



## Consenso Científico sobre los Alteradores Endocrinos

**Fuente:**

IPCS (2002)

**Resumen & Detalles:**

GreenFacts

### Nivel 2 - Detalles sobre los Alteradores Endocrinos

<b>1. ¿Qué son los Alteradores Endocrinos?.....</b>	<b>2</b>
1.1 ¿Qué es el sistema endocrino?.....	2
1.2 ¿Cuál es la definición de alterador endocrino?.....	2
1.3 ¿Por qué son preocupantes los alteradores endocrinos?.....	3
<b>2. ¿Cómo actúan los Alteradores Endocrinos?.....</b>	<b>3</b>
2.1 ¿Cuáles son los mecanismos de acción de las SAE?.....	3
2.2 ¿En qué momento de la vida pueden actuar las SAE?.....	4
2.3 ¿Qué relación existe entre la dosis de SAE y sus efectos? .....	4
<b>3. ¿Afectan los Alteradores Endocrinos a la fauna?.....</b>	<b>5</b>
3.1 ¿Cuáles son los ejemplos más ilustrativos de los efectos sobre la fauna?.....	5
3.2 ¿Son fiables los datos derivados de observaciones sobre la fauna?.....	6
<b>4. ¿Afectan los Alteradores Endocrinos a la salud?.....</b>	<b>6</b>
4.1 ¿Qué efectos pueden acarrear las SAE sobre la reproducción humana?.....	7
4.2 ¿Qué otros efectos pueden acarrear las Sustancias Alteradoras Endocrinas?.....	8
4.3 ¿Causan cáncer las Sustancias Alteradoras Endocrinas?.....	8
4.4 ¿Qué otros factores han de tenerse en cuenta con respecto a la salud? .....	9
<b>5. ¿Cuáles son las fuentes potenciales de exposición a los Alteradores Endocrinos?.....</b>	<b>9</b>
<b>6. Conclusiones.....</b>	<b>10</b>
6.1 ¿Qué podemos concluir de los efectos de las SAE sobre los humanos?.....	10
6.2 ¿Qué podemos concluir de los efectos de las SAE sobre la fauna?.....	10
6.3 ¿Por dónde deben de continuar las investigaciones según el IPCS?.....	11

Este Dossier es un resumen fiel del destacado informe de consenso científico publicado en 2002 por el Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas (IPCS):  
"Global Assessment of the state-of-the-science of Endocrine Disruptors"

El Dossier completo se encuentra disponible en: <https://www.greenfacts.org/es/alteradores-endocrinos/>

**i** Este documento pdf corresponde al Nivel 2 de un Dossier de GreenFacts. Los Dossiers de GreenFacts, articulados en torno a preguntas y respuestas, se publican en varios idiomas y en un formato exclusivo de fácil lectura con tres niveles de complejidad creciente.

- El Nivel 1 responde a las preguntas de forma concisa.
- El Nivel 2 profundiza un poco más en las respuestas.
- El Nivel 3 reproduce la fuente original, un informe de consenso científico internacional resumido por GreenFacts en los niveles 1 y 2.

Todos los Dossiers de GreenFacts en español están disponibles en: <http://www.greenfacts.org/es/>

## 1. ¿Qué son los Alteradores Endocrinos?

### 1.1 ¿Qué es el sistema endocrino?

El sistema endocrino es un complejo conjunto de glándulas, y de las hormonas que éstas segregan, que se encuentra repartido por el organismo. Ejemplos son la glándula tiroidea, situada en el cuello; la hipófisis, en el cerebro; las suprarrenales, el páncreas y los ovarios, en el abdomen; y los testículos, situados fuera del abdomen.

Las hormonas actúan como mensajeros químicos, regulando multitud de funciones básicas como el crecimiento, el desarrollo y la reproducción. Coordinan también el proceso metabólico del organismo, la presión arterial, el nivel de azúcar en la sangre (glucemia) y el sistema linfático. Como ejemplos de hormonas, se pueden mencionar la insulina, segregada en el páncreas y cuya función es regular el nivel de glucemia; y las hormonas sexuales, como los estrógenos segregados por los ovarios o la testosterona por los testículos, que afectan a la función reproductiva.

