmercurio por litro de sangre (límite establecido por la EPA de EE.UU.). El 75% de los niños en Asturias, el 68,4% en Valencia, el 64,7% en Guipúzcoa y el 49% en Sabadell superaban este límite. Un 10% de los niños estaban expuestos a 22 microgramos por litro, esto es, cuatro veces el límite.

Los niños son especialmente sensibles a los neurotóxicos como el mercurio, estando relacionado la exposición a esta sustancia con graves daños neurológicos.

Los niveles de mercurio presentes en los bebés están relacionados con la ingesta de algunas especies de pescado, como atún y pez espada, por parte de las madres durante el embarazo.

El 64% de los bebés nace con más mercurio en sangre del deseable. El País, 2 julio de 2011.

Carlos de Prada. Niños españoles nacen sobre-expuestos a mercurio del pescado (Envir. International, 2011). Fondo Salud Ambiental 31 de enero de 2011. <http://www.fondosaludambiental.org/?q=node/493>

<sup>69</sup> Richard Stewart. Wind turbine blade production – new products keep pace as scale increases. Renewable Energy Focus. com: 24 January 2012. <http://www.renewableenergyfocus.com>

<sup>70</sup> Ibid. 6.

<sup>71</sup> Proyecto Infancia y Medio Ambiente (INMA) <http://www.proyectoinma.org/presentacion-inma/resultados/#>

## Usos

La tabla 19 resume los principales usos del mercurio.

**Tabla 19. Principales usos del mercurio en el Mundo**

Uso	Consumo estimado en Tm.	Emisiones atmosféricas estimadas en Tm.
Minería oro	806	350
Fabricación de cloruro de vinilo	770	-
Fabricación de cloro (clorocaústicas)	492	60
Baterías	370	20
Amalgamas dentales	362	26
Instrumentos de medición y control	350	33
Alumbrado	135	13
Instrumentos eléctricos	200	26
Otros	313	29
Total	3.798	557

Fuente: Jack Weinberg. Introducción a la contaminación por mercurio para las ONG. IPEN, 2010.

## Exposición<sup>72</sup>

El primer análisis de metales pesados, representativo de la población española, encargado por el Ministerio de Medio Ambiente muestra un elevado nivel de mercurio en la población, hasta 10 veces superior al que presenta la población de Alemania o EEUU. Los niveles son tan elevados (6,3 mg/l en sangre y 1,75 microgramos/gramos en pelo) que suponen un serio riesgo para la salud de las mujeres embarazadas y de sus hijos. La población de las zonas costeras españolas es la que presenta mayores concentraciones, especialmente Andalucía, Murcia, Comunidad Valenciana y Baleares, debido a la mayor ingesta de pescado. El estudio corrobora los elevados niveles de mercurio detectados en la población infantil por el proyecto INMA.

El mercurio se encuentra en el pescado debido a la contaminación del mar por los vertidos de aguas residuales, en particular los procedentes de las aguas residuales urbanas (contiene el mercurio utilizado en productos de consumo, aparatos

médicos, utilizados por dentistas, etc.) y de las fábricas de cloro que siguen utilizando una obsoleta tecnología basada en celdas de mercurio. También se depositan en el mar buena parte de las emisiones a la atmósfera procedentes, principalmente, de la combustión de carbón para producir electricidad en las plantas térmicas.

Las actividades contaminantes incluidas en el registro PRTR de España emitieron 2,18 Tm. de mercurio y sus compuestos a la atmósfera y 0,97 Tm. al agua (la mitad procedente de aguas residuales urbanas).

El uso de celdas de mercurio para fabricar cloro debía haber sido reemplazado en las fábricas españolas por el uso de celdas de diafragma o de membrana durante el proceso de obtención de las Autorizaciones Ambientales Integradas. Sin embargo, el Ministerio de Medio Ambiente firmó un acuerdo voluntario con las empresas del sector, permitiendo continuar la utilización de esta tecnología obsoleta y por tanto con los vertidos de mercurio hasta el año 2020, con el compromiso de que los vertidos no superarían los 0,9 gramos de mercurio por tonelada de cloro producida, que supone, en caso de cumplirse, el vertido de 681 kilogramos de mercurio al año.

