

Disruptores endocrinos: Sustancias ocultas en la vida diaria que afectan el equilibrio hormonal

Endocrine disruptors: Substances hidden in daily life that affect hormonal balance

Etnia Valeria Mora-Vargas*, Sandra Loera-Serna*✉

Mora-Vargas, E. V., & Loera-Serna, S. (2024). Disruptores endocrinos: Sustancias ocultas en la vida diaria que afectan el equilibrio hormonal. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 32(93), e5042, <https://doi.org/10.33064/iycuaa2024935042>

RESUMEN

El sistema endocrino (SE) es responsable del buen funcionamiento del organismo controlando el metabolismo, reproducción, crecimiento y estado de ánimo. Éste está formado por órganos como la hipófisis, tiroides, paratiroides, glándula pineal y adrenales; que junto a células en otros órganos regulan funciones fisiológicas mediante la secreción de hormonas. Sin embargo, el funcionamiento del SE puede verse alterado por factores como edad, medio ambiente, estrés, genética y algunas sustancias a las que estamos expuestos llamadas disruptores endocrinos (DE). Los DE están presentes en una amplia gama de productos como cosméticos, alimentos, productos de uso personal, textiles, etc. La exposición a estas sustancias puede generar un grave daño endocrino y tener efectos adversos en la salud a largo plazo. Por lo anterior, es necesario acercar a la gente información sobre el sistema endocrino, su funcionamiento, las enfermedades, y algunos químicos identificados en productos de uso diario que pudieran afectarlo; revisión que se presenta en este trabajo.

Palabras clave: sistema endocrino; disruptores endocrinos; efectos hormonales; enfermedades endocrinas; disruptores comunes.

ABSTRACT

The endocrine system (ES) is responsible for the proper functioning of the body by controlling metabolism, reproduction, growth, and mood. It comprises organs such as the pituitary gland, thyroid, parathyroid, pineal gland, and adrenals, which together with other cells in other organs regulate physiological functions by secreting hormones. However, the functioning of the ES can be altered by factors such as age, environment, stress, genetics;

Recibido: 1 de febrero de 2024 Aceptado: 18 de septiembre de 2024 Publicado: 30 de septiembre de 2024

*Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco. Av. San Pablo No. 420, Col. Nueva El Rosario, C. P. 02128, Alcaldía Azcapotzalco, CDMX, México. Correo electrónico: al2232800290@azc.uam.mx; sls@azc.uam.mx
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3348-3587>; <https://orcid.org/0000-0001-9562-3195>

✉ Autora para correspondencia

and some substances we are exposed to (called endocrine disruptors, ED). EDs are present in a wide range of products such as cosmetics, foods, personal products, textiles, etc. Exposure to these substances can cause serious endocrine damage and have adverse effects on health in the long term. Therefore, it is necessary to provide the population with information about the endocrine system, its functioning, diseases, and some chemicals identified in everyday products that could affect it; a review that is presented in this work.

Keywords: endocrine system; endocrine disruptors; hormonal effects; endocrine diseases; common disruptors.

INTRODUCCIÓN

El sistema endocrino (SE) desempeña un papel importante en la regulación de diversas funciones fisiológicas del cuerpo humano. Está compuesto de glándulas y tejidos que secretan sustancias químicas llamadas hormonas. Dichas sustancias actúan como mensajeras que viajan a través del torrente sanguíneo y tienen un impacto importante en el funcionamiento de los órganos y tejidos en el organismo.

El SE tiene una estrecha relación con el sistema nervioso central y desempeña un papel fundamental en la homeostasis; así como la regulación del metabolismo, la temperatura, el desarrollo, el peso corporal, la reproducción y el crecimiento. Las hormonas secretadas por este sistema tienen estructura química diferente y funciones específicas.

Existe una variedad de enfermedades relacionadas al SE; las cuales pueden surgir por diferentes factores, como el transporte, regulación, producción o eliminación de las hormonas. Estas enfermedades tienen efectos en el crecimiento, desarrollo, reproducción, metabolismo, función sexual y estado de ánimo de las personas que las padecen. Las más comunes son el hipotiroidismo y el hipertiroidismo, pero existen otras que son altamente frecuentes y que se han asociado con el mal funcionamiento del SE, como síndrome de ovario poliquístico, diabetes mellitus y obesidad.

Otro aspecto para considerar son las sustancias externas que pueden influir en el buen funcionamiento del SE, conocidos como disruptores endocrinos (DE). Los DE son especies químicas que interfieren en la actividad hormonal normal y provocan daños en la salud humana y vida silvestre. En la actualidad se pueden encontrar en una amplia gama de productos y materiales de uso cotidiano; desde cosméticos, alimentos, pinturas, hasta productos de uso industrial y medicamentos. La presencia de estas sustancias químicas ha generado gran preocupación, ya que se han vinculado con una serie de problemas de salud pública como trastornos metabólicos, enfermedades endocrinas, diferentes tipos de cáncer, alteraciones en el desarrollo y reproducción.

En este trabajo se presenta información sobre el funcionamiento del SE donde se enfatiza la acción de cada una de las glándulas que lo componen. Además, se indican sus enfermedades y algunos tratamientos sugeridos. Finalmente, se incluye una revisión de sustancias conocidas como DE que afectan su funcionamiento y productos que los podrían contener, para que el lector pueda identificarlos y buscar mejores opciones en el mercado.