Las hormonas son transportadas en el flujo sanguíneo hasta remotos órganos o células diana donde cumplen funciones específicas. Por ejemplo, la hipófisis estimula la expulsión del óvulo por el ovario, o las glándulas suprarrenales adaptan el cuerpo al estrés. Otras hormonas son segregadas dentro de un órgano o de un tejido (grupo de células que comparten una misma función) y actúan localmente para impedir, por ejemplo, el desarrollo de un óvulo en el ovario.

El sistema endocrino incluye también un tercer grupo de hormonas denominadas 'neurohormonas'. Éstas son segregadas por las células nerviosas, para actuar localmente o ser transportadas por el torrente sanguíneo y operar más lejos.

### 1.2 ¿Cuál es la definición de alterador endocrino?

La alteración endocrina no es en sí misma una medida de toxicidad, la aparición de efectos adversos para la salud. Más bien, se considera como un cambio que puede resultar en efectos perjudiciales. Así, un alterador endocrino potencial (AEP) es una sustancia o mezcla exógena cuyas propiedades podría esperarse que causaran cambios en el sistema endocrino de un ser concreto, de su descendencia o de poblaciones enteras.

Un alterador endocrino se define así como una sustancia o una mezcla exógena que altera la(s) función(es) del sistema endocrino, y que por consiguiente perjudica la forma de vida de un individuo, de su descendencia o de poblaciones enteras.

Nótese que no hay una lista globalmente aceptada de alteradores endocrinos, potenciales o reconocidos, y que los documentos del IPCS resumidos aquí, no suministran tal lista. La Comisión Europea está elaborando una lista de sustancias que establezca las prioridades para seguir evaluando el papel de la alteración endocrina (COM(2001) 262 final) [véase [http://ec.europa.eu/environment/endocrine/documents/comm2001\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/endocrine/documents/comm2001_en.htm)]

## 1.3 ¿Por qué son preocupantes los alteradores endocrinos?

En los últimos años, los científicos y el público en general se han preocupado cada vez más por las sustancias alteradoras endocrinas (SAE), susceptibles de interferir con el sistema endocrino y de causar efectos perjudiciales.

La presencia de SAE en el medioambiente es motivo de preocupación porque:

- se han observado efectos perjudiciales sobre la reproducción, el crecimiento y el desarrollo de ciertas especies de la fauna, tanto acuática como terrestre;
- se está dando un incremento de trastornos reproductivos y de ciertos cánceres en el ser humano, que puede que sean inducidos por la alteración del sistema endocrino; y
- se han observado efectos adversos en animales de laboratorio, sometidos a sustancias conocidas por su acción sobre el sistema endocrino y presentes en el medioambiente.

Para tratar y evaluar los problemas vinculados a las SAE, muchas organizaciones nacionales e internacionales, así como científicos y grupos de interés público, han auspiciado programas de investigación, conferencias, talleres y grupos de expertos.

## 2. ¿Cómo actúan los Alteradores Endocrinos?

### 2.1 ¿Cuáles son los mecanismos de acción de las SAE?

Las investigaciones demuestran claramente que las sustancias alteradores endocrinas (SAE) pueden actuar de varias maneras en distintas partes del cuerpo. La mayoría de los estudios se han centrado en la influencia de las SAE sobre los receptores hormonales, las partes de las células diana sobre las cuales se fijan las hormonas para desencadenar un efecto. Al ocupar los mismos sitios receptores en las células diana, las SAE pueden simular el efecto de una hormona o bloquear su acción.

Igualmente importantes son otras acciones de las SAE como la alteración de la producción, del transporte o de la descomposición de las hormonas. Sin embargo, en la mayoría de los estudios en que se muestra una relación entre exposición a las SAE y efectos nocivos, los mecanismos de los alteradores endocrinos siguen siendo mal entendidos.

Por lo tanto, es difícil establecer la distinción entre efectos directos e indirectos. Así, deben de tomarse precauciones si queremos anticipar los efectos sobre las especies salvajes o sobre el ser humano, en el mundo 'real', a partir de resultados de estudios de laboratorio. Además, si se trata de anticipar los efectos sobre una especie a partir de observaciones sobre otra, es importante conocer las similitudes y las diferencias entre los sistemas endocrinos de las diferentes especies animales y el de los humanos.

