

## El ecocidio y suicidio de los baños de sol (2) Los filtros solares como disruptores endocrinos

**Rafael Yus Ramos**  
(GENA-Ecologistas en Acción)

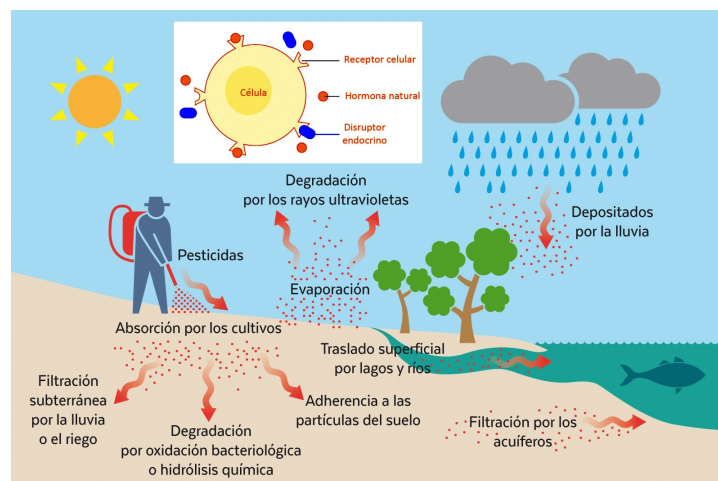
Tras unas primeras décadas de la era del turismo, y más específicamente su modalidad más exitosa, el “turismo de sol y playa” en las que la moda del bronceado cautivó a todo el mundo de raza blanca, sin más protección que una sombrilla, primero, la aplicación de ungüentos de fabricación casera con aceite de oliva y vinagre, las cremas hidratantes tipo “Nivea” y finalmente la irrupción de los llamados “bronceadores”, ninguno de los cuales protegían la piel de los intrépidos bañistas, saldándose en toda una generación de pieles quemadas en grado diverso, cuando no el temible melanoma, se empezó a usar las cremas protectoras o “cremas solares”, que lograban proteger, de forma desigual y desorganizada, la piel frente a la dañina radiación ultravioleta, de modo que hoy día ya constituyen un producto de consumo común en las playas y piscinas de todo el mundo.

El uso generalizado de las cremas con filtros solares UV no resistió la curiosidad científica, que partía de la necesidad de comprender mejor cómo actuaban estas sustancias y si tenían efectos secundarios en las personas. En el mundo científico, una sustancia orgánica siempre es sospechosa de provocar algún efecto, bueno o malo sobre los seres vivos y la máxima preocupación se centró, desde el principio, en la propia especie humana, consumidora de enormes cantidades de estos nuevos productos destinados a impedir los efectos dañinos de la radiación solar. Fueron las primeras evidencias de que estos filtros solares no son inocuos para los seres vivos, empezando por la especie humana, y por su relevancia lo indicamos en este apartado, mostrándonos que en cierto modo su uso es un **suicidio**.

### Los disruptores endocrinos

En los años 1990 ya se sabía que estábamos consumiendo sustancias orgánicas que podían afectar a nuestro sistema hormonal o endocrino, denominándose **disruptores endocrinos**. Su nombre alude a sustancias químicas capaces de alterar el sistema hormonal de un animal, generando una disfunción, y por tanto trastornos derivados del mal funcionamiento de órganos y metabolismo.

Por entonces la atención estaba centrada en los plaguicidas. Por ejemplo Osuna *et al.* (1998) estudiaron la actividad de los plaguicidas organofosforados y organoclorados en el mar. Para ello se ha realizó un análisis de residuos de dichos plaguicidas, en agua superficial, sedimento y en camarones del género *Penaeus* sp., que se tomaron como experimento vivo. Tras una serie de tratamientos agudos y subagudos con dichos compuestos, se evaluaron los efectos toxicológicos a través de algunos parámetros bioquímicos, como el porcentaje relativo de proteínas totales, glucógeno y triglicéridos en el tejido muscular de camarones expuestos a plaguicidas organofosforados diversos (clorpirifós, Diazinón, Metamidofós, Metil-



