

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

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

¹Etnia Valeria Mora-Vargas, ¹*Sandra Loera-Serna

¹Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, Av. San Pablo No. 420, Col. Nueva El Rosario C. P. 02128, Alcaldía Azcapotzalco, CDMX, México. Correos electrónicos: al2232800290@azc.uam.mx; sls@azc.uam.mx ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3348-3587>; <https://orcid.org/0000-0001-9562-3195>

*Autor para correspondencia

Recibido: 1 de febrero del 2024
Aceptado: 18 de septiembre del 2024
Publicado: 30 de septiembre del 2024
<https://doi.org/10.33064/iycuaa2024935042>
e5042

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 con otras células en otros órganos, regulan funciones fisiológicas mediante la secreción de hormonas. Sin embargo, el funcionamiento del SE puede verse alterado por factores como la 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 población a 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, 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 adversos 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 compone. Además, se indican las enfermedades del éste 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 si funcionalmente y están formadas por grupos de células secretoras que están rodeadas de vasos sanguíneos, tejido, capilares linfáticos y nervios (García, 2001; Young, 2022).

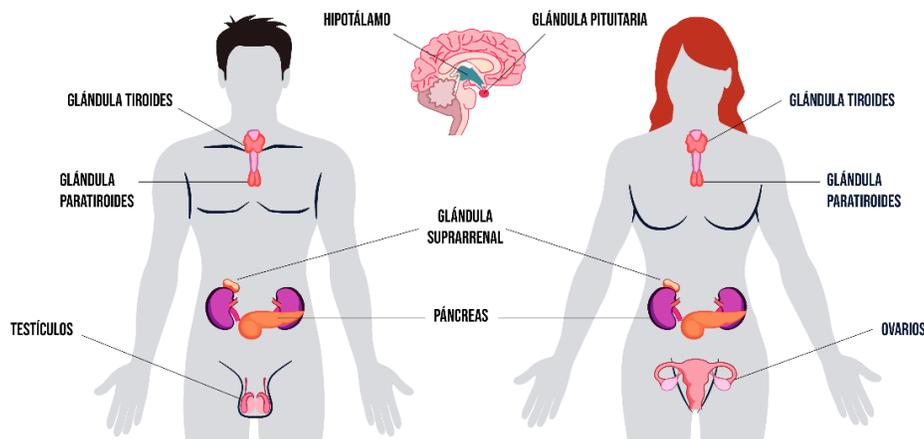


Figura 1. Glándulas del sistema endocrino en hombres y mujeres.
Fuente: Propiedad del Autor.

La parte secretora de las glándulas se constituye por un epitelio que produce secreciones, las cuales se les conoce como *hormonas* y su estructura química puede estar conformada

por proteínas, esteroides, aminas o de ácidos grasos cíclicos. Estas 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 éstas 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 (García, 2001)

Glándula	Hormona	Función
Hipotálamo	Hormona liberadora de tirotrópina	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	Actúa directamente en la contracción uterina y lactancia materna.
Glándula pituitaria	Gonadotrofina	Estimulación de la liberación de la hormona foliculoestimulante (FSH).
	Hormona del crecimiento	Estimulación del ovárica y del crecimiento.
	Hormona Luteinizante	Formación del cuerpo lúteo y síntesis de testosterona.
	Hormona estimulante de tiroides (tirotrópina)	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.

	Triyodotironina (T3) Forma más activa de la tiroides	Estimulación del consumo de oxígeno y energía, y del ARN polimerasa promoviendo la síntesis proteica.
Tiroides	Calcitonina	Inhibición de la liberación de Ca ²⁺ de huesos y así reduce la 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 actúa como prohormona para la producción de triyodotironina.
	Glucocorticoides	Estimulación de gluconeogénesis e inhibición de síntesis proteica y captación de glucosa en tejido adiposo.
Glándula suprarrenal	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.
	Progesterona	Inhibición de la lactancia, de la etapa secretora del endometrio, del trabajo de parto, reducción de espasmos y relajación del musculo liso, control de la coagulación y aceleración de la cicatrización.
Ovarios	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.
	Andrógenos	Incrementa la masa muscular y fuerza en músculos. Maduración de órganos sexuales, crecimiento de barba y bello en el cuerpo.
Testículos	Estradiol	Prevención de la apoptosis en células genitales.
	Inhibina	Inhibición de la producción de FSH.