Hará falta una combinación de observaciones (datos epidemiológicos y de laboratorio) para entender las situaciones en las cuales la exposición a las SAE pueda afectar a los sistemas endocrinos.

## 2.2 ¿En qué momento de la vida pueden actuar las SAE?

A pesar de la falta de información exhaustiva sobre el mecanismo de acción de las sustancias alteradoras endocrinas (SAE), se sabe que existen etapas específicas en el ciclo de vida animal o humano en que el organismo es vulnerable a los alteradores endocrinos.

Lo que sabemos hoy en día es que:

- la exposición a las SAE durante las primeras fases de desarrollo del sistema endocrino, por ejemplo en el útero o durante la infancia, puede alterar de manera permanente su funcionamiento o sus reacciones a diversas señales en el cuerpo;
- la exposición a las SAE en la edad adulta puede no provocar efectos significativos dada la mayor capacidad de adaptación del organismo;
- una misma exposición a las SAE puede provocar efectos que varían en función de las distintas etapas del ciclo de vida o incluso de la estación del año; e
- interacciones entre distintas partes del sistema endocrino pueden resultar en efectos que el conocimiento actual no permite anticipar. Éstos podrían en ocasiones ocurrir en partes imprevistas del cuerpo.

Existe un amplio conocimiento acerca de las respuestas hormonales en el ámbito molecular, pero poco se conoce acerca de cómo estos cambios moleculares puedan afectar a la salud. Mientras que no se disponga de tal información, seguirá siendo difícil y controvertido la atribución de efectos nocivos a las SAE.

## 2.3 ¿Qué relación existe entre la dosis de SAE y sus efectos?

Quizás, la cuestión más controvertida sea la de saber qué nivel de exposición es necesario para que una sustancia alteradora endocrina (SAE) pueda producir un efecto. Dicha controversia es en parte debida al mecanismo de acción de las SAE, que consiste a menudo en simular o contrarrestar las acciones de las hormonas segregadas naturalmente por el cuerpo. Estas hormonas naturales son en muchos casos más potentes que cualquier SAE exógena y están presentes en el cuerpo a niveles que ya influyen sobre las funciones biológicas.

Se puede argumentar que, dado que las SAE se añadirían a éstas hormonas naturales, un bajo nivel de exposición podría ocasionar efectos adicionales medibles sobre las funciones biológicas. En otras palabras, es posible que no hubiera ningún umbral a la acción de las SAE, es decir, que cualquier exposición, por muy pequeña que fuese, podría desencadenar un efecto.

Los estudios sobre los efectos de bajas dosis de SAE en animales de laboratorio son muy controvertidos y objeto de investigaciones intensivas. Científicos de distintos laboratorios no siempre han sido capaces de obtener los mismos resultados a bajas dosis. Se trata también de saber si los métodos de ensayo son suficientemente sólidos para detectar efectos a bajas dosis.

Del mismo modo, los efectos de sinergia también son objeto de controversia. Se trata de establecer si una exposición simultánea a varias SAE, a acciones similares, causa efectos más importantes que la suma de sus acciones individuales. De nuevo, los científicos de distintos laboratorios no han sido capaces de obtener los mismos resultados utilizando combinaciones de SAE.

El momento de exposición, tanto para los seres humanos como para los animales, es también un factor importante en el tipo de respuesta del cuerpo a distintas dosis, afectando al desarrollo, a la reproducción, cáncer, al sistema inmunológico y al sistema nervioso.

Actualmente, no se pueden sacar conclusiones definitivas sobre los efectos a bajas dosis. Los investigadores siguen considerando esta posibilidad.

### 3. ¿Afectan los Alteradores Endocrinos a la fauna?

Varios estudios sobre la fauna, tanto en el campo como en el laboratorio, indican que la exposición a ciertas sustancias alteradoras endocrinas (SAE) causa efectos adversos sobre algunas poblaciones. Dichos efectos van desde ligeras modificaciones de las funciones fisiológicas y del comportamiento sexual hasta efectos permanentes en el desarrollo de los órganos sexuales. La mayor parte de la información procede de Europa y América del Norte.