**Fig.1. Los pesticidas como disruptores endocrinos**

azinfós y Metil-paratión), el grado de alteración del DNA en crustáceos Pleópodos, y la actividad de las enzimas acetilcolinesterasa y transaminasas (Glutamato- Oxalacetato-Transaminasa y Glutamato-Oxalacetato- Piruvato) en la hemolinfa de camarones expuestos a plaguicidas organofosforados señalados con anterioridad y organoclorados Clordano, DDT y Lindano. El resultado fue demoledor: Los plaguicidas organofosforados (Clorpirifos y Metil paratión) y organoclorados (DDT y Lindano), cuyas incidencias y concentraciones se presentan entre las más importantes encontradas en el mar, han mostrado que alteran el sistema metabólico de los camarones peneidos de dicha zona. Los organismos expuestos a dichos plaguicidas se ven afectados y de manera general sufren reducciones e incrementos en las concentraciones de proteínas totales, glucógeno, y triglicéridos en músculo y en el nivel de DNA mitocondrial en el tejido, así como en los niveles de actividad de las enzimas acetilcolinesterasa, Glutamato-Oxalacetato-Trancaminasa y Glutamato-Piruvato- Transaminasa, lo cual pudiera estar relacionado con mecanismos de compensación metabólica de los organismos en respuesta a factores estresantes o disruptores endocrinos. Muchos de estos efectos se demostraron también en seres humanos. Es sólo un ejemplo, de los muchos realizados en aquella época, que ponían de relieve el peligro que estábamos creando sobre la salud humana y ecológica con el uso de aquellos pesticidas.

### Los filtros solares como disruptores endocrinos

En este contexto, es normal que algunos investigadores empezaran a sospechar que las sustancias utilizadas como filtros solares, que incluían sustancias orgánicas, podrían tener efectos orgánicos como los que ya se había demostrado en los pesticidas. Investigadores como la suiza Margret Schlump, ya llevaba una larga trayectoria investigando los efectos de determinadas sustancias orgánicas en el sistema hormonal de seres humanos y animales se interesaron por este tema a partir del año 2001, en que demostraron la estrogenicidad de los filtros solares UV tanto in vitro como in vivo, por lo que ingresarían en el concepto de **disruptores endocrinos**. En efecto, estos autores estudiaron seis de los filtros salres UV-A y UV-B más usados, y demostraron su efecto estrogénico tanto in vitro como in vivo. En las células de cáncer de mama se encontró cinco de estos seis productos químicos, es decir, benzofenona-3 (Bp-3), homosalato (HMS), 4-metil-bencilideno alcanfor (4-MBC), octil-metoxicinamato (OMC) y el octil-dimetil-PABA (OD-PABA ), que demostraron tener un efecto estrogénico y uterotrófico. Por ejemplo, como se muestra en la Fig.2, el filtro 4-MBC afectaba directamente al desarrollo del útero, cuando se aplicaba a la piel en distintos porcentajes, de modo que, en comparación con el control, todas las dosis (especialmente al 5%) aumentaron la actividad uterotrófica (aumento del peso del útero), un forma indirecta de demostrar su carácter estrogénico. A partir de estos primeros estudios no dudaron en considerar los filtros solares como sustancias xenoestrogénicas, hecho por el cual concluyeron que es necesario reconsiderar los beneficios potenciales de uso extensivo de pantallas UV en las cremas de protección solar, tanto por razones sanitarias como ecológicas. Aquí, Schlumpf *et al.* (2001) introdujeron por primera vez la noción de que los filtros solares podrían tener graves repercusiones en el medio ambiente, aspecto que, fuera de las consideraciones sanitarias, trataremos más adelante.

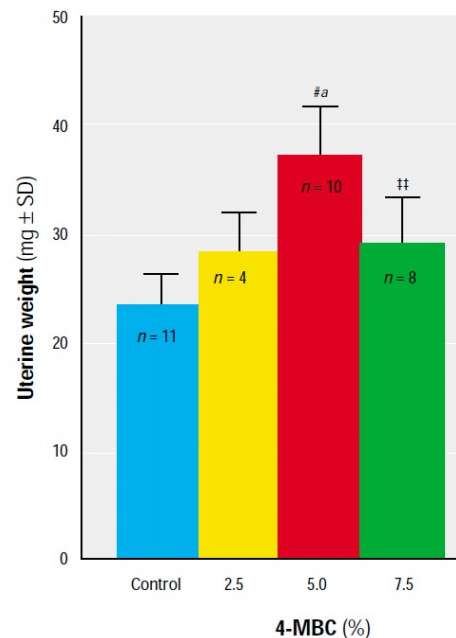


Fig.2. Efecto de la aplicación dérmica del filtro solar 4-MBC en 2,5, 5,0 y 7,5%

En un artículo posterior, Schlumpf *et al.* (2004), publicaron otro estudio complementario sobre la