Se estima que el carbón contiene mercurio en cantidades traza que por lo general oscilan entre 0,01 y 1,5 mg. de mercurio por kilo de carbón<sup>73</sup>. Como en España se consumieron en 2009 14.709 toneladas de carbón, se puede estimar que se han liberado al medio ambiente a través de esta fuente de 0,1 a 22 toneladas de mercurio.

## Efectos

El mercurio es un metal neurotóxico que causa graves deficiencias en el desarrollo intelectual, en la capacidad de coordinación y función motora de las personas expuestas. Es también una sustancia reprotóxica, afecta al sistema inmunológico y produce daños en riñones, hígado y sistema cardíocirculatorio. El mercurio es un disruptor endocrino, relacionado con la alteración del metabolismo de la glucosa y la diabetes. El mercurio es un metal persistente y bioacumulativo que en el medio ambiente se puede transformar en metilmercurio, también bioacumulativo y que es más tóxico que el mercurio.

72 Dolores Romano. Niveles alarmantes de mercurio en la población española. *Daphnia* 55 (2011).

73 Jack Weinberg. Introducción a la contaminación por mercurio para las ONG. IPEN, 2010. <http://www.ipen.org/hgfree>



## Alternativas

La tabla 20 recopila alternativas a los principales usos del mercurio.

**Tabla 20. Alternativas al mercurio**

Usos	Alternativas
Celdas de mercurio de cloroaústicas	Celdas de diafragma
Termómetros de mercurio	Termómetros digitales
Esfingomanómetros de mercurio	Aneroides, electrónicos
Tubos gastrointestinales	Tubos con pesas de Tungsteno
Baterías/Pilas botón	Baterías/Pilas recargables o libres de mercurio
Lámparas Fluorescentes	Lámparas LED
Amalgamas dentales	Cerámica

Fuente: Jack Weinberg. Introducción a la contaminación por mercurio para las ONG. IPEN, 2010.

ra de Salud y Consumo y consiguió que se tratara el tema en la Comisión Sectorial de Riesgos Laborales del propio departamento.

Como resultado, la Secretaria General Técnica del Departamento de Salud y Consumo elaboró un informe, "Aplicación a determinados dispositivos sanitarios que contienen mercurio", en el que se evaluaba la situación y sentaba las bases para la eliminación de dispositivos con mercurio en todo el Servicio Aragonés de Salud.

## Estudios de caso de eliminación

### Eliminación del mercurio de los centros sanitarios de Aragón<sup>74</sup>

El Departamento de Sanidad y Consumo ha decidido eliminar el mercurio utilizado en todos los centros del Servicio Aragonés de Salud. Esta decisión se tomó a raíz de la demanda de eliminación planteada por la Federación de Sanidad y Sectores Sociosanitarios de CCOO Aragón en la Comisión Sectorial de Prevención de Riesgos Laborales, máximo órgano en materia de prevención, en el que están representados todos los trabajadores dependientes del Departamento de Salud y Consumo de Aragón.

Tras preparar documentación en materia de sustitución del mercurio, CCOO solicitó al entonces Secretario General Técnico del departamento que pusiera en marcha un plan de sustitución que garantizara la total eliminación del mercurio en todos los centros sanitarios antes de la fecha marcada por la normativa. Además, CCOO envió copia de la documentación a la entonces conseje-

<sup>74</sup> Rubén Eito y Luis Clarimón. Un elemento de cuidado. El mercurio se retirará de los centros sanitarios de Aragón. *Daphnia* 55 (2011).

## 2.5. Plaguicidas

### Malformaciones genitales en hijos de trabajadoras del campo de Almería

En los últimos años se ha observado un incremento de malformaciones genitales en niños recién nacidos, incluyendo no descenso testicular (criptorquidia) y ubicación anormal de la apertura de la uretra, por debajo del pene e incluso cerca del escroto (hipospadias).

Un estudio de la Universidad de Granada en una población constituida por 702 parejas madre-recién nacidos, encontró una mayor frecuencia de malformaciones en hijos de trabajadoras del campo.

Se analizaron en las placentas la exposición a 16 plaguicidas con efectos estrogénicos y se encontró que la carga total efectiva de xenoestrógenos en los recién nacidos con malformaciones genitales era superior a las de los niños sin malformaciones.