Algunas SAE desaparecen rápidamente del medioambiente, mientras que otras persisten. Animales acuáticos, especialmente depredadores, son los más afectados, aunque también se han observado efectos sobre animales terrestres. Una parte de los efectos perjudiciales observados en ciertos animales es debido probablemente a una alteración endocrina. Sin embargo, en la mayor parte de los casos, el vínculo entre la exposición a las SAE y la alteración endocrina no está claro.

#### 3.1 ¿Cuáles son los ejemplos más ilustrativos de los efectos sobre la fauna?

**3.1.1 Mamíferos:** la exposición a las sustancias organocloradas (PCBs, DDE) ha perjudicado a los sistemas reproductivo e inmunológico de las focas del mar Báltico, causando un descenso importante de la población. Las focas muestran señales de sistemas endocrinos dañados, aunque se desconoce la manera en que estas sustancias químicas pueden llegar a causar tales efectos.

**3.1.2 Aves:** se ha observado una reducción del espesor de la cáscara de los huevos y una alteración en el desarrollo de los órganos sexuales en las aves rapaces expuestas al pesticida DDT, resultando en descensos graves de las poblaciones. Algunas malformaciones congénitas en aves piscívoras son vinculadas directamente a una exposición a los PCBs. Sin embargo, no es seguro el vínculo exacto con una eventual alteración endocrina.

**3.1.3 Reptiles:** un supuesto derrame de pesticidas en el Lago Apopka en Florida suministra un ejemplo flagrante de los efectos de las sustancias alteradoras endocrinas (SAE) sobre el descenso del número de aligatores. Los aligatores sufrían de varios trastornos de los órganos sexuales y a nivel del comportamiento, atribuidos a una exposición a altos niveles de varios contaminantes organoclorados, que pueden afectar el equilibrio endocrino. Aunque se han avanzado algunas explicaciones, no se conoce todavía la causa precisa de los cambios en los aligatores.

**3.1.4 Anfibios:** Se ha observado un descenso de poblaciones de anfibios, como las ranas, en hábitats tanto contaminados como no contaminados del mundo entero. No se dispone de suficiente información, en este momento, para saber si las SAE son la causa de tal descenso.

**3.1.5 Peces:** Hay muchas pruebas de que las sustancias presentes en las aguas residuales de las fábricas de pulpa y papel, así como de las estaciones de depuración de aguas residuales puede influir sobre la reproducción y el desarrollo de los peces. Se dan varios cambios endocrinos, si bien todavía no está completamente claro cuáles son las sustancias responsables de los cambios ni cuáles son sus modos de acción.

**3.1.6 Invertebrados (animales sin columna vertebral):** La exposición al tributyltin (TBT), sustancia química utilizada en las pinturas anti-adherentes que se aplican a los cascos

de los barcos, es el ejemplo más claro del efecto que puede causar un contaminante presente en el medioambiente sobre el sistema endocrino de los invertebrados. Las hembras de ciertos organismos marinos, como los liparis, las babosas, los bígaros y los caracoles, desarrollan órganos sexuales masculinos tras haber sido expuestas al TBT. Ésto ha resultado en un descenso a nivel mundial de sus poblaciones. Este efecto de 'masculinización' se debe probablemente al aumento en los niveles de hormonas masculinas en las hembras causado por el TBT.

### **3.2 ¿Son fiables los datos derivados de observaciones sobre la fauna?**

Se ha sugerido que los estudios sobre la fauna suministran llamadas de atención sobre los posibles efectos perjudiciales en los humanos de la exposición a sustancias alteradoras endocrinas (SAE). Sin embargo, dada la variedad de especies existentes y el hecho de que los estudios hayan tratado únicamente algunas de ellas, es importante no sacar conclusiones precipitadas sobre las SAE. Además, los estudios sobre los efectos potenciales de las SAE en la fauna han tratado principalmente casos individuales, y no poblaciones o comunidades animales enteras.

Es difícil cuantificar la manera en que la alteración de las funciones sexuales y reproductivas, y la disminución de la capacidad de supervivencia de la descendencia, afecta a poblaciones enteras. En general, el conocimiento científico actual suministra pruebas de que las malformaciones observadas en la fauna proceden de sustancias químicas que actúan como SAE. Sin embargo, en la mayoría de los casos, las pruebas de una relación causal entre las malformaciones y la exposición a dichas sustancias son débiles. La mayor parte de los efectos han sido observados en zonas con una contaminación química elevada.