DESARROLLO

Sistema endocrino

El SE es el encargado de coordinar y regular los procesos fisiológicos, mantiene una estrecha relación con el sistema nervioso y ambos participan en el mantenimiento de la homeostasis. La figura 1 ilustra el SE de mujeres y hombres, compuesto por órganos especializados del sistema nervioso central: hipotálamo y glándula pineal; glándulas endocrinas: hipófisis, tiroides, paratiroides y adrenal (Marieb, 2008). Las glándulas endocrinas no se relacionan anatómicamente, pero sí funcionalmente y están formadas por grupos de células secretoras que están rodeadas de vasos sanguíneos, tejido, capilares linfáticos y nervios (García, 2001; Young, 2022).

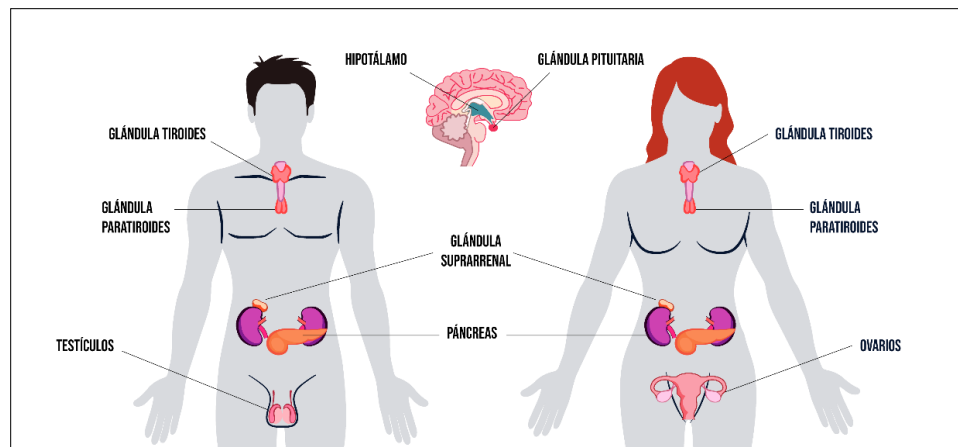


Figura 1. Glándulas del sistema endocrino en hombres y mujeres.
Imagen del autor.

La parte secretora de las glándulas se constituye por un epitelio que produce secreciones conocidas como *hormonas* y su estructura química puede estar conformada por proteínas, esteroides, aminos o de ácidos grasos cíclicos. Éstas pasan a la circulación general para ejercer una acción en otros tejidos y su estructura química se puede modificar, dependiendo de las necesidades del organismo. Las hormonas pueden actuar de diferentes formas como: acción sobre células o tejidos vecinos (paracrinia), acción sobre las propias células o tejidos productores de hormonas (autocrinia), sobre glándulas exocrinas (exocrinia) o acción en organismos ajenos a través de la liberación de feromonas (ferocrinia).

Las hormonas tienen una gran importancia en la vida humana, ya que son parte fundamental para la reproducción, la vida sexual, la producción de insulina y cortisol, regulación del apetito y temperatura corporal, producción energética, del crecimiento y del estado de ánimo. Una vez que cumplen su función se metabolizan (transforman) en productos inactivos o son desechadas por medio de la orina (García, 2001). En la tabla 1 se mencionan algunas de las hormonas producidas por las glándulas que componen el SE y su función específica en el cuerpo humano.

Tabla 1
Hormonas producidas por las glándulas del SE

Glándula	Hormona	Función
Hipotálamo	Hormona liberadora de tirotropina	Estimulación de la liberación de la hormona estimulante de tiroides (TSH) y de la prolactina
	Dopamina	Inhibición de la liberación de la prolactina en la adenohipófisis
	Hormona inhibidora de la hormona del crecimiento	Inhibición de la liberación de prolactina y TSH
	Oxitocina	Actuación directa en la contracción uterina y lactancia materna
	Gonadotropina	Estimulación de la liberación de la hormona foliculoestimulante (FSH)
Glándula pituitaria	Hormona del crecimiento	Estimulación ovárica y del crecimiento
	Hormona Luteinizante	Formación del cuerpo lúteo y síntesis de testosterona
	Hormona estimulante de tiroides (tirotropina)	Estimulación de la liberación de las hormonas T3 y T4 en la tiroides y absorción de yodo por la tiroides
	Hormona foliculoestimulante	Maduración de folículos ováricos y estimulación de la espermatogénesis
Tiroides	Triyodotironina (T3) Forma más activa de la tiroides	Estimulación del consumo de oxígeno y energía, y del ARN polimerasa promoviendo la síntesis proteica
	Calcitonina	Inhibición de la liberación de Ca^{2+} de huesos y consecuente reducción de formación de Ca^{2+} sanguíneo Estimulación de osteoblastos y construcción ósea
	Tiroxina (T4) Forma menos activa de la tiroides	Estimulación del consumo de oxígeno y energía mediante incremento del metabolismo basal y actuación como prohormona para la producción de triyodotironina
Glándula suprarrenal	Glucocorticoides	Estimulación de gluconeogénesis e inhibición de síntesis proteica y captación de glucosa en tejido adiposo
	Mineralocorticoides	Estimulación de reabsorción de sodio en riñones, regulación de la secreción de K^+ y de iones hidrógeno H^+ en riñones e incremento de la presión arterial
	Andrógenos	Producción de hormonas sexuales después de la menopausia
Ovarios	Progesterona	Inhibición de la lactancia, de la etapa secretora del endometrio, del trabajo de parto, reducción de espasmos y relajación del músculo liso, control de la coagulación y aceleración de la cicatrización
	Androstenediona	Sustrato para producir estrógenos
	Estrógenos	Crecimiento, aceleración del metabolismo, estimulación de la proliferación del endometrio y reducción de masa muscular
	Inhibina	Producción de FSH
Testículos	Andrógenos	Incremento de masa muscular y fuerza en músculos. Maduración de órganos sexuales, crecimiento de barba y vello en el cuerpo
	Estradiol	Prevención de la apoptosis en células genitales
	Inhibina	Inhibición de la producción de FSH

