

<https://doi.org/10.24245/dermatolrevmex.v70i5.11432>

Disruptores endocrinos y sus efectos en la piel y fotoprotección

Endocrine disruptors and their effects on the skin and photoprotection.

Raúl Ortega Pérez,¹ Linda García Hidalgo²

Resumen

ANTECEDENTES: Los disruptores endocrinos son compuestos que alteran la síntesis, secreción, transporte, unión o eliminación de hormonas y afectan el metabolismo y la homeostasia. En el mundo cerca del 24% de las enfermedades se asocian con factores ambientales, que contribuyen hasta en un 80% al riesgo de padecimientos como cáncer, enfermedades respiratorias o cardiovasculares; los disruptores endocrinos son un factor relevante.

OBJETIVO: Describir los efectos de los disruptores endocrinos en la fotoprotección y algunos de sus efectos generales en la piel y el medio ambiente.

METODOLOGÍA: Búsqueda bibliográfica de artículos relacionados con el tema desde 2015.

RESULTADOS: Se escogieron 28 artículos, en los que destacó la capacidad de los disruptores endocrinos para inducir enfermedades como acné, cloracné, hiperpigmentación o reacciones alérgicas por contacto directo o absorción sistémica. Los disruptores endocrinos en filtros solares, como benzofenonas, derivados del canfor y cinamato, pueden actuar como disruptores hormonales y persistir en el medio ambiente, perjudicando ecosistemas como los arrecifes de coral. La identificación y regulación de estos compuestos son decisivas para proteger la salud humana y ambiental; es necesario proponer estrategias como la fotoprotección de barrera y productos naturales. Destaca la necesidad de investigar acerca de su seguridad y toxicidad a largo plazo.

CONCLUSIONES: Es necesario buscar promover alternativas seguras en industrias como la cosmética, productos sostenibles y regulaciones que minimicen los riesgos asociados con los disruptores endocrinos.

PALABRAS CLAVE: Disruptores endocrinos; arrecifes de coral; filtros solares; agentes de fotoprotección.

Abstract

BACKGROUND: Endocrine disruptors are compounds that interfere with hormone synthesis, secretion, transport, binding, or elimination, disrupting metabolism and homeostasis. Globally, approximately 24% of diseases are linked to environmental factors, contributing up to 80% of the risk for conditions such as cancer, respiratory, or cardiovascular diseases, with endocrine disruptors playing a significant role.

OBJECTIVE: To describe the effects of endocrine disruptors on photoprotection and some of their general effects on the skin and the environment.

METHODOLOGY: A literature search of related articles from 2015.

RESULTS: Twenty-eight articles were selected highlighting the impact of endocrine disruptors on the skin and their ability to cause conditions such as acne, chloracne, hyperpigmentation, or allergic reactions through direct contact or systemic absorption. Endocrine disruptors in sunscreens, such as benzophenones, camphor derivatives, and

¹ Médico adscrito, servicio de Medicina Interna, Hospital General de Zona 1A Dr. Rodolfo Antonio de Mucha Macías, Instituto Mexicano del Seguro Social, Ciudad de México.

² Jefa de Departamento, servicio de Dermatología, Instituto Nacional de Ciencias y Nutrición Salvador Zubirán, Ciudad de México.

ORCID

<https://orcid.org/0000-0001-7778-3769>

Recibido: agosto 2024

Aceptado: junio 2026

Correspondencia

Raúl Ortega Pérez
raulortega21@hotmail.com

Este artículo debe citarse como:

Ortega-Pérez R, García-Hidalgo L. Disruptores endocrinos y sus efectos en la piel y fotoprotección. Dermatol Rev Mex 2026; 70 (5): 657-665.

cinnamates, may act as hormonal disruptors and persist in the environment, damaging ecosystems like coral reefs. Identifying and regulating these compounds is crucial for protecting human and environmental health. Strategies to reduce exposure, such as using barrier photoprotection and natural products, are proposed, alongside the need for further research on long-term safety and toxicity.