### **4. ¿Afectan los Alteradores Endocrinos a la salud?**

Actualmente, no hay pruebas sólidas de que las sustancias alteradores endocrinas (SAE) presentes en el medioambiente causen problemas de salud a bajos niveles de exposición. Sin embargo, el hecho de que un alto nivel de sustancias químicas pueda perjudicar la salud humana mediante interferencias con el sistema endocrino está dando motivo de preocupación sobre los posibles efectos perjudiciales de las SAE. Incrementos en la frecuencia de ciertas enfermedades que afectan al sistema reproductivo de los hombres y de las mujeres, ha hecho que se susciten también preguntas sobre la relación entre estas enfermedades y las SAE. La dificultad en encontrar pruebas concluyentes sobre la situación a escala global se agrava cuando los investigadores intentan comparar e integrar datos sobre las tendencias en la salud a partir de fuentes diferentes, recopiladas en momentos distintos y, en muchos casos, usando diferentes métodos bajo condiciones variables.

Otro problema mayor es la falta de información sobre la exposición a las SAE durante los períodos críticos de las primeras etapas del desarrollo humano, que influyen en el funcionamiento ulterior del cuerpo. Además, la cantidad y los impactos de las hormonas que producimos de modo natural en nuestro cuerpo son en general más importantes que los de las sustancias exógenas. Sin embargo, si se tiene en cuenta la influencia conocida de las hormonas endógenas y exógenas sobre numerosos procesos, es plausible, desde un punto de vista biológico, que la exposición a las SAE pueda perjudicar ciertas funciones fisiológicas como los sistemas reproductivo y del desarrollo. Por consiguiente, a pesar de las dificultades e incertidumbres, el posible papel que juega la exposición a las SAE en cuanto a efectos adversos sobre la salud sigue siendo preocupante. Los ejemplos en la pregunta 4.1. ilustran estas preocupaciones.

## 4.1 ¿Qué efectos pueden acarrear las SAE sobre la reproducción humana?

### 4.1.1 Sobre la reproducción:

- **Calidad del esperma:** en diversos países, varios estudios indican una disminución de la calidad del esperma desde los años 30. Esta reducción, en términos de número de espermatozoides, proporción de espermatozoides normales o volumen de semen, podría esperarse que afectara a la fertilidad. Sin embargo, no todo el mundo está de acuerdo con estos resultados. Así, otros estudios rechazan esta tendencia a la baja en la calidad del esperma humano. Aunque no haya una disminución global de la calidad del esperma, sí que se dan claras variaciones tanto dentro de los países como entre ellos. A partir de lo que se sabe sobre el desarrollo de los testículos y su funcionamiento, es plausible que las sustancias químicas activas en el sistema endocrino puedan tener un impacto sobre la calidad del esperma. Pero, hasta ahora, ninguna investigación ha estudiado la relación entre la exposición a las sustancias alteradoras endocrinas y la calidad del esperma.
- **Fertilidad:** algunos estudios sobre animales de laboratorio y sobre humanos han indicado que una exposición en el ámbito profesional o en el medioambiente a altos niveles de ciertas sustancias, como los pesticidas y los PCBs, puede perjudicar la fertilidad e incrementar el número de abortos espontáneos. Sin embargo, todo vínculo con una alteración endocrina sigue siendo una especulación.
- **Proporción de nacimientos varón-mujer:** en algunas regiones y países, se ha observado que nacen menos varones que mujeres. Existen pruebas de que estos cambios son achacables a influencias exógenas y no identificadas, pero no se sabe si los alteradores endocrinos tienen algo que ver.
- **Malformaciones de los órganos sexuales masculinos:** se ha observado un incremento de malformaciones congénitas en los órganos sexuales masculinos. Las malformaciones son la criptorquidia, que ocurre cuando los testículos se quedan dentro del abdomen en vez de descender, y la hipospadia, un defecto por el cual la abertura se sitúa en la parte inferior del pene y no en el extremo. No se ha estudiado el posible papel de la exposición a las SAE en estas malformaciones humanas. Sin embargo, los estudios sobre animales de laboratorio demuestran claramente que un cierto número de SAE puede alterar el desarrollo del sistema reproductivo masculino.