Nota: Elaboración propia con información de García (2001).

La principal causa de las enfermedades o trastornos endocrinos se relaciona con las fases por las cuales debe pasar una hormona desde su biosíntesis, transporte por el organismo, sistemas de regulación, hasta su desecho (Rueda Llata, 2024). Estas enfermedades presentan un alto grado de afección hacia las personas que las padecen debido a su estrecha relación con procesos biológicos como el crecimiento, el desarrollo, el metabolismo, la función sexual y el estado de ánimo. En la tabla 2 se presentan las patologías principales del sistema endocrino, la glándula afectada y algunas opciones de tratamientos médicos reportados.

Tabla 2
Enfermedades del sistema endocrino

Glándula endocrina afectada	Enfermedad	Definición	Síntomas	Tratamiento
Hipófisis	Hipopituitarismo	Deficiencia de las hormonas hipofisiarias	Cansancio, dolor de cabeza, mareos, falta de energía, presión arterial baja, piel reseca, pérdida de peso, infertilidad, disminución de la libido	Si la causa es un tumor, el tratamiento es directamente la extirpación quirúrgica. Tratamiento hormonal: levotiroxina, hidrocortisona y cortisona; testosterona y estradiol con progesterona; GH
	Deficiencia de hormona del crecimiento (GH)	Afección poco común en la que el organismo no produce la cantidad suficiente de la hormona del crecimiento	Poco aumento en la estatura, insuficiencia de masa muscular, nivel bajo de glucosa en sangre, retraso de la pubertad	Inyección diaria de versión sintética de la hormona
Tiroides	Hipotiroidismo	La glándula tiroides no produce la hormona suficiente para mantener trabajando al organismo de manera normal. Las células del sistema inmunitario atacan a las células productoras de hormonas de la tiroides.	Cansancio, aumento de peso, depresión, piel seca, sensibilidad al frío, estreñimiento, infertilidad, problemas de memoria y concentración	Reemplazo de la tiroxina (T4) con tiroxina sintética
	Tiroiditis de Hashimoto	Las células del sistema inmunitario atacan a las células productoras de hormonas de la tiroides.	Fatiga, pereza, sensibilidad al frío, piel seca, estreñimiento, dolor y rigidez muscular, ciclos menstruales irregulares, problemas de concentración	Reemplazo sintético de la hormona T4 con levotiroxina
	Hipertiroidismo	Exceso de producción de hormona tiroidea	Nerviosismo, palpitaciones, insomnio, intolerancia al calor, pérdida de peso, sudoración, cansancio	Medicamentos: carbimazol, metimazol, propiltiouracilo. Tratamiento con yodo radioactivo
	Bocio	Agrandamiento de la tiroides	Debilidad muscular, piel seca, problemas de memoria, taquicardia, temblores, ronquera, tos, dificultad para respirar y tragar	Levotiroxina y betabloqueadores. Tiroidectomía total o parcial. Tratamiento con yodo radioactivo
Glándulas suprarrenales	Síndrome de Cushing	Exceso de la hormona cortisol	Aumento de peso, piel frágil, cicatrización lenta, acné, fatiga, debilidad muscular, dolor de cabeza, oscurecimiento de la piel	Reducción de uso de corticosteroides. Extracción quirúrgica completa de tumor. Toma de mifepristona
	Enfermedad de Addison	Las glándulas suprarrenales producen poca cantidad de cortisol y aldosterona.	Fatiga extrema, pérdida de peso y apetito, presión baja, hipoglucemia, náuseas, vómitos, depresión, irritabilidad, dolor muscular	Medicamentos: hidrocortisona, prednisona, metilprednisolona, acetato de fludrocortisona
Ovarios	Síndrome de ovario poliquístico	Niveles elevados de andrógenos	Alteraciones en el ciclo menstrual, infertilidad, problemas de la piel, acné, quistes en ovarios, resistencia a la insulina	Píldoras de espironolactona, metformina y anticonceptivos hormonales
Trastornos metabólicos	Diabetes mellitus	Producción insuficiente de insulina en el organismo	Micción frecuente, pérdida de peso, sensación de cansancio, visión borrosa	Control de la glucosa en sangre, insulina, dieta saludable, actividad física
	Obesidad	Cantidad excesiva de grasa corporal	Dificultad para respirar, problemas cardíacos, apnea del sueño, problemas de circulación, entre otros	Cambios en los hábitos alimenticios, actividad física y dieta saludable

Nota: Elaboración propia.