La exposición laboral de los padres a xenoestrógenos también estaba relacionada con mayor incidencia de malformaciones.

Mariana F. Fernández et al. Human Exposure to Endocrine-Disrupting Chemicals and Prenatal Risk Factors for Cryptorchidism and Hypospadias: A Nested Case-Control Study. *Environ Health Perspect.* 2007 December, 115(5-1): 8-14.

### Uso

En la Unión Europea se utilizan más de 350 plaguicidas diferentes, de los que se considera que al menos 43 tienen capacidad potencial de alterar el sistema endocrino<sup>75</sup>. España, con un consumo de 30.000 toneladas de plaguicidas en 2003, es tras Francia el segundo consumidor europeo de plaguicidas. Los cultivos a los que se aplican las mayores dosis de plaguicidas son las hortalizas (unos 15 kg de sustancia activa por hectárea), la vid (12 kg/ha) y los cítricos (10kg/ha)<sup>76</sup>.

Las sustancias activas más utilizadas en 2003 fueron:

- Fungicidas: azufre, mancozeb y folpet
- Desinfectante de suelos: 1,3-dicloropropeno
- Insecticidas: Metomil, clorpirifos, dicofol y plaguicidas organofosforados
- Herbicidas: glifosato

Las ventas de plaguicidas ascendieron en 2010 a 680 millones de euros<sup>77</sup>.

### Exposición

Los datos de exposición a plaguicidas disruptores endocrinos (EDC) presentados en el capítulo 1 muestran la ubicuidad de la exposición a plaguicidas con estas propiedades. El 100% de población española presenta niveles corporales de plaguicidas EDC preocupantes. El análisis de sangre de cordón umbilical y de placentas muestran también la preocupante exposición a plaguicidas de mujeres embarazadas y fetos.

Los análisis de alimentos, agua y aire muestran también la ubicuidad de la exposición a compuestos químicos con estas propiedades.

### Efectos

La exposición tanto aguda, como crónica a plaguicidas puede ocasionar graves daños a la salud. Aunque se han estudiado más los efectos por intoxicaciones agudas, en los últimos 20 años se han publicado numerosos estudios sobre los efectos de la exposición crónica a bajas dosis, incluyendo cáncer, leucemia, alteración del sistema endocrino, sistema inmunológico y del sistema nervioso.

En el apartado 1.3. se han descrito los principales efectos de alteración endocrina ocasionados por la exposición a plaguicidas, incluyendo: daños a la salud reproductiva masculina, pubertad precoz femenina, daños a la fecundidad femenina y a la fertilidad femenina, endometriosis, cáncer de mama, cáncer de próstata, cáncer de testículos, cáncer de tiroides, neurotoxicidad durante el desarrollo y síndrome metabólico, diabetes, y obesidad, entre otros.

75 PAN Europe. Disrupting food. Endocrine disrupting chemicals in European Union Food. PAN Europe, 2012.

76 Eurostat. The use of plant protection products in the European Union. Data 1992-2003. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2007

77 [http://servicios2.marm.es/sia/indicadores/ind/ficha.jsp?cod\\_indicador=23&factor=presion](http://servicios2.marm.es/sia/indicadores/ind/ficha.jsp?cod_indicador=23&factor=presion)

Otras enfermedades relacionadas con la exposición a plaguicidas incluyen Parkinson, Alzheimer y trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH)<sup>78</sup>.

## Alternativas

### Agricultura Ecológica<sup>79</sup>

La agricultura ecológica es un sistema de producción agrícola que proporciona al consumidor alimentos frescos y sabrosos respetando los ciclos vitales de los sistemas naturales.

Se basa en una serie de objetivos y principios, así como en unas prácticas comunes diseñadas para minimizar el impacto humano en el medio ambiente y garantizar que el sistema agrícola funciona de la forma más natural posible.

Las prácticas agrarias ecológicas incluyen entre otras:

- Rotación de cultivos
- Límites muy estrictos en el uso de plaguicidas y fertilizantes sintéticos
- Prohibición del uso de organismos modificados genéticamente.
- Aprovechamiento de los recursos in situ, tales como el estiércol para la fertilización
- Selección de especies vegetales

## Estudios de caso de eliminación

### AGRICULTORES ECOLÓGICOS SAT (AGRIECO) <http://www.agrieco.es>

AGRIECO es una sociedad de productores de frutas y hortalizas ecológicos ubicada en el término municipal de Pechina en Almería.