**4.1.2 Endometriosis:** es una enfermedad que afecta a las mujeres, y que consiste en el crecimiento del tejido uterino en otras zonas del abdomen además de en el útero, causando dolor e infertilidad. Los estrógenos hacen empeorar la enfermedad. Algunos estudios han establecido una relación entre la endometriosis y la exposición a SAE, como las dioxinas. Sin embargo, estos resultados son discutibles.

**4.1.3 Pubertad precoz:** algunos estudios dan motivo de preocupación sobre la posible influencia de las SAE en el momento de llegada de la pubertad, o del proceso de maduración sexual. Así, estudios sobre poblaciones indican que la pubertad ocurre cada vez más temprano, pero falta por clarificar las razones y el papel de otros factores, como la alimentación.

## 4.2 ¿Qué otros efectos pueden acarrear las Sustancias Alteradoras Endocrinas?

**4.2.1 Funcionamiento del sistema nervioso:** los resultados de los estudios sobre humanos y animales de laboratorio indican claramente que la exposición a ciertas sustancias alteradoras endocrinas (SAE) como los PCBs, particularmente antes del nacimiento, puede perjudicar el desarrollo del sistema nervioso, la función neuroendocrina y el comportamiento. Algunos de los efectos perjudiciales parecen deberse a trastornos de la función tiroidea o de las sustancias que transportan mensajes entre las neuronas. Sin embargo, en la mayoría de los casos, no se ha demostrado que estos efectos procedan de la alteración endocrina. Efectos similares pueden ser causados por la exposición a sustancias que influyen sobre el desarrollo neurológico, pero que no tienen una acción conocida sobre el sistema endocrino.



**4.2.2 Función inmunitaria:** el sistema inmunitario protege al organismo de las infecciones y está involucrado en las reacciones alérgicas. Ha sido demostrado que la exposición a sustancias químicas presentes en el medio ambiente, incluyendo SAE como los DES, un potente estrógeno sintético, los PCBs y las dioxinas, puede alterar el sistema inmunitario de los humanos y animales. Pero sigue siendo incierto si esto ocurre a través de una alteración endocrina.

## 4.3 ¿Causan cáncer las Sustancias Alteradoras Endocrinas?

**4.3.1 Cáncer:** se ha observado un incremento en la frecuencia de ciertos cánceres en muchos países industrializados, afectando a partes del cuerpo que son vulnerables desde un punto de vista hormonal. Aunque la mejora de los métodos de detección de los cánceres puede justificar parte de dichos incrementos aparentes, ha sido sugerido que una exposición generalizada de la población a las sustancias alteradoras endocrinas (SAE) podría perjudicar a la salud. En este sentido, un argumento es que estos incrementos están relacionados temporalmente con el aumento en la utilización y emisión de sustancias químicas industriales al medioambiente.

**4.3.2 Cáncer de mama:** numerosos estudios han analizado si las SAE presentes en el medioambiente, en particular los contaminantes organoclorados, como el DDT o los PCBs, pueden aumentar el riesgo de cáncer de mama en las mujeres, pero las pruebas científicas actuales no apoyan tal conclusión. Todos los estudios presentan una misma debilidad, al medir los niveles actuales de las SAE en las mujeres, con o sin cáncer de mama, sin tener en cuenta que se carece de datos sobre la exposición durante otros períodos importantes de sus vidas, como en el útero, su infancia o la adolescencia. Los contaminantes organoclorados se encontraban de manera más generalizada a mediados del siglo XX, de modo que la ausencia de información sobre estas exposiciones es un problema mayor.

**4.3.3 Cáncer Endometrial:** existen muy pocos estudios sobre la relación entre el cáncer endometrial, que afecta a la pared uterina, y la exposición a las SAE. Aunque se sabe que una exposición a los estrógenos aumenta el riesgo de este cáncer, el número de mujeres que lo están desarrollando permanece constante. Los pocos estudios experimentales y sobre humanos disponibles sobre el tema no han conseguido establecer una relación entre las SAE y el cáncer endometrial.