Las enfermedades endocrinas se pueden asociar a diferentes factores; por ejemplo, edad, enfermedades, estrés, factores genéticos, medio ambiente y factores externos como sustancias con efectos adversos en el funcionamiento normal.

Disruptores endocrinos (DE)

Los DE son un conjunto de compuestos químicos que tienen la capacidad de alterar el equilibrio y funcionamiento hormonal, teniendo efectos adversos sobre la salud. Estos compuestos interfieren en la secreción, síntesis, transporte o eliminación de las hormonas presentes en el organismo (Pombo Arias, Castro-Feijóo, Barreiro Conde, & Cabanas Rodríguez, 2020). Dentro de las alteraciones que presentan dichas sustancias se encuentra la perturbación de la homeostasis hormonal, la cual presenta consecuencias graves debido al importante papel que desempeñan las hormonas en el organismo desde el desarrollo hasta diversas funciones fisiológicas (Rivas Velasco, Granada, Jimenez, Olea Serrano, & Olea Serrano, 2004).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en el marco del INTER-ORGANIZATION PROGRAMME FOR THE SOUND MANAGEMENT OF CHEMICALS (IOMC) publicó en 2013 un documento llamado *State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals-2012* [Estado de la Ciencia de los Disruptores Endócrinos 2012] (Bergman, Heindel, Jobling, Kidd, & Zoeller, 2013), en el cual menciona la exposición y efectos de los DE. Esto ha despertado una gran preocupación debido a los efectos en el desarrollo temprano en seres humanos y la vida silvestre, ya que los efectos que presentan son irreversibles. Este informe también habla sobre el incremento y defunciones con relación al sistema endocrino. La lista de DE es amplia y con el paso del tiempo seguirá creciendo. La OMS menciona que se han detectado alrededor de 800 sustancias consideradas como tal, sólo pocas de ellas se han estudiado a profundidad y la gran mayoría se comercializan sin control dentro del mercado.

Los DE se pueden encontrar en gran diversidad de productos empleados durante la síntesis y manufactura, por ejemplo: contaminantes orgánicos, pesticidas, fitoestrógenos, metales, productos de uso farmacéutico, aditivos, plastificantes como el bisfenol A y ftalatos, productos de uso personal, entre otros (Bergman et al., 2013).

Por su parte, la United States Environmental Protection Agency (EPA, febrero de 2024) publicó un documento donde incluye ejemplos de sustancias que son DE como compuestos organoclorados (por ejemplo, 1,1,1-tricloro-2,2-bis[p-clorofenilo], etano [DDT] y su metabolito diclorodifenildicloroetileno [DDE], bifenilos policlorados [PCB] y dioxinas) y algunos estrógenos vegetales naturales. A pesar de que el documento no es concluyente en cuanto a las causas del aumento de ciertos tipos de cáncer (como mama, próstata y testículo), sí identifica etapas sensibles del ciclo de la vida en las que el contacto con estas sustancias puede tener consecuencias negativas y permanentes; en específico, el desarrollo, el embarazo y la lactancia (EPA, febrero de 2024).

En México no existe un informe sobre sustancias que se consideren DE, pero la NOM-047-SSA1-2011 (Secretaría de Salud, 6 de junio de 2012) hace referencia a la seguridad de personas expuestas a sustancias químicas consideradas DE y la NOM-003-STPS-2023 (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 25 de enero de 2024) especifica también seguridad, pero de personas con actividades agrícolas.

Disruptores en la vida diaria

El avance industrial ha tenido un gran impacto en la ingesta de alimentos procesados; los cuales incluyen un alto contenido calórico, grasas y carbohidratos saturados; además presentan exposición a DE nocivos que se utilizan para el procesamiento y envasado de dichos alimentos. El uso de estos productos químicos tiene relación con el aumento en la tasa de obesidad y otros factores de salud. Algunos de estos productos presentan una vida media de días o meses; por ejemplo, el bisfenol; mientras que otros tienen un tiempo de vida mayor, ya que pueden persistir durante años dentro del organismo o medio ambiente; por ejemplo, las sustancias perfluoroalquiladas o polifluoroalquiladas (Peng et al., 2021).

La creación y producción de los DE tenía como objetivo el uso benéfico para la mejora de producción agrícola, seguridad en artículos de uso doméstico y personal; pero debido al aumento de la población y desarrollo industrial el manejo de estos productos se ha vuelto excesivo; además de los múltiples daños que ocasionan al cuerpo humano por la imitación de propiedades endocrinas al alterar la biosíntesis hormonal del sistema endocrino. Los seres vivos están expuestos diariamente a estos compuestos debido a su uso generalizado para la fabricación de productos de uso cotidiano. Entre los productos presentes en la vida diaria que contienen DE se encuentran cosméticos, tampones, toallas sanitarias, pastas dentales, jabones de uso corporal, champú, preservativos, acondicionadores para el cabello, recubrimientos de superficies, pinturas, detergentes y suavizantes de ropa, medicamentos sintéticos, anticonceptivos hormonales, hormonas sintéticas, fragancias, plásticos empleados para el almacenamiento de alimentos, alimentos enlatados, alimentos procesados, pesticidas, ropa, juguetes, electrodomésticos, protectores solares, artículos de decoración, insecticidas, etc.