Está constituida por diez productores fundacionales y otros 30 agricultores colaboradores que suman 120 hectáreas de producción intensiva ecológica. Además, disponen de más de 4.000 metros cuadrados para el manipulado y envasado y un almacén de 1.100 metros cuadrados para venta y distribución de todo tipo de productos alimentarios ecológicos.

Como alternativa a los plaguicidas utilizan la lucha biológica, insumos naturales, cuidado del entorno, aumento de la biodiversidad, utilización de plantas reservorio y plantas repelentes (lantana, romero, tomillo, hierbabuena, etc.).

Durante la campaña 2005/2006 AGRIECO alcanzó un volumen de venta de 3 millones de kilogramos netos, con una plantilla de 90 trabajadores.

El 85% de su producción se destina a la venta directa en supermercados de otros países, incluyendo Holanda, Dinamarca, Suecia, Austria, Irlanda, Reino Unido, Francia, Alemania, Bélgica, Países del Este y Canadá entre otros.



78 PAN Europe. Health effects of pesticides. An impression of recent scientific literature August 2010. <http://www.pan-europe.info/Campaigns/pesticides.html>

79 [http://ec.europa.eu/agriculture/organic/organic-farming/what-organic\\_es](http://ec.europa.eu/agriculture/organic/organic-farming/what-organic_es)

# 3. MARCO NORMATIVO

## 3.1. Normativa europea

Varias normativas europeas relativas a la comercialización de sustancias, productos y artículos de consumo, así como la normativa para la protección del medio ambiente, regulan los disruptores endocrinos.

- Identificación de grupos de población vulnerables (como los niños) que requieren una consideración especial.
- Creación de una red internacional que permita el intercambio de información y coordinación de la investigación y las mediciones.
- Comunicación a la población y consulta a los actores implicados.

### 3.1.1. Estrategia Comunitaria en materia de alteradores endocrinos

En 1999 la Comisión Europea publicó la Estrategia Comunitaria en materia de alteradores endocrinos COM(1999)706, que estableció las líneas de actuación de la UE a corto, medio y largo plazo para hacer frente a los riesgos para la salud y el medio ambiente ocasionados por los EDC<sup>80</sup>. A lo largo de los años 2001, 2004 y 2007 la Comisión ha ido publicando informes sucesivos sobre la aplicación de la estrategia<sup>81</sup>.

La estrategia incluye las siguientes acciones:

#### A corto plazo

Recopilación de información para desarrollar las acciones a medio y largo plazo y la identificación de las lagunas de conocimiento sobre EDC:

- Establecimiento de una lista prioritaria de sustancias con capacidad de alteración endocrina. Esta lista de sustancias está publicada en la página Web sobre EDC de la Comisión y se encuentra en proceso de revisión en la actualidad<sup>82</sup>.
- Medición de niveles ambientales de EDC en alimentos y en el medio ambiente.

#### A medio plazo

Las acciones se centran en el desarrollo de métodos de identificación de EDC y la coordinación y financiación de investigación para entender los mecanismos de acción de los disruptores endocrinos y sus efectos sobre la salud humana y el medio ambiente. La investigación se ha financiado a través de los Programas Marco de Investigación y Desarrollo de la UE. También incluía acciones para identificar alternativas para sustituir a los EDC prioritarios.

#### A largo plazo

Aborda la necesidad de actualizar, enmendar o adaptar los instrumentos normativos existentes para la protección de la salud humana y el medio ambiente, incluyendo:

- Métodos de testeo y de evaluación de riesgos.
- Clasificación y etiquetado.
- Revisión de la normativa de evaluación de sustancias, normativa de plaguicidas, biocidas y de artículos de consumo.
- Revisión de la normativa medioambiental, Ej. Directiva Marco de Agua (2000/60/EC) y de la normativa internacional, como el Protocolo UNECE sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP).

La estrategia comunitaria se encuentra en la actualidad en proceso de revisión.

<sup>80</sup> COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL CONSEJO Y AL PARLAMENTO EUROPEO Estrategia comunitaria en materia de alteradores endocrinos (sustancias de las que se sospecha interfieren en los sistemas hormonales de seres humanos y animales. COM(1999)706 final. COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. Bruselas, 17.12.1999.