actividad endocrina y toxicidad de los filtros UV presentes en cosméticos. Su punto de partida era que los filtros UV son sustancias lipófilas, con un alto volumen de producción, con un espectro de usos cada vez mayor, como protectores solares o de protección de productos en cosméticos, además de como aditivos en plásticos, alfombras, muebles, prendas de vestir y jabón en polvo, etc. Se sabía que aunque los filtros UV debían ser declarados en productos cosméticos, estaban eludiendo su identificación y testeo sobre su comportamiento. Los autores empezaron contemplar por primera vez que estos productos también podrían tener interacciones, aún desconocidas, con la ecosfera. Son productos que pueden entrar en la cadena alimenticia de los seres humanos y a través de la piel. La toxicología de los filtros UV presentan dos rutas de entrada según la exposición: los filtros UV pueden llegar al organismo durante el uso de productos de protección solar, pero también contribuyen a la mezcla de sustancias químicas endocrinas activas presentes en el medio ambiente. En este último contexto, el efecto combinado de diferentes productos químicos es relevante. Por ello, comenzaron a analizar la toxicología de los filtros UV cosméticos, encontrando que la actividad endocrina y la toxicidad parecían ser enormes, considerando que era una tarea necesaria frente a los aproximadamente 10.000 productos químicos utilizados por la industria cosmética. En un primer paso, se investigó posibles actividades endocrinas in vitro y en vivo, y luego pasaron a estudiar los efectos en una prueba de toxicidad del desarrollo para evaluar los posibles riesgos a largo plazo.

El resultado de esta investigación reveló que una serie de filtros UV de uso frecuente poseen **actividad endocrina**. La exposición a uno de éstos, se encontró que el filtro UV estrogénico llamado 4-Metil-Benceno alcanfor (4-MBC), afectaba durante la vida pre y postnatal al desarrollo del sistema hipotálamo-pituitario-gonadal de la rata macho y hembra en el sistema nervioso central y periférico, y daba lugar a cambios en la expresión génica que regula los estrógenos en órganos reproductivos y regiones cerebrales sexualmente dimorfas. Pero el filtro solar BC-3 también exhibía toxicidad en el desarrollo de carácter androgénico, con patrones de efectos en parte diferentes. En este caso, el cambio en el peso de la próstata (una medida indirecta del efecto androgénico) se obtuvo a la dosis más pequeña, de

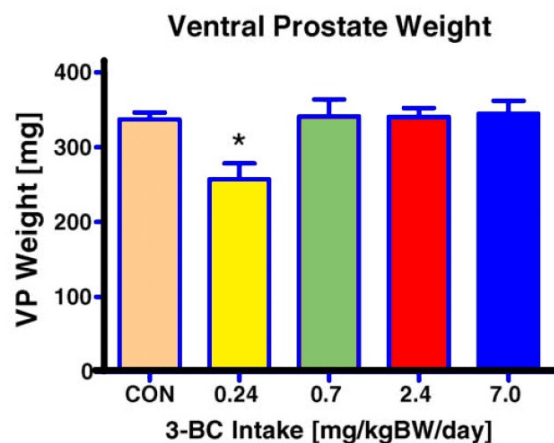


Fig.3. Peso de la próstata ventral en machos de ratas a las 12 semanas de exposición al BC-3

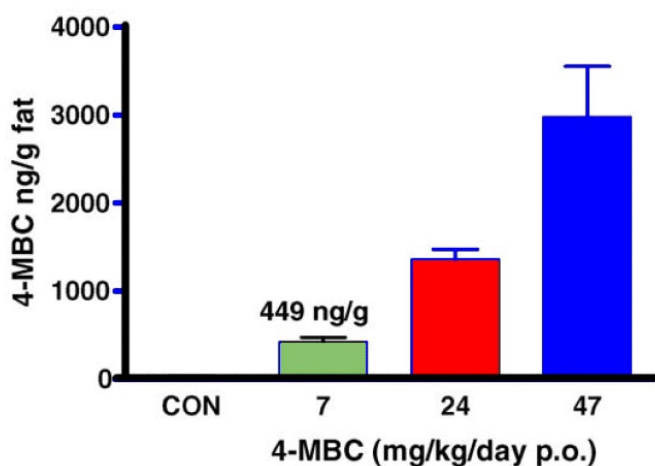


Fig.4. Nivel de filtro solar UV tipo 4-MBC en tejido graso de hembras de ratas a las 12 semanas