Para la obtención y fabricación de los productos mencionados anteriormente se empleaban productos de origen animal o vegetal; pero debido a la gran demanda poblacional se han sustituido por sustancias o compuestos químicos con características iguales o similares a los naturales. Entre los DE más empleados se encuentran los ftalatos, bisfenol A y los químicos polifluorados (PFC).

Los ftalatos se emplean en la industria desde 1920 y tienen aplicaciones en la fabricación de plásticos, detergentes, adhesivos, aceites lubricantes, productos de uso personal y perfumes. El bisfenol A se sintetizó en 1891 y se considera un contaminante de alimentos, fármacos, productos manufacturados y envasados, y se incorpora a ellos a partir de resinas epoxi y policarbonatos empleados para la fabricación de contenedores de plástico para el almacenamiento de estos productos. Este químico también se puede encontrar en latas de aluminio y en piezas odontológicas empleadas en tratamientos infantiles (Chichizola et al., 2009). Finalmente, los PFC se emplean desde 1951 como reactivos intermedios de los fluoropolímeros y fluoroelastómeros; principalmente para la obtención del teflón, que se emplea en la elaboración de utensilios de cocina, aditivos y bolsas especiales para uso de microondas. Estos contaminantes se pueden liberar y dispersar a partir del calentamiento. También tienen otras aplicaciones, como en la industria de la pintura, zapatos, textiles, lubricantes, ceras de pisos, carros y espumas contra incendios (Jian et al., 2017; Lindstrom, Strynar, & Libelo, 2011); en la figura 2 se representan algunos productos de uso cotidiano que pueden contener este tipo de DE.



Figura 2. Imagen representativa de productos de uso diario que pueden contener disruptores endocrinos.
Elaboración propia.

Cabe destacar que no todos los productos de uso diario contienen DE; es necesario leer las etiquetas y cerciorarse de los componentes empleados para su fabricación y empaquetado; ya que en la actualidad existen múltiples productos libres de ftalatos, bisfenol A y PFC.

Efectos sobre la salud humana y silvestre

La presencia de los DE dentro del organismo implica una alteración hormonal, ya que tienen la capacidad de modular los niveles de los receptores hormonales, alterar el patrón de síntesis, transporte y metabolismo hormonal, y sustituir la acción de las hormonas; lo que provoca una confusión de los receptores celulares. La ingesta de alimentos, agua, inhalación de polvos, gases o partículas de aire y la absorción dérmica son vías de exposición a estos compuestos para los seres humanos. También la leche materna es una vía de transferencia, así como de madre a feto (Bergman et al., 2013). El incremento de la carga de estos químicos dentro del organismo dependerá de:

1. La acumulación de los productos con el paso del tiempo
2. La edad, ya que las personas con edad avanzada han tenido mayor contacto con productos de este tipo
3. La rapidez de trabajo del metabolismo, ya que el proceso de eliminación dependerá de la función de éste (Rivas Velasco et al., 2004):

En 1995, debido a diversas conferencias de la ONU para el Medio Ambiente y Desarrollo, se estableció el INTER-ORGANIZATION PROGRAMME FOR THE SOUND MANAGEMENT OF CHEMICALS (IOMC), en español llamado PROGRAMA INTERINSTITUCIONAL PARA LA GESTIÓN RACIONAL DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS. En dicho programa participan organizaciones mundiales para tener un control sobre la gestión de productos químicos que tienen relación con la salud humana y el medio ambiente. Acorde con el informe publicado por la IOMC (2013), la exposición a los DE durante el desarrollo fetal, la infancia y la pubertad juega un papel importante en el desarrollo de enfermedades relacionadas con el sistema endocrino (Briceño Rodríguez, Céspedes Salazar, & Forero Ronderos, 2024), por ejemplo, diferentes tipos de cáncer, propicia un aumento en enfermedades reproductivas, problemas conductuales, de aprendizaje, trastornos

psicológicos, asma, función anormal tiroidea, obesidad o diabetes. La exposición a los DE durante el desarrollo en el útero, la lactancia o primera infancia de los humanos puede causar daños permanentes si se da durante el desarrollo de un tejido específico. Dicho daño no puede detectarse inmediatamente, sino hasta años después (Criswell, Crawford, Bucinca, & Romano, 2020; Rolfo et al., 2020).

En adultos la exposición a estos químicos se ha vinculado con enfermedades como diabetes, obesidad, síndrome metabólico, enfermedades cardiovasculares y algunos trastornos. El incremento de enfermedades relacionadas con el SE ha prendido un foco rojo a nivel mundial, debido a que en las últimas décadas se ha detectado una incidencia en cánceres endocrinos, testicular y de mama; problemas de fertilidad, lo que conlleva al aumento del uso de servicios de reproducción asistida. En regiones donde la industrialización ha aumentado los seres humanos se encuentran expuestos a una mayor cantidad de químicos que, se ha demostrado, interfieren con la síntesis hormonal, acción o metabolismo (IOMC, 2013).