CONCLUSIONS: *It is necessary to promote safer alternatives in industries like cosmetics, sustainable products and regulations to minimize endocrine disruptors-related risks.*

KEYWORDS: *Endocrine disruptors; Coral reefs; Sunscreen; Sunscreening agents.*

ANTECEDENTES

Los disruptores endocrinos son sustancias que interfieren con el sistema endocrino; se clasifican en naturales (presentes en el cuerpo) y sintéticos, como solventes, lubricantes, plásticos, plastificadores, pesticidas (por ejemplo, DDT), fungicidas y fármacos (por ejemplo, dietilestilbestrol).¹

Su estudio comenzó en 1991 con Theo Colborn, quien integró datos de múltiples disciplinas para describir sus efectos tóxicos, como los observados en animales expuestos a hormonas para acelerar la reproducción.¹ Alrededor del 24% de las enfermedades humanas se atribuyen a factores ambientales, con un riesgo de, incluso, el 80% en cáncer, enfermedades respiratorias o cardiovasculares, en las que los disruptores endocrinos juegan un papel significativo. Su incidencia aumentó un 20% en las últimas décadas, causando sobreestimulación endocrina y diversos padecimientos.²

La piel actúa como barrera contra agentes tóxicos, pero los disruptores endocrinos pueden inducir enfermedades por contacto directo o absorción sistémica y generar reacciones alérgicas, acné, cloracné o hiperpigmentación.²

El objetivo de este artículo es describir los efectos de los disruptores endocrinos en la fotoprotección y algunos de sus efectos generales en la piel y el medio ambiente; se proponen estrategias para minimizar riesgos.

METODOLOGÍA

Búsqueda bibliográfica de artículos relacionados con el tema desde 2015.

RESULTADOS

Se escogieron 28 artículos, en los que destacó la capacidad de los disruptores endocrinos para inducir enfermedades como acné, cloracné, hiperpigmentación o reacciones alérgicas por contacto directo o absorción sistémica.

Características generales de los disruptores endocrinos

Los disruptores endocrinos están en múltiples fuentes: agua contaminada, aire, alimentos o suelos con pesticidas, plastificadores, alquilfenoles o retardantes de combustión.¹ Su eliminación es difícil porque el filtrado de agua no los remueve completamente. Los factores que determinan su efecto en el cuerpo incluyen:¹

1. *Edad de exposición:* la exposición fetal, infantil o adulta influye en la probabilidad de malformaciones o enfermedades.
2. *Persistencia:* los efectos son más graves de acuerdo con la frecuencia de su uso y exposición en la piel.
3. *Latencia:* las complicaciones pueden manifestarse tras largos periodos, lo que dificulta su detección.
4. *Combinación con otros contaminantes:* los efectos pueden ser aditivos o sinérgicos.
5. *Efecto de dosis baja:* menores dosis generan menor efecto.
6. *Concentraciones:* la exposición humana suele ser a dosis bajas, raramente letales.

Mecanismo de acción de los disruptores endocrinos

Los disruptores endocrinos imitan, antagonizan o bloquean hormonas como estrógenos, andrógenos o tiroideas, lo que causa sobreestimulación o fallos en la retroalimentación hormonal.¹ En términos moleculares, se unen a ligandos, actúan como agonistas-antagonistas en receptores, reclutan correguladores de transcripción, se unen al ADN o generan efectos epigenéticos.^{3,4}

Se asocian con cáncer de mama, próstata, testicular, diabetes, obesidad y disminución de la fertilidad, con efectos dependientes del tejido y la dosis.¹ También alteran el sistema inmunitario, lo que aumenta la susceptibilidad a infecciones, inflamación, alergias o enfermedades autoinmunitarias.⁵

En modelos murinos, la exposición a bisfenol A (BPA) durante el embarazo altera respuestas inmunitarias proinflamatorias y antiinflamatorias, lo que causa intolerancia alimentaria o formación de complejos antígeno-anticuerpo.⁵