0,24 mg/kg (Fig.4), pero incluso en ausencia de cambios en el peso de la próstata, sí había cambios en la expresión génica. Las conclusiones de la toxicología clásica y los datos de expresión génica de los estudios sobre toxicidad del desarrollo dieron la misma mínima dosis efectiva (7 mg/kg para el 4-MBC y 24 mg/kg/día para el BC-3). A 7 mg/kg de 4-MBC, los niveles de tejido adiposo en la descendencia de la rata fue de 449 ng/g de grasa (Fig.4). Este nivel está cerca del rango más alto de concentraciones de 4-MBC recientemente encontrados en algunos peces de los lagos de Suiza (ranto

44-166 ng/g de grasa). Una dosis de exposición sistémica humana (SED) de 4-MBC ha sido estimada en 0,23 mg/kg peso corporal. Tal dosis sería solamente 1/3 del presente nivel de efecto adverso no observado y 1/30 del nivel de efecto adverso observado para el 4-MBC. Sin embargo, los autores mostraron su intención de correlacionar niveles de tejido adiposo de rata con datos de la leche humana en para obtener una base más sólida para la evaluación de riesgos.

En conclusión, este estudio indica que los dos órganos reproductivos y el sistema nervioso central son objetivos sensibles para los efectos de desarrollo de sustancias activas xenobióticas como los filtros UV. Los patrones de efectos difieren en parte entre los derivados del 3-BC respecto del 4-MBC. Los patrones de efecto de desarrollo a nivel orgánico y molecular parecen ser difíciles de predecir según los efectos en un modelo simple y agudo in vitro o in vivo, y debería ser cuidadosamente evaluado para diferentes tipos de productos químicos.

Una revisión posterior de este problema, realizado por Krause *et al.* (2012), ratificaba los hallazgos anteriores de Schlumpf, y de otros autores que habían estado trabajando sobre esta problemática, ante el hecho de que, hasta la fecha, la aplicación tópica de protectores solares, que contienen filtros ultravioleta (filtros UV), es la protección preferida contra los efectos adversos de la radiación ultravioleta. Los autores partieron de que aún reconociendo que el uso de protectores solares son eficaces en la prevención de quemaduras solares en varios modelos, no hay una evidencia tan clara como protector para el desarrollo del cáncer de piel o melanoma. **Tres observaciones** importantes les impulsaron a revisar los datos en animales y los estudios en humanos sobre los posibles efectos secundarios de una sustancia química seleccionada como filtros UV en cosmética:

- (1) La utilización de protectores solares con filtros UV está aumentando en todo el mundo;
- (2) La incidencia del trastorno maligno por el cual los protectores solares deben proteger, el melanoma maligno, está aumentando rápidamente y
- (3) Un número creciente de estudios experimentales que indican que varios filtros UV podrían tener efectos disruptivos endocrinos.

Los filtros UV seleccionados que estos autores revisaron fueron: benzofenona-3 (BP-3), 3-bencilideno alcanfor (3-BC), 3-(4-metilbencilideno) alcanfor (4-MBC), 4-metoxicinamato de 2-etilhexilo (OMC), homosalato (HMS), 4-dimetilaminobenzoato de 2-etilhexilo (OD-PABA) y ácido 4-aminobenzoico (PABA). Como muestra de pertinencia de los experimentos, en la Fig.5 se muestra la concentración de tres de estos filtros UV (BP-3, 4-MBC y OMC) en el plasma de los machos, tras una aplicación dérmica diaria durante 4 días. Estas cantidades está asociadas a trastornos endocrinos en el desarrollo de órganos genitales, como la próstata (medido en función del peso de este órgano).