Para el caso de la vida silvestre, la IOMC reporta que en lugares donde se ha reducido el uso del plaguicida DDT y el antiincrustante tributilestano (pintura empleada en buques), el número de aves y moluscos ha aumentado. Además, entre 1970 y 1980 se realizaron estudios en focas en el Mar Báltico y encontraron que el aumento de patologías reproductivas en las hembras estaba directamente relacionado con la exposición a bifenilos policlorinados (PCB). Esto ha despertado una preocupación debido a la disminución de poblaciones de anfibios, peces, aves, mamíferos e invertebrados; pero se ha demostrado que en zonas donde se disminuye o anula el uso de productos que contengan estos químicos, algunas poblaciones de la vida silvestre se han recuperado (IOMC, 2013).

Los DE también pueden presentar efectos transgeneracionales; es decir, si una mujer embarazada o animal silvestre se expone a los diferentes disruptores endocrinos no sólo se afecta el desarrollo de sus hijos; también se ve afectada su descendencia a lo largo de varias generaciones (IOMC, 2013). Una vez entendido esto, es posible que en la actualidad se encuentren enfermedades debido a la exposición de nuestros ancestros.

Ejemplos de DE y productos que los podrían contener

Como se mencionó en la sección anterior, los DE se pueden encontrar en una gran variedad de materiales, artículos o productos de uso cotidiano. Los medios de exposición para la vida silvestre son el agua, suelo, aire y su fuente de alimentación. Los humanos se exponen mediante la ingesta de alimentos, artículos que se fabriquen con estos químicos, agua contaminada, el aire y absorción dérmica (IOMC, 2013). Debido a la presencia de estas sustancias en diferentes productos es importante mencionar que nadie se encuentra expuesto a una sola sustancia; nos encontramos contaminados con cientos o miles de sustancias químicas sintéticas que pueden interactuar entre sí, inhibiendo sus efectos o sumándolos (Pombo Arias et al., 2020). En la tabla 3 se mencionan algunos tipos de DE, ejemplos, mecanismos de acción en la salud humana y productos de uso cotidiano donde se encuentran.

En la tabla 3 se exponen algunos ejemplos de DE empleados en diferentes industrias y productos. Sin embargo, la presentación es general; ya que enlistar cada uno de los ftalatos, dioxinas, parabenos y otros DE sería una tarea larga debido a su amplia variedad.

Además, es evidente que estos químicos están presentes en numerosos productos que usamos diariamente, como cremas, jabones, maquillaje, detergentes, alimentos y ropa; siempre y cuando contengan compuestos como dioxinas, bisfenol A, endosulfán, parabenos, ftalatos, entre muchos otros (una lista completa de DE se puede consultar en The Danish Environmental Protection Agency (s. f.).

Comúnmente adquirimos este tipo de productos por preferencias personales como el gusto, sabor, aroma, colores o por recomendación de otras personas. Además, las estrategias de marketing utilizadas por las diferentes industrias influyen en el consumo de dichos productos. Sin embargo, pasamos por alto investigar los componentes de fabricación de estos productos; los cuales desencadenan alteraciones al organismo, especialmente al sistema endocrino y no somos conscientes de que gran parte de las enfermedades existentes están estrechamente relacionadas con los DE presentes en los productos.

Tabla 3
Disruptores endocrinos, efectos en la salud humana y algunos productos de uso humano donde se podrían encontrar

Disruptor endocrino	Efecto sobre la salud humana	Productos que lo podrían contener
Dioxinas	Generación de lípidos y proteínas anormales, inducción de tolerancia a la glucosa alterada, incremento en la movilización de grasa periférica y captación de ácidos grasos, aumento de estrés oxidativo e inducción a apoptosis (OMS, 29 de noviembre de 2023)	Pesticidas, plásticos, herbicidas, blanqueamiento de papel
Terc-butilhidroquinona (TBHQ)	Genera daños en el hígado, malformaciones congénitas, daño celular y es considerado un componente posible cancerígeno	Aceites de cocina, carnes, perfumes, esencias, labiales, tintes para el pelo y cosméticos con consistencia cremosa
Endosulfán (EN)	Estimulación del sistema N nervioso central, convulsiones, daño renal, hepático y cardiovascular, afectaciones en el crecimiento y desarrollo del feto, alteraciones endocrinas, cáncer, alteración de homeostasis hormonal y daño en desarrollo neurológico (Menezes et al., 2017)	Plaguicidas e insecticidas en el sector agrícola
Bisfenol A	Aumento en insulina y leptina inducción de tolerancia a la glucosa, aumento de la adipogénesis, acumulación de lípidos, aumento de estrés oxidativo y disminución de la capacidad antioxidante (Juan-García et al., 2015)	Fabricación de contenedores de alimentos y bebidas. Fabricación de vajillas, equipos de uso médico, papel térmico, latas de comida, botellas y frascos.
DEHP	Disminución de testosterona y movilidad de espermatozoides, infertilidad, alteración en el desarrollo fetal, parto prematuro y retraso mental (Caldwell, 2012)	Productos de uso médico, biberones, ropa, losetas para pisos, recubrimiento de paredes, algunos juguetes para dentición y contenedores de alimentos
Parabenos	Alteración en función hormonal, desarrollo tardío, fertilidad, cáncer y función anormal tiroideo (Rafi et al., 2024)	Cosméticos, jabones de baño, champú, acondicionadores, cremas corporales, esmaltes, desodorantes, tampones, toallas sanitarias, refrescos, pasteles, helados, gelatinas, alimentos procesados y aceites esenciales
Ftalatos	Malformaciones genitales congénitas, deterioro en la calidad seminal, fertilidad, desarrollo prematuro de mamas, resistencia a insulina, problemas tiroideos, obesidad y diabetes (de Prada, 2016)	Plásticos, productos de uso personal, cosméticos, perfumes, pinturas, acondicionadores, champú, detergentes de ropa, suavizantes, ropa, esmaltes, spray para cabello, tintes de pelo, alimentos procesados, veladoras y aromatizantes