Fuente: Elaboración propia.

La principal causa de las enfermedades o trastornos endocrinos se relacionan con las fases por las cuales debe de pasar una hormona desde su biosíntesis, transporte por el organismo, sistemas de regulación y 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 proceso 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 tratamiento médicos reportados.

Tabla 2
Enfermedades del sistema endocrino

Glándula endocrina afectada	Enfermedad	Definición	Síntomas	Tratamiento
Hipófisis	Hipopituitarismo	Deficiencia de las hormonas hipofisarias.	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.	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 corticoesteroides. 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.

Fuente: Elaboración propia.

Las enfermedades endocrinas se pueden asociar a diferentes factores, por ejemplo, la edad, enfermedades, estrés, factores genéticos, el medio ambiente y factores externos como sustancias que tiene 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 diferentes hormonas presentes en el organismo (Pombo, *et al.*, 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, *et al.*, 2004).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó en el 2012 un documento llamado *State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals-2012* (Bergman, *et al.* 2012), 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 y solo pocas de ellas se han estudiado a profundidad y la gran mayoría se comercializan sin un control dentro del mercado.

Los DE se pueden encontrar en gran diversidad de productos, que son 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. 2012).

Por su parte la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) en 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), si 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, 2024).

En México, no existe un informe sobre sustancias que se consideren DE, pero la NOM-047-SSA1-2011 (Secretaría de Salud, 2012), hace recencia a la seguridad de personas expuestas a sustancias químicas DE y la NOM-003-STPS-2023 (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2024) específica 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 una exposición a DE nocivos que se utilizan para el procesamiento y envasado de dichos alimentos. El uso de estos productos químicos, tienen 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 (Perng, *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 presentan al cuerpo humano por la imitación de propiedades endocrinas, ya que alteran la biosíntesis hormonal del sistema endocrino. Los seres vivos están expuestos diariamente a estos compuestos, debido a su uso generalizado para la producción 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, estos se han sustituido por sustancias o compuestos químicos con características igual o similares a los naturales. Entre los DE más empleados se encuentran los ftalatos, bisfenol A y los químicos polifluorados (PFCs).

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. También, este químico se puede encontrar en latas de aluminio, piezas odontológicas empleadas en tratamientos infantiles (Chichizola, *et al.*, 2009). Finalmente, los PFCs 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 dispersarse 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 et al., 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.

Fuente: 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 empaçado, ya que en la actualidad existen múltiples productos libres de ftalatos, bisfenol A y PFCs.

Efectos sobre la salud humana y silvestre

La presencia de los DE dentro del organismo presenta una alteración hormonal, ya que estos tienen la capacidad de modular los niveles de los diferentes receptores hormonales, alterar el patrón de síntesis, transporte y metabolismo hormonal, y sustituir la acción de las hormonas provocando 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 y de madre a feto (Bergman, et al., 2012). 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 este. (Rivas Velasco, et al., 2004):

En 1995, debido a diversas conferencias de la ONU para el Medio Ambiente y Desarrollo, se estableció "*El Programa Interinstitucional para la Gestión Racional de los Productos Químicos (IOMC)*". En dicho programa participan diferentes 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 en 2012, 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 (Rodríguez, et al., 2024). Por ejemplo, diferentes tipos de cáncer, 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 presentar daños permanentes si la exposición es durante el desarrollo de un tejido específico. El daño causado por la exposición no puede detectarse inmediatamente, sino hasta años después (Criswell, et al., 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 cercanos a estas zonas se encuentran expuestos a una mayor cantidad de químicos que se ha demostrado que interfieren con la síntesis hormonal, acción o metabolismo (IOMC, 2012).

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 tributilestaño (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 ha visto recuperada (IOMC, 2012).