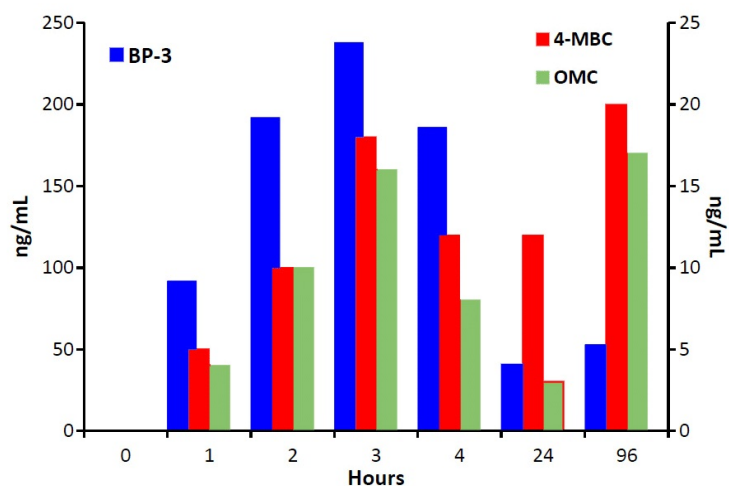


Fig.5. Concentración en plasma de tres tipos de filtros UV en machos, tras una aplicación dérmica diaria durante 4 días

Como muestra la Tabla 1, los posibles efectos adversos inducidos por filtros UV en animales de experimentación incluyen: toxicidad reproductiva/del desarrollo y alteración del eje hipotalámico-pituitario-tiroideo (HPT) (Tabla 1). Pocos estudios en humanos han investigado los posibles **efectos secundarios** de los filtros UV, aunque la exposición humana es alta ya que los filtros UV de los protectores solares se absorben rápidamente la piel. Uno de los filtros UV, el BP-3, se ha encontrado en el 96% de las muestras de orina en los Estados Unidos y varios filtros UV en el 85% de las muestras de leche materna suizas. Ante esta situación los mencionados autores consideraron pertinente evaluar si la exposición a filtros UV contribuyen a posibles efectos adversos sobre los órganos en desarrollo de fetos y niños.

Así pues, la revisión de Krause *et al.* (2014) nos muestra que una **gran cantidad de estudios** in vivo en animales y también los estudios in vitro, han demostrado que existen numerosos efectos adversos potenciales de los filtros UV presentes en los protectores solares y los cosméticos (Tabla 1). Los efectos incluyen efectos reproductivos y de desarrollo, aparentemente causados por las acciones de alteración endocrina de estos productos químicos. Debido a la amplia exposición humana en combinación con los claros efectos disruptivos endocrinos observados en una gran cantidad de estudios bien diseñados, los filtros UV BP-3, 4-MBC y OMC pueden considerarse sustancias de gran preocupación en relación con el riesgo humano.

Tabla 1. Actividad disruptora endocrina de diversos filtros UV solares

| ACTIVIDAD             | BP-3 | BP-2 | 3-BC | HMS | 4-MBC | OMC | OD-PABA | PABA |
|-----------------------|------|------|------|-----|-------|-----|---------|------|
| Estrogénica           | X    |      | X    | X   | X     | X   | x       | X    |
| Androgénica           | X    |      | X    | X   | X     | X   | x       | X    |
| Progesterónica        | X    |      | X    | X   | X     | X   | x       |      |
| Organos reproductivos | X    |      | X    |     | X     | X   |         |      |
| Tiroides              | X    | X    |      |     | X     | X   |         |      |
| Toxicidad general     | X    |      | X    |     | X     | X   |         |      |
| S.nervioso central    |      |      | X    |     |       |     |         |      |

(BP: Benzofenona; BC: Bencilideno Alcanfor; MBC: Metil-Bencilideno Alcanfor; OMC: Etilexyl-Metoxi Cinnamato; OD-PABA: Octil-Dimetil-Amino-Benzoato; PABA: Acido Amino-Benzoico)

Es importante destacar que la mayoría de los efectos adversos estudiados de Los filtros UV se han evaluado después de la **exposición oral**. Sin embargo, la exposición primaria de los seres humanos a los filtros UV **a través de los cosméticos** se producen por **aplicación dérmica**. Por lo tanto, los filtros UV entran directamente en la circulación sistémica del cuerpo humano, **sin ser metabolizados** primero en su paso por el hígado, como sucede con otras sustancias tóxicas, lo que conduce a un **mayor riesgo** de que los compuestos lleguen inalterados a todos los tejidos del cuerpo, como se observó en ratas después de la exposición dérmica a 3-BC. Además, se observó un efecto estrogénico tres veces mayor del 4-MBC en ratas después de la aplicación tópica en comparación con la exposición oral, lo que indica una mayor biodisponibilidad del compuesto. Otro desafío en los estudios de protectores solares en cosmética es que los productos a menudo contienen varios filtros UV en combinación. El efecto total de estas mezclas ha sido escasamente examinado, aunque algunos estudios existentes han demostrado que las mezclas de productos químicos, incluidos los filtros UV, pueden **actuar aditivamente** y acabar provocando una actividad tóxica, incluso en el nivel de efectos adversos observados de compuestos en el individuo compuestos.