Nota: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Es cierto que es inevitable estar expuestos diariamente a DE, ya que se pueden encontrar hasta en el ambiente, pero hoy día se pueden adquirir en el mercado muchos productos libres de estas sustancias. Por ello, es importante elegir cuidadosamente las marcas que consumimos o empleamos diariamente, ya que su elección contribuye a reducir el riesgo de padecer enfermedades asociadas con el SE y esto ayudaría a mejorar la calidad de vida.

A continuación, se enlistan algunas recomendaciones que podrían ayudar a disminuir el contacto con estas sustancias:

- Leer las etiquetas de los productos e identificar cuales contienen algún tipo de DE.
- Para los bebés utilizar productos libres de DE. Existen muchas marcas comerciales libres de estos químicos.
- Evitar el uso de estos productos en infantes, ya que son los que corren mayor riesgo, debido a su desarrollo.
- No calentar o almacenar alimentos en envases plásticos de un solo uso. En su lugar se podrían utilizar contenedores de vidrio o cerámica.
- Disminuir el uso de veladoras, aceites esenciales y aromatizantes para ambientar. Una buena opción es poner en zonas estratégicas plantas naturales con aroma agradable, además de que ayudan a la purificación del aire en el hogar.
- Evitar el consumo de productos procesados y envasados. Optar por consumir productos de temporada, frescos y orgánicos.
- Lavar y/o desinfectar frutas y verduras antes de consumirlas. Estos alimentos tienen contacto con plaguicidas durante su cosecha, lavarlos disminuye la exposición a estos químicos.
- Utilizar maquillajes, cremas, desodorantes y otros productos de uso personal libre de parabenos y ftalatos.

Finalmente, no se debe alarmar a la población por cualquier producto químico; el desarrollo de la ciencia ha permitido un mejor abasto, almacenamiento y traslado de alimentos, ha contribuido también a la mejor calidad de vida con la innovación de productos de higiene y limpieza, y ha evidenciado que el uso de ciertos químicos afecta a la salud y que muchos otros se pueden usar de forma segura. Lo importante es tener acceso a la información y estar conscientes del efecto probado de los productos químicos.

REFERENCIAS

- Bergman, A., Heindel, J. J., Jobling, S., Kidd, K. A., & Zoeller, R. T. (Eds.). (2013). *State of the science of endocrine disrupting chemicals 2012 [Estado de la Ciencia de los Disruptores Endócrinos 2012]*. World Health Organization.
- Briceño Rodríguez, L. L., Céspedes Salazar, C., & Forero Ronderos, C. (2024). Disruptores endocrinos y enfermedades endocrinológicas en niños y adolescentes. *Revista*

Colombiana de Endocrinología, Diabetes & Metabolismo, 11(2).
<https://doi.org/10.53853/encr.11.2.872>