**4.3.4 Cáncer de testículos:** el cáncer de testículos es el más frecuente entre los hombres jóvenes. Varios países han detectado un incremento de este tipo de cáncer, pero con tasas muy variables. Los primeros incrementos se dieron hacia el año 1910 en los países nórdicos,



aún más temprano en Inglaterra y el país de Gales, lo que significa que no deben atribuirse sólo a los productos químicos introducidos desde la mitad del siglo XX en adelante. Algunas observaciones sugieren que malformaciones de los órganos sexuales masculinos (ver 4.1.) pueden ser vinculadas al cáncer de testículos, porque presentan una distribución geográfica similar y porque podrían tener un origen común si los niveles de hormonas sexuales se ven alterados durante las primeras etapas del desarrollo. Sin embargo, ningún estudio ha analizado la relación entre el cáncer de testículos y la exposición a las SAE durante los períodos críticos del desarrollo.

**4.3.5 Cáncer de próstata:** el cáncer de próstata se da principalmente en hombres mayores, siendo el cáncer masculino más común. Una gran parte del incremento del cáncer de próstata se debe a la mejora de los métodos de diagnóstico. Se sabe que las hormonas sexuales masculinas ocasionan un crecimiento de los cánceres de próstata mientras que los estrógenos provocan su reducción. Algunos estudios limitados han vinculado la exposición a ciertos pesticidas y organoclorados con los incrementos en la frecuencia del cáncer de próstata. Otros estudios no han hallado una relación entre la exposición a las SAE y esta forma de cáncer.

**4.3.6 Cáncer de tiroides:** estudios sobre animales de laboratorio han demostrado que algunos productos químicos, como ciertos pesticidas, pueden alterar la parte del cerebro que controla la liberación de hormonas tiroideas o acelerar el ritmo de destrucción de las mismas en el hígado, causando de ese modo llagas tiroideas. Sin embargo, por ahora no se ha demostrado una relación entre la exposición a las SAE y el cáncer de tiroides en los humanos.

## 4.4 ¿Qué otros factores han de tenerse en cuenta con respecto a la salud?

Tres tipos de observaciones han de ser tenidas en cuenta al intentar llegar a conclusiones provisionales sobre las SAE y la salud humana hoy en día:

- **Conocimiento sobre las hormonas y el sistema endocrino:** en general, la plausibilidad biológica de que algunas funciones humanas se vean perjudicadas como resultado de una exposición a las SAE parece sólida, en particular en lo que se refiere a la reproducción y al desarrollo;
- **Pruebas en otras especies:** los efectos adversos observados en la fauna y en animales de laboratorio expuestos a las SAE dan motivo de preocupación sobre posibles efectos similares en los humanos;
- **Pruebas en los humanos:** los cambios en ciertas tendencias de la salud son también lo suficientemente preocupantes como para hacer de este tema una prioridad en la investigación.

Hace falta investigar tanto los mecanismos de alteración endocrina como los demás. Sobre todo, se necesitan estudiar los vínculos entre la exposición a bajos niveles de SAE presentes en el medioambiente y sus efectos sobre la salud humana.

## 5. ¿Cuáles son las fuentes potenciales de exposición a los Alteradores Endocrinos?

El argumento según el cual las sustancias alteradores endocrinas (SAE) ejercen efectos perjudiciales sobre la salud de los animales y de los humanos presenta un punto débil: la falta de datos científicos sólidos sobre la frecuencia, la duración y los niveles de exposición a las SAE. La mayoría de la información disponible sobre la exposición a las SAE se ha concentrado en la presencia de contaminantes orgánicos persistentes, como los PCBs, las dioxinas, los DDT y otros pesticidas con cloro, en Europa y en Norte América. La exposición a otras SAE no persistentes no ha sido estudiada con ninguna profundidad.

Otra laguna es la falta de información sobre la exposición durante los períodos críticos del desarrollo humano o animal. Además, la información disponible se refiere principalmente a las SAE presentes en el medioambiente (en el aire, la comida o el agua) y no a los niveles en la sangre o en los tejidos del cuerpo. Excepciones limitadas son la leche materna humana y las muestras de tejidos grasos, que han sido analizados para encontrar potenciales SAE, como los organoclorados.



En general, la exposición a las SAE ocurre a través de alimentos y de agua subterránea contaminados; emisiones de gases a partir de fuentes industriales y de la combustión de desechos; y de los contaminantes presentes en artículos de consumo.