Los DE también pueden presentar efectos transgeneracionales, es decir, si una mujer embarazada o animal silvestre se encuentra expuesto a los diferentes disruptores endocrinos, no sólo se afecta el desarrollo de sus hijos, sino también se ve afectada su descendencia a lo largo de varias generaciones (IOMC, 2012). 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, 2012). 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, las cuales pueden interactuar entre sí, inhibiendo sus efectos o sumándolos (Pombo, *et al.*, 2020). En la Tabla 3 se mencionan algunos tipos de DE, ejemplos, mecanismo 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: <https://edlists.org>

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 diferentes 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 estos tipos de 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, 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, <i>et al.</i> , 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, <i>et al.</i> , 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, <i>et al.</i> , 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. (Carlos 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.

CONCLUSIONES

Es cierto que es inevitable estar expuestos diariamente a DE, ya que se pueden encontrar hasta en el ambiente, pero hoy en 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, Å., Heindel, J. J., Jobling, S., Kidd, K., Zoeller, T. R., & World Health Organization. (2013). *State of the science of endocrine disrupting chemicals 2012*. World Health Organization.
- Caldwell, J. C. (2012). DEHP: Genotoxicity and potential carcinogenic mechanisms— A review. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 751(2), 82-157.
- Carlos de Prada (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. Madrid, España.
- 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.
- 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.
- EPA. (2024). Overview of Endocrine Disruption, <https://www.epa.gov/endocrine-disruption/overview-endocrine-disruption>. Consultado: 11 de septiembre de 2024.
- García, J. M. M. (2001). *Enfermedades del sistema endocrino y de la nutrición* (Vol. 72). Universidad de Salamanca.
- IOMC (2012). State of the Science of Endocrine Disrupting chemicals. <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.
- Juan-García, A., Gallego, C., & Font, G. (2015). Toxicidad del Bisfenol A: Revisión. *Revista de toxicología*, 32(2), 144-160.
- Lindstrom, A. B., Strynar, M. J., & Libelo, E. L. (2011). Polyfluorinated compounds: past, present, and future. *Environmental science & technology*, 45(19), 7954-7961.
- Marieb, E. N. (2008). *Anatomía y fisiología humana*. Novena Edición, Universitario, 24.
- Menezes, R. G., Qadir, T. F., Moin, A., Fatima, H., Hussain, S. A., Madadin, M., Bilal Pasha, S. Rubaish, F. A. & Senthikumar, S. (2017). Endosulfan poisoning: An overview. *Journal of forensic and legal medicine*, 51, 27-33.
- OMS (2023). Las dioxinas. <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. Consultado el 11 de septiembre de 2024.

- Perng W., Cantoral, A., Soria-Contreras, D. C., Betanzos-Robledo, L., Kordas, K., Liu, Y., Mora, A. M., Corvalan, C., Pereira, A., Augusto Cardoso, M., Chavarro, J. E., Breton, C. V., Meeker, J. D., Harley, K. G., Eskenazi, B., Peterson, K. E., 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*. DOI: 10.1111/obr.13352.
- Pombo, M., Castro, L., Barreiro, J., & Cabanas, P. (2020). A review on endocrine disruptors and their possible impact on human health. *Rev Esp Endocrinol Pediatr [Internet]*, 11(2), 33-53.
- 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.
- Rivas Velasco, A., Granada, A., Jimenez, M., Olea Serrano, F., & Olea Serrano, N. (2004). Exposición humana a disruptores endocrinos. *Ecosistemas*, Vol. 13, n. 3 (sept.-dic. 2004); pp. 7-12.
- Rodríguez, L. L. B., Salazar, C. C., & Ronderos, C. F. (2024). Disruptores endocrinos y enfermedades endocrinológicas en niños y adolescentes. *Revista Colombiana de Endocrinología, Diabetes & Metabolismo*, 11(2).
- 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), 1744.
- Rueda Llata, B. (2024). *Biología funcional de la glándula tiroides. Hiper e hipotiroidismo*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Cantabria, Facultad de Medicina.
- Secretaría de Salud. (2012). NOM-047-SSA1-2011. *Salud ambiental-Índices biológicos de exposición para el personal ocupacionalmente expuesto a sustancias químicas* (Fecha de consulta: 11 de septiembre de 2024).
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2024). NOM-003-STPS-2023, *Actividades agrícolas-Condiciónes de seguridad y salud en el trabajo* (Fecha de consulta: 11 de septiembre de 2024).
- Young, W. F. Jr. (2022). *Glándulas endocrinas*, Manual MSD.