- Caldwell, J. C. (2012). DEHP: Genotoxicity and potential carcinogenic mechanisms—A review. *Mutation Research*, 751(2), 82-157. <https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2012.03.001>
- Chichizola, C., Scaglia, H., Franconi, C., Ludueña, B., Mastandrea, C., & Pelayo, A. G. (2009). Disruptores endócrinos y el sistema reproductivo. *Bioquímica y Patología Clínica*, 73(3), 9-23. <https://www.redalyc.org/pdf/651/65121026002.pdf>
- Criswell, R., Crawford, K. A., Bucinca, H., & Romano, M. E. (2020). Endocrine-disrupting chemicals and breastfeeding duration: a review. *Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity*, 27(6), 388-395. https://journals.lww.com/co-endocrinology/fulltext/2020/12000/Endocrine_disrupting_chemicals_and_breastfeeding.4.aspx?context=LatestArticles
- de Prada, C. (2016). *Los ftalatos. Un problema de salud pública que debe ser abordado con urgencia para proteger a mujeres embarazadas y niños*. Ed. Hogar sin tóxicos.
- García, J. M. M. (2001). *Enfermedades del sistema endocrino y de la nutrición* (Vol. 72). Universidad de Salamanca. https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=hla-Sul57wwC&oi=fnd&pg=PA11&dq=Enfermedades+del+sistema+endocrino+y+de+la+n+utrici%C3%B3n&ots=n82jj_Gsg2&sig=YjAHWwSNEZwLSmfJ7_MgXlcvaBM
- Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals [IOMC]. (2013). *Estado de la Ciencia de los Disruptores Endócrinos 2012. Resumen para tomadores de decisiones* (30 pp., trad. del resumen en inglés) [Documento en pdf]. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/12223/EDCSP.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Jian, J. M., Guo, Y., Zeng, L., Liang-Ying, L., Lu, X., Wang, F., & Zeng, E. Y. (2017). Global distribution of perfluorochemicals (PFCs) in potential human exposure source—a review. *Environment international*, 108, 51-62. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.07.024>
- Juan-García, A., Gallego, C., & Font, G. (2015). Toxicidad del Bisfenol A: Revisión. *Revista de Toxicología*, 32(2), 144-160. <https://rev.aetox.es/wp/index.php/32-2-13/>
- Lindstrom, A. B., Strynar, M. J., & Libelo, E. L. (2011). Polyfluorinated compounds: past, present, and future. *Environmental Science & Technology*, 45(19), 7954-7961. <https://doi.org/10.1021/es2011622>
- Marieb, E. N. (2008). *Anatomía y fisiología humana* (9ª. ed., en Ciencias y Salud de Catálogo Universitario Pearson 2016, p. 24). Pearson/Addison Wesley. [https://ifssa.edu.ar/ifssavirtual/cms/files/LIBRO%20IFSSA%20Anatomia.y.Fisiologia.Humana.Marieb%209aed.%20\(1\).pdf](https://ifssa.edu.ar/ifssavirtual/cms/files/LIBRO%20IFSSA%20Anatomia.y.Fisiologia.Humana.Marieb%209aed.%20(1).pdf)
- Menezes, R. G., Qadir, T. F., Moin, A., Fatima, H., Hussain, S. A., Madadin, M., ... Senthikumar, S. (2017). Endosulfan poisoning: An overview. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 51, 27-33. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2017.07.008>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (29 de noviembre de 2023). *Las dioxinas* [Nota descriptiva]. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dioxins-and-their-effects-on-human-health#:~:text=Las%20dioxinas%20son%20muy%20tóxicas,no%20afectan%20a%20su%20salud>
- Perng, W., Cantoral, A., Soria-Contreras, D. C., Betanzos-Robledo, L., Kordas, K., Liu, Y., ... Téllez-Rojo, M. M. (2021). Exposición a químicos disruptores endócrinos obesogénicos y obesidad en niños y jóvenes de origen latino o hispano en Estados Unidos y Latinoamérica: una perspectiva del curso de la vida. *Obesity Reviews*, 22(S5). <https://doi.org/10.1111/obr.13352>

- Pombo Arias, M., Castro-Feijóo, L., Barreiro Conde, J., & Cabanas Rodríguez, P. (2020). Una revisión sobre los disruptores endocrinos y su posible impacto sobre la salud de los humanos. *Revista Española Endocrinología Pediátrica*, 11(2), 33-53. <https://doi.org/10.3266/RevEspEndocrinolPediatr.pre2020.Nov.619>
- Rafi, S. M., Hazrami, Z. S. S. A. J., Nayeem, M., Richard, R. M., Alurkar, S. R. A., & Korrapati, N. H. (2024). Understanding parabens—A literature review. *CosmoDerma*, 4. http://dx.doi.org/10.25259/CSDM_241_2023
- Rivas Velasco, A., Granada, A., Jimenez, M., Olea Serrano, F., & Olea Serrano, N. (2004). Exposición humana a disruptores endocrinos. *Ecosistemas*, 13(3), 7-12. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/202>
- Rolfo, A., Nuzzo, A. M., De Amicis, R., Moretti, L., Bertoli, S., & Leone, A. (2020). Fetal-maternal exposure to endocrine disruptors: Correlation with diet intake and pregnancy outcomes. *Nutrients*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/nu12061744>
- Rueda Llata, B. (2024). *Biología funcional de la glándula tiroides. Hiper e hipotiroidismo* (Tesis de licenciatura, Universidad de Cantabria).
- Secretaría de Salud. (6 de junio de 2012). Norma Oficial Mexicana NOM-047-SSA1-2011, Salud ambiental-Índices biológicos de exposición para el personal ocupacionalmente expuesto a sustancias químicas. *Diario Oficial de la Federación*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5249877&fecha=06/06/2012#gsc.tab=0
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (25 de enero de 2024). Norma Oficial Mexicana NOM-003-STPS-2023, Actividades agrícolas-Condiciones de seguridad y salud en el trabajo. *Diario Oficial de la Federación*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5715162&fecha=25/01/2024#gsc.tab=0
- The Danish Environmental Protection Agency. (s. f.). *Endocrine Disruptor Lists* [Página de Internet]. <https://edlists.org>
- United States Environmental Protection Agency [EPA]. (2024). Overview of Endocrine Disruption. Recuperado el 11 de septiembre de 2024, de <https://www.epa.gov/endocrine-disruption/overview-endocrine-disruption>
- Young, W. F., Jr. (2022). Glándulas endocrinas. *Manual MSD*. Merck & Co., Inc.



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Usted es libre de Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.

CompartirIgual — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.