A pesar del dinero, tiempo y esfuerzo invertidos a escala mundial, falta todavía información para poder comparar la exposición de los humanos y de los animales a las SAE en varios países. Estas informaciones, que se obtienen a partir de estudios de campo sobre especies salvajes y sobre poblaciones humanas (estudios epidemiológicos), incluyendo el estudio de enfermedades u otros parámetros, como la calidad del esperma o los resultados de embarazos, son esenciales para establecer un vínculo causal entre la exposición y la respuesta. La información sobre las exposiciones también es esencial para poder obtener una evaluación de riesgos creíble sobre este problema.

## 6. Conclusiones

Los estudios elaborados hasta ahora se han concentrado principalmente en América del Norte y en Europa. De este modo, no se pueden establecer conclusiones sobre los efectos de las sustancias alteradoras endocrinas (SAE) a escala mundial, especialmente para países en vía de desarrollo, donde la información disponible es muy escasa.

### 6.1 ¿Qué podemos concluir de los efectos de las SAE sobre los humanos?

Aunque se sabe, a partir de estudios sobre la fauna y en laboratorio, que ciertos productos químicos presentes en el medioambiente pueden alterar la función endocrina normal, siguen siendo débiles las pruebas que sugieren que la salud humana se ha visto afectada. Hay algunas señales de que los humanos son vulnerables a las sustancias alteradoras endocrinas (SAE) a altos niveles de exposición, pero siguen sin ser demostrados los efectos a largo plazo y a bajos niveles de exposición. Esta afirmación no tiene por objetivo el disminuir los potenciales efectos de las SAE, sino subrayar la necesidad de desarrollar estudios más rigurosos, especialmente aquellos sobre los efectos posibles de la exposición a las SAE en las etapas sensibles del período inicial de la vida.

### 6.2 ¿Qué podemos concluir de los efectos de las SAE sobre la fauna?

Las pruebas de los efectos de las sustancias alteradoras endocrinas (SAE) sobre la fauna son más numerosas que sobre los humanos, demostrando que las SAE han efectivamente perjudicado a la fauna. Por supuesto, ha sido útil que las distintas especies faunísticas se puedan estudiar tanto en laboratorio como sobre el terreno.

Muchos de los estudios que muestran efectos adversos en la fauna han sido hechos en zonas identificadas como muy contaminadas, en particular en los ecosistemas acuáticos, donde se acumulan productos químicos persistentes en el medioambiente.

Un gran desafío en este campo es la extensión de la investigación a más especies en libertad y el desarrollo de una mejor comprensión de su biología y de sus distintos sistemas endocrinos. Así se podrá aprender más sobre las numerosas especies que pueden ser potencialmente afectadas por las SAE.

### **6.3 ¿Por dónde deben de continuar las investigaciones según el IPCS?**

Es evidente que se sabe demasiado poco sobre la relación entre las exposiciones a las sustancias alteradoras endocrinas (SAE) y sus efectos sobre la salud, ya sea humana o animal. Sin embargo, algunos avances han sido alcanzados en la identificación de las potenciales SAE y en el estudio de su funcionamiento empleando animales de laboratorio. Las investigaciones se han centrado principalmente sobre los productos químicos que persisten en el medioambiente y que se acumulan en el organismo. Sin embargo, los productos químicos que son menos persistentes necesitan también una atención particular. Hace falta colaboración internacional en amplias áreas de investigación, como en:

- la comprensión del modo de actuar de los alteradores endocrinos ante los procesos biológicos normales;
- la clarificación de la relación entre los efectos observados en laboratorio y en la fauna;
- el desarrollo de mejores métodos para detectar las SAE;
- un incremento del control de los organismos en la fauna y de las tendencias relevantes en la salud;
- la identificación de las SAE que más probabilidad tienen de ejercer efectos sustanciales en las poblaciones a bajas concentraciones en el medioambiente;
- la identificación de las zonas donde la exposición a las SAE es importante;
- la investigación de las etapas de la vida o de las especies que puedan ser particularmente vulnerables a las SAE; y
- la recopilación de la información global sobre las SAE en bases de datos utilizables y compartidas.

Esta investigación es prioritaria dado el papel clave del sistema endocrino en muchos aspectos del desarrollo y del funcionamiento normal de un ser humano o un animal. Más información sobre las consecuencias de una exposición a las SAE y su manera de perjudicar al sistema vital es, por esta razón, primordial.