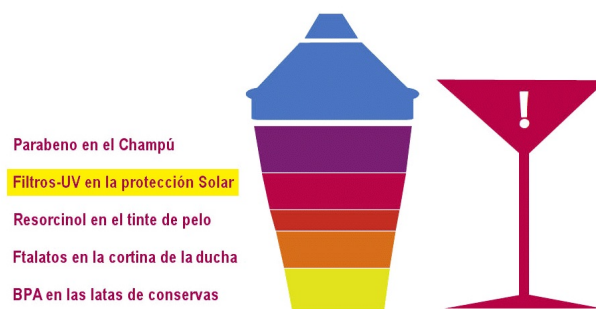
## Los filtros solares que entran por otro lado

Los seres humanos no solo están expuestos a los filtros UV cuando los agentes se utilizan para la protección solar de la piel (puerta dérmica). Esta exposición puede producirse desde otras diversas fuentes. Por ejemplo, se ha comprobado que casi todas las muestras en una población de niños daneses contenía BP-3, lo que indica que hubo una exposición a esta sustancia durante todo el año, independientemente del uso de protector solar en verano. La presencia de filtros UV en la leche de las madres suizas se correlacionaron con su uso en los protectores solares, en al menos un 55% de los casos; en el 60% de los casos, la presencia de estos compuestos en la leche materna estaba relacionado con el uso de otros productos cosméticos (no cremas solares) que también contienen filtros UV para la fotoestabilización de estos productos. Las otras fuentes probables pueden ser: la laca para el cabello, los lápices labiales, el champú, maquillaje, perfumes, productos para el cuidado de la piel e incluso productos no cosméticos, como alfombras, muebles, ropa y polvo de lavado. En todos estos otros productos, los filtros UV se utilizan para protegerlos de los efectos desestabilizadores de la radiación ultravioleta. Considerando estos hallazgos, no se puede descartar que una parte considerable de toda la exposición humana a los filtros UV puede producirse a través de productos distintos de los protectores solares, no sólo durante los baños de sol y playa.

De estos datos, es especialmente preocupante que los bebés humanos sean expuestos a filtros UV a través de la leche materna. La mayor concentración de 4-MBC encontrada en la leche materna fue de 48,37 ng / g de lípidos, que fue solo 4,3 veces menor que la concentración de 4-MBC en la leche de rata, tras una exposición oral al 4-MBC en el nivel más bajo de efectos adversos observados (7 mg / kg / día), atribuyéndose a esta fuente el retraso de la pubertad masculina y del desarrollo de la próstata (valorada según el peso de este órgano).

**En conclusión**, una gran cantidad de científicos especializados en el estudio de los efectos de las sustancias de posible efecto endocrino está de acuerdo en la preocupación de que:

- 1.-Un gran número de los estudios en animales in vitro e in vivo han mostrado efectos de alteración endocrina de los filtros UV presentes en los filtros solares, aunque otros estudios no lograron encontrar tales efectos y
- 2.-La aplicación de cosméticos con filtros UV a la la piel puede provocar su absorción en el ser humano, ingresando en la circulación sistémica y, exponiendo a todos los tejidos del cuerpo.



**Fig.6. Los filtros UV en el cocktail de disruptores endocrinos**

Considerando estos hechos junto con el amplio y creciente uso de protectores solares y la creciente incidencia de melanoma maligno, a pesar de que se supone que los filtros UV protegen frente al mismo, parece pertinente cuestionar que el uso de protector solar en humanos sea beneficioso para la salud humana y, todo lo contrario, sea más perjudicial que beneficioso, ingresando en el cocktail de disruptores endocrinos que ingresamos diariamente en nuestro cuerpo (Fig.6)

Si los efectos de los filtros de los protectores solares han demostrado ser perjudiciales en los seres humanos, cuya fisiología conocemos bien, ¿qué consecuencias tiene el vertido masivo de este tipo de productos en los ecosistemas marinos costeros? Ésta es una cuestión que abordaremos en un próximo capítulo.