Disruptores endocrinos y la química detrás de ellos

Los cosméticos son esenciales en la vida diaria, pero deben ser seguros, no alterar la fisiología de la piel, estar libres de químicos dañinos y cumplir con estándares de pureza y estabilidad.⁴

Los parabenos, como el metilparabeno y n-propilparabeno, son conservantes comunes debido a su estabilidad, bajo costo, efecto antimicrobiano y baja sensibilización.⁴ Están en cosméticos (50 mg/día), medicamentos (25 mg/día) y alimentos (2.5 mg/día).⁴ Desde 2014, la Unión Europea y Estados Unidos limitan su concentración en cosméticos al 0.4% para ésteres simples y 0.8% para mezclas y los prohíben en menores de tres años por su acumulación (6-11 veces mayor que en adultos).⁴ Aunque son seguros en dosis reguladas, algunos estudios los vinculan con efectos estrogénicos, cáncer de mama, envejecimiento prematuro, diabetes gestacional y melanoma.^{4,6,7}

Disruptores endocrinos y sus efectos en la piel

Los disruptores endocrinos actúan como inmunomoduladores proinflamatorios vía receptores estrogénicos, regulan epigenéticamente citocinas como TNF- α , IFN- α , IFN- β e IL-10, promueven respuestas Th2 (IL-4, IL-5, IL-13) y reducen Th1, lo que aumenta las reacciones alérgicas.²

El cloracné, un marcador de intoxicación por fenoles clorinados, naftalenos clorinados o parabenos, sobreviene por estimulación de la unidad pilosebácea, causando diferenciación de queratinocitos epidérmicos sin afectar el resto de la unidad.²

Los disruptores endocrinos también inducen hiper o hipopigmentación por agentes fototóxicos (por ejemplo, alquitrán de hulla, petróleo y aceites esenciales), lo que aumenta la actividad UV o la producción de melanosomas, como en

el cloracné inducido por dioxinas.² Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) se asocian con queratosis palmoplantar y carcinoma epidermoide por inactivación de citocromos P y daño al ADN.²

Disruptores endocrinos y su relación con los filtros solares

Los filtros ultravioletas (UV) absorben o reflejan rayos UVA (320-400 nm) y UVB (290-320 nm); se incorporan en cosméticos para proteger la piel.⁸ Los filtros orgánicos (por ejemplo, dibenzoiometano, benzofenona, salicilato, cinamato y derivados del canfor) absorben luz y la convierten en energía térmica.^{9,10}

Los inorgánicos (ZnO [óxido de cinc], TiO₂ [dióxido de titanio]) reflejan, dispersan y absorben parcialmente la luz y son menos tóxicos al no atravesar la epidermis.⁹ La eficacia depende de la aplicación, edad, salud de la piel y frecuencia de uso.¹¹ Sin embargo, algunos filtros orgánicos, como benzofenonas, derivados del canfor y cinamato, actúan como disruptores endocrinos, alteran el eje hipotálamo-hipófisis-gonadal o tiroideo, con efectos en la reproducción y el desarrollo observados en modelos murinos.⁸ Su estabilidad y lipofilia permiten su acumulación en agua, sedimentos, peces, leche humana y placenta, lo que genera riesgos ambientales y para la salud.^{8,12}

Polifenoles

Los polifenoles, derivados de plantas, tienen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y fotoprotectoras, ideales para cosméticos sostenibles.³ Reducen radicales libres, protegen el sistema neuro y cardiovascular, se encuentran en la dieta mediterránea (frutas, verduras) y disminuyen un 10% la mortalidad cardiovascular.³

En la piel previenen el fotoenvejecimiento, aunque pueden causar dermatitis atópica o irritativa en casos raros.³ Algunos polifenoles,

como fitoestrógenos, actúan como disruptores endocrinos al interactuar con receptores estrogénicos alfa y beta.⁴