<sup>81</sup> COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT on the implementation of the "Community Strategy for Endocrine Disrupters" - a range of substances suspected of interfering with the hormone systems of humans and wildlife (COM (1999) 706), (COM (2001) 262) (SEC (2004) 1372) and SEC(2007) 1635).

<sup>82</sup> [http://ec.europa.eu/environment/endocrine/strategy/short\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/endocrine/strategy/short_en.htm)

### 3.1.2. Reglamento REACH

Las sustancias con propiedades de disrupción endocrina están sujetas al proceso de Autorización según el artículo 57.f del Reglamento REACH (1907/2006)<sup>83</sup>.

De momento no hay una guía que establezca cómo identificar y evaluar la actividad endocrina de las sustancias. La fecha límite para elaborar esta guía es el 9 de diciembre de 2013. A pesar de ello, la Agencia Europea de Sustancias Químicas (ECHA) ya ha incluido un EDC, el 4-tert-nonilfenol, en la lista de sustancias de elevado nivel de preocupación (SVHC en sus siglas en inglés) candidatas a Autorización.

### 3.1.3. Reglamento de plaguicidas

El nuevo Reglamento de comercialización de plaguicidas (1107/2009)<sup>84</sup> establece la prohibición de uso de disruptores endocrinos (Anexo II 3.6.5). Sólo se aprobará el uso de alguna sustancia disruptora endocrina, durante un periodo de 5 años, si se demuestra que la exposición de los seres humanos a esa sustancia es insignificante en condiciones de uso propuestas realistas, es decir, el producto se usa en sistemas cerrados o en otras condiciones en que no haya contacto con seres humanos y los residuos de la sustancia sobre los alimentos y piensos no superan los valores límites establecidos.

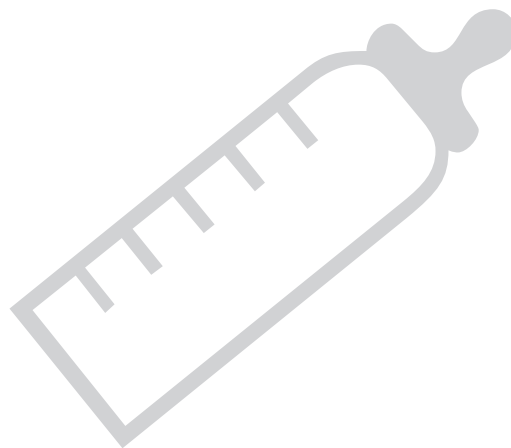
El Reglamento encomienda a la Comisión que presente una propuesta de criterios científicos para identificar plaguicidas con capacidad de alterar el sistema endocrino antes de diciembre de 2013. Para ello, la Comisión ha creado un grupo de expertos. Estos criterios serán utilizados también en el Reglamento REACH, el Reglamento de Biocidas y otra normativa europea que regule EDC (Ej. Directiva Marco de Agua).

### 3.1.4. Reglamento de biocidas

El nuevo Reglamento de Biocidas (528/2012)<sup>85</sup> también prohíbe el uso de EDC por sus efectos negativos sobre la salud y el medio ambiente (Art 5.1.d). Los criterios a utilizar para la identificación de EDC serán los establecidos por el grupo de expertos mencionado.

### 3.1.5. Acción de la UE sobre bisfenol-A en biberones

Tras una campaña europea de presión ciudadana y la adopción de medidas por parte de varios países europeos, el 26 de noviembre de 2010 la Dirección de Sanidad y Consumo de la Comisión Europea anunció una prohibición en toda la UE de biberones fabricados con BPA. Se prohíbe su fabricación desde marzo de 2011 y su comercialización desde junio de 2011.



83 REGLAMENTO (CE) No 1907/2006 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 18 de diciembre de 2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), por el que se crea la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos, se modifica la Directiva 1999/45/CE y se derogan el Reglamento (CEE) no 793/93 del Consejo y el Reglamento (CE) no 1488/94 de la Comisión, así como la Directiva 76/769/CEE del Consejo y las Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE y 2000/21/CE de la Comisión. Bruselas: Diario Oficial de la Unión Europea, 29.5.2007.