Derivados del benceno

Un estudio de cohorte de Matta y su grupo¹³ evaluó la absorción sistémica de avobenzona, oxibenzona, octocrileno y ecamsulato en 24 sujetos sanos. Aplicaron 2 mg/cm² de filtro solar (en aerosol, loción o crema) en el 75% de la superficie corporal, cuatro veces al día durante cuatro días. Las concentraciones plasmáticas superaron los 0.5 ng/mL el primer día, lo que indica absorción sistémica y la necesidad de estudios toxicológicos adicionales.¹³

Benzofenona y similares

Klimová y colaboradores¹² estudiaron la absorción de benzofenona-3 (BP3), etilhexilmetoxicinamato (EHMC) y butil metoxidibenzoiometano (BMDMB) en piel de cerdo *in vitro*, simulando piel humana. La BP3 mostró rápida permeabilidad y alcanzó 2 mg/cm² en una hora en solución acuosa.¹²

Las dosis de exposición sistémica (SED) para BP3, EHMC y BMDMB fueron 4744, 1032 y 1036 µg/kg/día (corporal) y 153, 33 y 34 µg/kg/día (facial), respectivamente. BP3 mostró un factor de riesgo de 42 (seguro: < 100). La absorción depende de la dosis, pero no es lineal.¹²

Ingredientes inactivos

Los filtros solares incluyen ingredientes inactivos como parabenos, ftalatos y dimeticonas.¹¹ Los parabenos exhiben actividad androgénica, reducen la testosterona y la motilidad espermática en modelos murinos¹⁴ y efectos estrogénicos similares al 17β-estradiol, potencialmente vinculados con el melanoma por inhibición de la sulfonación estrogénica cutánea.^{15,16} Los ftalatos, a menudo listados como "fragancia", prolongan

los ciclos menstruales y reducen la fertilidad en murinos.¹⁷ Las dimeticonas (siloxanos) tienen menor actividad estrogénica, pero afectan los ciclos menstruales y la fertilidad.¹⁸

Compuestos inorgánicos

El ZnO y TiO₂ son filtros inorgánicos ampliamente utilizados por su fotoprotección y aceptación cosmética.¹⁹ El ZnO protege mejor contra UVA y el TiO₂ contra UVB.¹⁹ Como nanopartículas (< 100 nm), son menos visibles, pero pueden generar radicales libres bajo luz UV o causar toxicidad por inhalación.^{11,20}

En modelos murinos, el ZnO induce estrés oxidativo, apoptosis y daño mitocondrial,²¹ mientras que el TiO₂ afecta las membranas celulares y el ADN neuronal.²¹ Sin embargo, las modificaciones en su formulación (por ejemplo, agregación de partículas y sistemas de microesponjas) reducen la absorción cutánea, por lo que se consideran seguros.²²

Filtros solares y su repercusión en el medio ambiente

Los filtros solares orgánicos, como oxibenzona y octinoxato, contribuyen al daño de arrecifes de coral por su baja solubilidad en agua, bioacumulación y biomagnificación.^{11,23} Esto ha llevado a prohibiciones en regiones como Hawái, Islas Vírgenes y Palau, que promueven filtros inorgánicos como ZnO (presente en el 78% de los productos recomendados).²¹ Sin embargo, el ZnO también puede ser tóxico para especies marinas.²⁴ La etiqueta “seguro para corales” carece de definición operativa clara y algunos estudios, como el de Miller y su grupo,²¹ destacan la necesidad de investigaciones rigurosas para evaluar la toxicidad de filtros orgánicos (OCR, EHMC, BP3) e inorgánicos (ZnO).^{21,23}

Beneficios y daños de los filtros solares en la piel

Los filtros solares son esenciales para proteger la piel contra rayos UV y prevenir quemaduras, fotoenvejecimiento y cáncer cutáneo.^{8,9} Sin embargo, algunos componentes orgánicos como benzofenonas, derivados del canfor y cinamato actúan como disruptores endocrinos, alteran ejes hormonales reproductivos y causan efectos reproductivos y neurológicos en modelos murinos.⁸ Los filtros inorgánicos (ZnO, TiO₂) son más seguros, pero su uso como nanopartículas plantea preocupaciones por toxicidad sistémica.^{20,22}