84 REGLAMENTO (CE) N o 1107/2009 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 21 de octubre de 2009 relativo a la comercialización de productos fitosanitarios y por el que se derogan las Directivas 79/117/CEE y 91/414/CEE del Consejo. Bruselas: Diario Oficial de la Unión Europea, 24.11.2009.  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:309:0001:0050:ES:PDF>

85 REGLAMENTO (UE) N o 528/2012 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 22 de mayo de 2012 relativo a la comercialización y el uso de los biocidas. Bruselas: Diario Oficial de la Unión Europea, 27.6.2012.

## 3.2. Normativa nacional

Varios países europeos han prohibido EDC en algunos usos<sup>86</sup>:

### 3.2.1. Normativa sobre Bisfenol A (BPA)

#### Dinamarca

En Marzo de 2010, invocando el principio de precaución, Dinamarca introdujo una prohibición temporal del uso de BPA en materiales en contacto con alimentos destinados a niños menores de 3 años.

#### Francia

En junio de 2010 el gobierno francés suspendió temporalmente el uso de BPA en biberones. En octubre de 2011 la Asamblea Nacional aprobó una prohibición del uso de BPA en todos los envases de alimentos. Esta decisión tiene que ser ratificada por el Senado y entrará en vigor en 2013 para envases de alimentos destinados a niños menores de 13 años y en 2014 para el resto de alimentos.

#### Suecia

En julio de 2010 el gobierno sueco siguió la iniciativa danesa y publicó una nota de prensa informando de que estaban preparando una prohibición de biberones con BPA.

#### Austria

En septiembre de 2010 el Ministro de Sanidad de Austria anunció su intención de prohibir el BPA en productos infantiles si la UE no adoptaba medidas para proteger a los niños.

#### Alemania

En junio de 2010 el Ministerio de Medio Ambiente alemán publicó una nota de prensa recomendando a productores y usuarios aplicar el principio de precaución y utilizar sustancias alternativas.

#### Bélgica

En enero de 2012 el Parlamento de Bélgica prohibió el uso de BPA en envases de alimentos para menores de 3 años. La prohibición entrará en vigor en septiembre de 2013.

### 3.2.2. Normativa sobre parabenos y otros EDC

#### Dinamarca

Dinamarca fue el primer país en prohibir parabenos en lociones y otros productos cosméticos para niños menores de 3 años.

#### Francia

En mayo de 2011 la Asamblea Nacional francesa apoyó una propuesta de normativa para prohibir parabenos, ftalatos, y alquilfenoles. Está pendiente la aprobación del Senado.

### 3.2.3. Normativa española

El gobierno español no ha tenido ninguna iniciativa en este sentido hasta la fecha, limitándose a trasponer las directrices comunitarias, por ejemplo, la relativa a la prohibición de comercialización de biberones fabricados con policarbonato (Bisfenol A).

El único avance importante en España ha sido la inclusión de una anotación ae (alterador endocrino) en la lista de valores límite de exposición profesional a agentes químicos que publica anualmente el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo<sup>87</sup>. La anotación ae especifica que “los valores límite asignados a estos agentes no se han establecido para prevenir los posibles efectos de alteración endocrina, lo cual justifica una vigilancia adecuada de la salud”. Hasta la fecha, el Grupo de Trabajo sobre Valores Límite de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo sólo ha tenido en cuenta el primer listado de posibles disruptores endocrinos, publicado en 2001 por la Comisión Europea en el primer informe sobre la aplicación de la estrategia comunitaria.

86 A CHEM Trust and HEAL briefing: Regulating chemicals with endocrine disrupting properties. May, 2012. [http://www.env-health.org/IMG/pdf/36-heal\\_ct\\_edc\\_criteria\\_briefing\\_paper.pdf](http://www.env-health.org/IMG/pdf/36-heal_ct_edc_criteria_briefing_paper.pdf)

87 INSHT. Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2012.







## 4. PROPUESTAS

Los resultados de la investigación científica muestran que los disruptores endocrinos (EDC) tienen unas características particulares que requieren nuevas medidas políticas para proteger la salud humana y el medio ambiente, como hemos visto en el capítulo 1.2. Así, los EDC:

- **Pueden actuar a dosis muy bajas:** los niveles de exposición a los que los EDC pueden afectar la salud humana son extremadamente bajos (en el rango de partes por billón ppb). La población está expuesta en la actualidad a estos niveles debido a la contaminación del aire de los hogares, los alimentos o la presencia de EDC en artículos de consumo.
- **Momento de exposición:** el momento puede tener aún más importancia que el nivel de exposición. Los fetos y los bebés son especialmente sensibles a la exposición a EDC. Existen periodos del desarrollo que son especialmente vulnerables a la disrupción endocrina, provocando daños que pueden causar importantes efectos sobre la salud a lo largo de toda la vida.
- **La relación dosis-efecto no es lineal,** pudiendo, por ejemplo, generar efectos dañinos para la salud a dosis muy bajas o altas y no generar efectos a dosis de exposición intermedias.
- **Efecto cóctel:** los EDC pueden actuar conjuntamente, de forma aditiva o sinérgica y la exposición a bajas dosis de una mezcla de EDC puede provocar efectos negativos a niveles de exposición considerados seguros para las sustancias individuales componentes de la mezcla. Por ello **es necesario abordar los EDC como un grupo, no sustancia a sustancia.**
- **Efecto multigeneracional:** los EDC pueden afectar a varias generaciones al interferir en el mecanismo mediante el que se expresan los genes.
- **Latencia:** los efectos negativos de los EDC pueden manifestarse muchos años después de que ocurre la exposición; además los efectos de la exposición prenatal se manifiestan principalmente en la edad adulta. **Por ello, las medidas que se tomen ahora mejorarán la salud pública también en el futuro.**
- **Ubiquidad de la exposición:** los estudios de monitorización de EDC en humanos muestran la contaminación de la población de todas las edades. Se han detectado EDC en sangre de cordón umbilical, pelo y orina de bebés, niños y sangre y grasa de adultos. Los análisis de alimentos, artículos de consumo, aire, agua, polvo doméstico, etc., muestran la ubiquidad de la exposición a EDC. Por ello, es necesario eliminar las fuentes de exposición a EDC.
- **No es posible establecer umbrales de exposición seguros a EDC.**

Debido a estas características, los métodos tradicionales de evaluación del riesgo, incluidos en la normativa vigente, no son adecuados para proteger a la población y al medio ambiente frente a los EDC. **Ante el nuevo reto que suponen estas sustancias para la protección de la salud y el medio ambiente, es necesario utilizar un nuevo paradigma, aplicar el principio de precaución, y adoptar medidas urgentes para:**

- **Eliminar o reducir en la medida de lo posible la exposición a EDC.**
- **Evitar la exposición de niños y mujeres en edad reproductiva, embarazadas y lactantes.**
- **Establecer nuevos métodos de identificación y muestreo que incluyan todas las sustancias capaces de interferir con el sistema hormonal.**

**Por ello, en los próximos meses se presentan varias oportunidades:**

## Revisión de la Estrategia Comunitaria sobre Alteradores Endocrinos

La Estrategia Comunitaria sobre Alteradores Endocrinos publicada en 1999 se encuentra en proceso de revisión. Consideramos que el principal objetivo de esta estrategia debe ser reducir la exposición de la población y el medio ambiente a los EDC, aplicando el principio de precaución y estableciendo objetivos y plazos concretos de eliminación o reducción del uso y la exposición a EDC. Entre las acciones a revisar se encuentran:

### Acciones a corto plazo

- Publicación de una base de datos europea sobre EDC que incluya un listado actualizado de sustancias, datos de toxicidad y de exposición, y referencias de publicaciones científicas. Este listado serviría de referencia para la aplicación de la normativa europea.
- Desarrollo de un sistema de clasificación y etiquetado específico para sustancias con propiedades de disrupción endocrina.
- Desarrollo de un sistema más ágil y proactivo que permita la identificación de sustancias y usos por parte de consumidores o trabajadores que requieren una actuación urgente.