Algunos estudios, como el de Matta y su grupo,¹³ confirman la absorción sistémica de filtros orgánicos, mientras que Klimová y colaboradores¹² destacan la permeabilidad de BP3.^{12,13} Para minimizar riesgos, se recomienda combinar filtros solares con fotoprotección de barrera (ropa, sombreros) y usar productos regulados con concentraciones seguras.²⁵

Recomendaciones

- Seleccionar filtros solares con ingredientes regulados, preferiblemente inorgánicos (ZnO, TiO₂), libres de siliconas y con concentraciones por debajo de los límites de no-efecto ambiental.^{9,26}
- Promover fotoprotección de barrera (ropa, sombreros) para reducir el uso de químicos.²⁵
- Evitar la exposición a disruptores endocrinos en mujeres embarazadas y niños, no consumir agua o alimentos contaminados, evitar quemar plásticos y usar recipientes de cerámica o vidrio.²⁵
- Realizar investigación de productos naturales con potencial fotoprotector, que evalúe su seguridad y eficacia.²⁷

- Estandarizar guías de penetración de nanopartículas y pruebas de toxicidad para filtros solares.²²

Regulación del contenido de disruptores endocrinos en los productos dermatológicos

Desde una perspectiva neuroendocrina y dermatológica, el principio de precaución resulta esencial porque la exposición crónica a disruptores endocrinos puede inducir alteraciones hormonales que afectan la función de barrera, la pigmentación y los mecanismos inmunológicos cutáneos. Estos efectos se vinculan con mayor incidencia de dermatitis, fotoenvejecimiento acelerado, disfunción sebácea y alteraciones en la síntesis de colágeno y elastina.

A diferencia de la Unión Europea, donde la regulación de los disruptores endocrinos está integrada al Reglamento REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*), en América Latina los marcos normativos son heterogéneos, con escasa armonización entre países.²⁸

Regulación en México y América Latina

En México, los disruptores endocrinos no tienen una legislación específica. Sin embargo, su control se atiende indirectamente a través de normativas como la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley General de Salud, y regulaciones de la Cofepris de cosméticos y plaguicidas. Algunas sustancias, como los ftalatos y el bisfenol A (BPA), están parcialmente restringidas en productos infantiles o envases de alimentos, pero no existe un registro nacional unificado ni un marco de evaluación del riesgo endocrino en cosmética dermatológica.^{29,30}

En América Latina, algunos países como Chile, Argentina y Brasil han comenzado a implementar acciones preventivas basadas en el principio

de precaución. Brasil, a través de la *Agência Nacional de Vigilância Sanitária* (Anvisa), restringió el uso de algunos parabenos y filtros UV con potencial disruptor.³¹ En Argentina, la legislación de plaguicidas contempla parcialmente los efectos endocrinos, pero no existen políticas específicas para cosméticos. En Chile, el Ministerio del Medio Ambiente incorporó el enfoque precautorio en su gestión química, aunque sin una lista formal de disruptores endocrinos reconocidos.³²

Los microplásticos, que son plásticos menores a 5 mm, especialmente dañinos al ser algunos menores a 2.5 μm , y que entran al cuerpo mediante inhalación e ingestión, tampoco están en regulación, especialmente porque se han encontrado en diversos estudios de contenedores de alimentos y bebidas.³³

Las formas actuales de detección de microplásticos como microscopia, espectroscopia y análisis térmico se usan dentro de ambientes de laboratorio controlados, pero estas técnicas no se aplican rutinariamente para buscar la seguridad de los productos, incluidos los dermatológicos, lo que dificulta la tarea de generar políticas de regulación de los mismos.³³

CONCLUSIONES

Los disruptores endocrinos presentes en filtros solares afectan significativamente la fotoprotección al poner en riesgo la seguridad de los productos y su impacto ambiental. Algunos compuestos orgánicos, como benzofenonas, derivados del canfor y cinamatos, ampliamente utilizados en protectores solares, actúan como disruptores endocrinos al alterar el eje hipotálamo-hipófisis-gonadal o tiroideo, con efectos potenciales en la reproducción y el desarrollo observados en modelos murinos.

Los estudios demuestran que estos compuestos, como la benzofenona-3, muestran rápida

absorción sistémica y superan los límites de seguridad (0.5 ng/mL), lo que indica la necesidad de evaluar su toxicidad a largo plazo. Además, su persistencia y lipofilia contribuyen a la bioacumulación en ecosistemas marinos, por lo que dañan arrecifes de coral por su baja solubilidad y biomagnificación. Aunque los filtros inorgánicos como ZnO y TiO₂ son más seguros, su uso como nanopartículas plantea riesgos de toxicidad por inhalación o generación de radicales libres bajo luz UV.

La regulación estricta, la estandarización de pruebas de toxicidad y el desarrollo de productos sostenibles son decisivos para minimizar los riesgos de los disruptores endocrinos y asegurar una fotoprotección efectiva sin poner en riesgo la salud humana o el medio ambiente.

DECLARACIONES

Uso de IA

Se usó inteligencia artificial para la evaluación de la ortografía y redacción.

REFERENCIAS

1. Kabir ER, Rahman MS, Rahman I. A review on endocrine disruptors and their possible impacts on human health. *Environ Toxicol Pharmacol* 2015; 40 (1): 241-58. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2015.06.00>
2. Ju Q, Zouboulis CC. Endocrine-disrupting chemicals and skin manifestations. *Rev Endocr Metab Disord* 2016; 17 (3): 449-57. <https://doi.org/10.1007/s11154-016-9371-2>
3. Riso F, De Negri Atanasio G, et al. An extensive review on phenolic compounds and their potential estrogenic properties on skin physiology. *Front Cell Dev Biol* 2024; 11: 1305835. <https://doi.org/10.3389/fcell.2023.1305835>
4. Rao A, Douglas SC, Hall JM. Endocrine disrupting chemicals, hormone receptors, and acne vulgaris: a connecting hypothesis. *Cells* 2021; 10 (6): 1439. <https://doi.org/10.3390/cells1006143>
5. Bansal A, Henao-Mejia J, Simmons RA. Immune system: an emerging player in mediating effects of endocrine disruptors on metabolic health. *Endocrinology* 2018; 159 (1): 32-45. <https://doi.org/10.1210/en.2017-00882>
6. Encarnação T, Pais AA, Campos MG, Burrows HD. Endocrine disrupting chemicals: impact on human health, wildlife and the environment. *Sci Prog* 2019; 102 (1): 3-42. <https://doi.org/10.1177/0036850419826802>
7. Matwiejczuk N, Galicka A, Brzóska MM. Review of the safety of application of cosmetic products containing parabens. *J Appl Toxicol* 2020; 40 (1): 176-210. <https://doi.org/10.1002/jat.3917>
8. Wang J, Pan L, Wu S, et al. Recent advances on endocrine disrupting effects of UV filters. *Int J Environ Res Public Health* 2016; 13 (8): 782. <https://doi.org/10.3390/ijerph13080782>
9. Chatzigianni M, Pavlou P, Siamidi A, et al. Environmental impacts due to the use of sunscreen products: a mini-review. *Ecotoxicology* 2022; 31 (9): 1331-45. <https://doi.org/10.1007/s10646-022-02592-w>
10. Krause M, Klit A, Blomberg Jensen M, et al. Sunscreens: are they beneficial for health? An overview of endocrine disrupting properties of UV-filters. *Int J Androl* 2012; 35 (3): 424-36. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2605.2012.01280.x>
11. Maipas S, Nicolopoulou-Stamati P. Sun lotion chemicals as endocrine disruptors. *Hormones (Athens)* 2015; 14 (1): 32-46. <https://doi.org/10.1007/BF03401379>
12. Klimová Z, Hojerová J, Beránková M. Skin absorption and human exposure estimation of three widely discussed UV filters in sunscreens--in vitro study mimicking real-life consumer habits. *Food Chem Toxicol* 2015; 83: 237-50. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2015.06.025>
13. Matta MK, Zusterzeel R, Pilli NR, et al. Effect of sunscreen application under maximal use conditions on plasma concentration of sunscreen active ingredients: a randomized clinical trial. *JAMA* 2019; 321 (21): 2082-91. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.5586>
14. Kang KS, Che JH, Ryu DY, et al. Decreased sperm number and motile activity on the F1 offspring maternally exposed to butyl p-hydroxybenzoic acid (butyl paraben). *J Vet Med Sci* 2002; 64 (3): 227-35. <https://doi.org/10.1292/jvms.64.227>
15. Prusakiewicz JJ, Harville HM, Zhang Y, et al. Parabens inhibit human skin estrogen sulfotransferase activity: possible link to paraben estrogenic effects. *Toxicology* 2007; 232 (3): 248-56. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2007.01.010>
16. Fransway AF, Fransway PJ, Belsito DV, Yiannias JA. Paraben toxicology. *Dermatitis* 2019; 30 (1): 32-45. <https://doi.org/10.1097/DER.0000000000000428>
17. Davis BJ, Maronpot RR, Heindel JJ. Di-(2-ethylhexyl) phthalate suppresses estradiol and ovulation in cycling rats. *Toxicol Appl Pharmacol* 1994; 128 (2): 216-23. <https://doi.org/10.1006/taap.1994.1200>
18. Siddiqui WH, Stump DG, Plotzke KP, et al. A two-generation reproductive toxicity study of octamethylcyclotetrasiloxane (D4) in rats exposed by whole-body vapor inhalation. *Reprod Toxicol* 2007; 23 (2): 202-15. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2006.11.011>
19. Smijs TG, Pavel S. Titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles in sunscreens: focus on their safety and effective-