### Acciones a medio plazo

- La UE debe dotarse de un sistema de identificación y monitorización de EDC que tenga en cuenta la complejidad del sistema endocrino. Los ensayos clásicos en ratones son insuficientes, se necesitan nuevos y mejores ensayos de toxicidad, capaces de identificar sustancias relacionadas con las enfermedades en aumento en Europa, como obesidad, diabetes, cáncer de mama y de próstata.
- Identificación y promoción de alternativas más seguras. Los sindicatos y las ONG han impulsado este año iniciativas para difundir alternativas más seguras, como el portal de sustitución SUBSPORT ([www.subsport.eu](http://www.subsport.eu)) financiado por el programa LIFE+. Es necesario que las autoridades europeas y nacionales aborden los obs-

táculos para la identificación y promoción de alternativas, incluyendo:

- Falta de transparencia sobre las sustancias presentes en productos y artículos.
- Falta de información y formación a usuarios y consumidores sobre alternativas.
- Falta de incentivos para la utilización de alternativas.

### Acciones a largo plazo

Revisión de la normativa relativa a químicos, protección de la salud pública, protección del medio ambiente y de la salud de los trabajadores (por ejemplo, la Directiva 92/85/EEC sobre protección de las trabajadoras embarazadas y lactantes) para garantizar que incluya los riesgos de los EDC.

## Revisión del Reglamento REACH

El reglamento REACH aborda los procesos de registro, evaluación, autorización y restricción en el mercado de sustancias químicas de uso industrial. A través de los procesos de restricción y autorización REACH puede servir para agilizar la eliminación de los EDC.

La Comisión debe revisar antes de junio de 2013 las condiciones para autorizar sustancias con propiedades disruptoras endocrinas para determinados usos. Para conseguir eliminar la exposición a EDC, la revisión del Reglamento debería garantizar que:

- Sólo se conceda autorización a EDC si se demuestra que el uso al que va destinada la sustancia es absolutamente esencial para la sociedad y no existen alternativas. En cualquier caso, la autorización deberá concederse por un periodo limitado.
- El Artículo 57 sobre definición de sustancias de elevado nivel de preocupación debe incluir un criterio específico para propiedades disruptoras endocrinas, separado del actual criterio de nivel de preocupación equivalente (57f).
- Las sustancias CMR (cancerígenas, mutágenas o reprotóxicas) o PBT (tóxicas persistentes y bioacumulativas) que además sean EDC deben ser incluidas en la lista de candidatas a autorización por todas sus propiedades, de

forma que se garantice la revisión de esas autorizaciones una vez que entren en vigor las nuevas condiciones para autorizar EDC.

## Establecimiento de criterios para la identificación de EDC

Los criterios que se aplicarán en la normativa deben permitir la identificación del mayor número posible de EDC a los que está expuesta la población. Para ello, los criterios deben basarse en las características peligrosas de las sustancias, al igual que hace la normativa europea de clasificación (Reglamento CLP) en el caso de las sustancias cancerígenas, mutágenas o tóxicas para la reproducción. Además, deben tenerse en cuenta todas las publicaciones científicas independientes, financiadas de hecho en gran medida con fondos del Programa Marco Europeo de I+D. De esta forma, se garantizaría la utilización de los conocimientos científicos más actualizados, tanto sobre métodos, como sobre efectos, en la identificación de EDC.

El RD 298/2009 incorpora a la normativa española los listados de agentes de riesgo para la salud de las trabajadoras embarazadas, que hayan dado a luz o en período de lactancia a evaluar (anexo VII) o a evitar (Anexo VII). La lista de agentes de riesgo incluida en este RD está basada en la lista publicada por la Directiva 92/85/CEE<sup>88</sup> y, por tanto, no incorpora el conocimiento científico generado en los últimos 20 años, en particular en relación a los disruptores endocrinos.

**Prohibición de sustancias y usos siguiendo la estela de los países de la UE más avanzados en la protección de la salud pública y el medio ambiente.**

## Nivel Nacional

### Lista de valores límite de exposición profesional a agentes químicos

Ampliación de la lista de sustancias con anotación ae (alterador endocrino) a todas las sustancias incluidas en la actualidad en la lista publicada por la Comisión Europea. Esto permitirá a las empresas identificar EDC presentes en los lugares de trabajo y tomar las medidas preventivas necesarias.

### Prohibición de la exposición de trabajadoras embarazadas y lactantes a EDC

Se deben incluir los disruptores endocrinos en los listados de agentes a evitar del RD 298/2009 sobre la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia.

<sup>88</sup> Directiva 92/85/CEE del Consejo de 19 de octubre de 1992 relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia.