- ness. *Nanotechnol Sci Appl* 2011; 4: 95-112. <https://doi.org/10.2147/NSA.S19419>
20. Schneider SL, Lim HW. A review of inorganic UV filters zinc oxide and titanium dioxide. *Photodermatol Photoimmunol Photomed* 2019; 35 (6): 442-6. <https://doi.org/10.1111/php.12439>
 21. Miller IB, Pawlowski S, Kellermann MY, et al. Toxic effects of UV filters from sunscreens on coral reefs revisited: regulatory aspects for “reef safe” products. *Environ Sci Eur* 2021; 33: 74. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00515-w>
 22. Ruskiewicz JA, Pinkas A, Ferrer B, et al. Neurotoxic effect of active ingredients in sunscreen products, a contemporary review. *Toxicol Rep* 2017; 4: 245-59. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2017.05.00>
 23. Mitchelmore CL, Burns EE, Conway A, et al. A critical review of organic ultraviolet filter exposure, hazard, and risk to corals. *Environ Toxicol Chem* 2021; 40 (4): 967-88. <https://doi.org/10.1002/etc.4948>
 24. Wong SW, Leung PT, Djurisić AB, Leung KM. Toxicities of nano zinc oxide to five marine organisms: influences of aggregate size and ion solubility. *Anal Bioanal Chem* 2010; 396 (2): 609-18. <https://doi.org/10.1007/s00216-009-3249-z>
 25. Yilmaz B, Terekeci H, Sandal S, Kelestimur F. Endocrine disrupting chemicals: exposure, effects on human health, mechanism of action, models for testing and strategies for prevention. *Rev Endocr Metab Disord* 2020; 21: 127-47. <https://doi.org/10.1007/s11154-019-09521->
 26. Verhagen R, O'Malley E, Smedes F, et al. Calibration parameters for the passive sampling of organic UV filters by silicone; diffusion coefficients and silicone-water partition coefficients. *Chemosphere* 2019; 223: 731-7. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.077>
 27. Resende DISP, Jesus A, Sousa Lobo JM, et al. Up-to-date overview of the use of natural ingredients in sunscreens. *Pharmaceuticals* 2022; 15 (3): 372. <https://doi.org/10.3390/ph1503032>
 28. European Chemicals Agency (ECHA). Endocrine disruptors: Guidance for identification and risk management under REACH and CLP. Helsinki: ECHA; 2023.
 29. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). Gestión de sustancias químicas en México: Avances y desafíos. Ciudad de México: Gobierno de México; 2022.
 30. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris). Regulación de cosméticos y sustancias químicas con potencial disruptor endocrino. Secretaría de Salud; 2023.
 31. ANVISA. Resolução RDC nº 752: Regulamento técnico sobre substâncias em cosméticos. Brasília: Ministério da Saúde; 2022.
 32. Ministerio del Medio Ambiente de Chile. Gestión de productos químicos y principio precautorio. Santiago: Gobierno de Chile; 2023.
 33. Mahalingiah S, Nadeau KC, Christiani DC. Microplastics and human health. *JAMA* 2025; 10: 15. <https://doi.org/10.1001/jama.2025.14718>

EVALUACIÓN

1. ¿Cómo actúan los disruptores endocrinos?
 - a) imitan, antagonizan o bloquean hormonas como estrógenos, andrógenos y tiroideas
 - b) actúan sólo como agonistas hormonales
 - c) facilitan la interacción con otros compuestos hormonales
 - d) bloquean exclusivamente vías hormonales
2. ¿Cuál es un factor principal en el efecto de los disruptores endocrinos?
 - a) sexo
 - b) edad de exposición
 - c) temperatura corporal
 - d) reserva funcional
3. ¿En qué consiste el efecto de dosis baja?
 - a) la dosis de disruptores endocrinos no importa y siempre causa el mismo efecto
 - b) a mayor dosis de disruptores endocrinos, menor efecto en el cuerpo
 - c) a menor dosis de disruptores endocrinos, menor efecto en el cuerpo
 - d) la dosis de disruptores endocrinos no importa y el efecto es al azar

4. ¿Cuáles son los principales cánceres asociados con la exposición a disruptores endocrinos?
 - a) mama, próstata y testicular
 - b) hígado, mama y cervicouterino
 - c) pulmonar, cutáneo y renal
 - d) mama, cervicouterino y próstata
5. ¿Qué compuestos de filtros solares absorben la luz y la convierten en energía térmica?
 - a) no volátiles
 - b) inorgánicos
 - c) volátiles
 - d) orgánicos
6. ¿Qué compuestos de filtros solares reflejan, dispersan y absorben parcialmente la luz?
 - a) orgánicos
 - b) inorgánicos
 - c) volátiles
 - d) no volátiles
7. ¿Cuáles son los principales compuestos inorgánicos en filtros solares?
 - a) ZnO y TiO₂
 - b) FeSO₄ y H₂O
 - c) CO₂ y H₂O
 - d) ZnO y CO₂
8. ¿Qué tipo de acné se manifiesta por estimulación de la unidad pilosebácea sin afectar el resto de la unidad?
 - a) acné atípico
 - b) acné quístico
 - c) cloracné
 - d) acné por cosméticos
9. ¿Qué compuestos de filtros solares generan menor efecto como disruptores endocrinos?
 - a) inorgánicos
 - b) orgánicos
 - c) volátiles
 - d) no volátiles
10. ¿Qué compuestos de filtros solares se asocian *in vitro* con mayor daño a los arrecifes marinos?
 - a) volátiles
 - b) inorgánicos
 - c) orgánicos
 - d) no volátiles

Los artículos publicados, recibidos a través de la plataforma de la revista, con fines de evaluación para publicación, una vez aceptados, aun cuando el caso clínico, un tratamiento, o una enfermedad hayan evolucionado de manera distinta a como quedó asentado, nunca serán retirados del histórico de la revista. Para ello existe un foro abierto (**Cartas al editor**) para retractaciones, enmiendas, aclaraciones o discrepancias.