

Disruptores endocrinos: Un riesgo en la salud reproductiva de las mujeres

Endocrine disruptors: A risk to women's reproductive health

Evelyn Jhomayra Balladares Mise¹ (eballadares1791@uta.edu.ec)
(<https://orcid.org/0009-0005-3451-731X>)

Víctor Patricio Gavilanes Sáenz² (vp.gavilanes@uta.edu.ec) (<https://orcid.org/0000-0002-9624-5840>)

Resumen

Los disruptores endocrinos (DE) son sustancias que tienen actividad hormonal y se encuentran en el medio ambiente. Tienen la capacidad de interferir con varios procesos fisiológicos en humanos y animales, afectando sistemas como el nervioso central, el endocrino, el óseo y el inmunológico. El objetivo de la investigación es evaluar el impacto de los disruptores endocrinos en la salud reproductiva de las mujeres. La metodología consistió en un estudio de carácter bibliográfico, para ello se utilizó diversas bases de datos de relevancia en el ámbito médico y científico; incluyen PubMed, Embase, Cochrane Library, Web of Science, Scopus, LILACS, y Google Scholar. Los disruptores endocrinos interfieren con este sistema al imitar, bloquear o alterar la producción, liberación, transporte o eliminación de las hormonas naturales. En conclusión la exposición a disruptores endocrinos representa una preocupación significativa debido a su capacidad para interferir con el sistema endocrino, crucial para la regulación hormonal y la salud reproductiva en humanos.

Palabras clave: Disruptores endocrinos, salud reproductiva, exposición, efectos hormonales, trastornos hormonales, evaluación de riesgos.

Abstract

Endocrine disruptors (EDs) are substances that have hormonal activity and are found in the environment. They have the ability to interfere with various physiological processes in humans and animals, affecting systems such as the central nervous, endocrine, skeletal and immune systems. The objective of the research is to evaluate the impact of endocrine disruptors on women's reproductive health. The methodology consisted of a bibliographic study, using various relevant medical and scientific databases, including PubMed, Embase, Cochrane Library, Web of Science, Scopus, LILACS, and Google Scholar. Endocrine disruptors interfere with this system by mimicking, blocking, or altering the production, release, transport, or elimination of natural hormones. In conclusion, exposure to endocrine disruptors represents a significant concern because of their ability to interfere with the endocrine system, which is crucial for hormone regulation and reproductive health in humans.

¹ Interna Rotativa Medicina. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.

² Especialista en Ginecología y Obstetricia. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.

Key words: Endocrine disruptors, reproductive health, exposure, hormonal effects, hormonal disorders, risk assessment.

Introducción

Según la definición de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2013), los disruptores endocrinos son sustancias o combinaciones de sustancias que pueden afectar el sistema endocrino y causar efectos negativos en un organismo, sus descendientes o en poblaciones específicas. Representan un tema crucial en el ámbito de la salud reproductiva, especialmente para las mujeres (Kawa et al, 2021). Estas sustancias químicas, presentes en diversos productos cotidianos, tienen la capacidad de perturbar el sistema endocrino, generando efectos adversos en la salud reproductiva femenina (Piazza y Urbanetz, 2019).

El incremento global en los problemas de salud reproductiva en mujeres está vinculado, según la evidencia científica, a la exposición a sustancias químicas de origen humano. Es evidente que múltiples compuestos químicos presentes en los alimentos y el entorno pueden interferir con los procesos endocrinos, constituyendo así una amenaza para la salud reproductiva de la población humana

Investigaciones indican que la exposición a sustancias químicas disruptoras endocrinas en el entorno ambiental se asocia con reducciones en varios aspectos de la salud reproductiva. Estos incluyen la reducción de las concentraciones de hormona antimülleriana por bifenilos policlorados (PCB), el descenso del recuento de folículos antrales debido a la presencia de BPA, parabenos y ftalatos, la afectación de la calidad de los ovocitos por la exposición a BPA, triclosán, ftalatos y PCB, la disminución de la tasa de fertilización por perfluorocarbonos (PFC) y PCB, y una menor tasa de embarazo clínico y nacidos vivos asociada con parabenos y ftalatos (Karwacka et al, 2019).

La necesidad de abordar este problema se fundamenta en las posibles repercusiones que podría tener en la salud reproductiva de las mujeres, generando efectos no solo a nivel individual, sino también con consecuencias relevantes en términos comunitarios y de salud pública. La vulnerabilidad de las mujeres a los disruptores endocrinos a lo largo de diversas etapas de la vida, desde la pubertad hasta la menopausia, resalta la urgencia de llevar a cabo investigaciones integrales que examinen detalladamente este fenómeno.

A pesar de los avances en la comprensión de los disruptores endocrinos, existe aún una brecha sustancial en la conciencia pública y en la aplicación de medidas preventivas. El propósito de esta investigación es profundizar en la relación entre los disruptores endocrinos y la salud reproductiva de las mujeres, identificando patrones, factores de riesgo y posibles consecuencias. De esta manera, se busca ofrecer información esencial para la toma de decisiones en políticas de salud, al mismo tiempo que se promueve la concientización acerca de prácticas seguras y alternativas para mitigar los riesgos asociados a estos disruptores (Xiufang et al., 2020).

El objetivo de este estudio es evaluar el impacto de los disruptores endocrinos en la salud reproductiva de las mujeres, además de identificar patrones de exposición a estos disruptores en dependencia de la demografía como la edad, ubicación geográfica y hábitos de consumo; finalmente analizar los factores de riesgo específicos relacionados con la exposición a disruptores endocrinos y conocer sus efectos adversos mediante una revisión de la literatura actualizada con el fin de emitir conclusiones basadas en evidencia.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo mediante un estudio de carácter bibliográfico. En el proceso de investigación planeado, se utilizaron diversas bases de datos de relevancia en el ámbito médico y científico. Estas incluyen PubMed, Embase, Cochrane Library, Web of Science, Scopus, LILACS, y Google Scholar.

Para llevar a cabo una revisión bibliográfica sobre los disruptores endocrinos como riesgo en la salud reproductiva de las mujeres, se utilizaron estrategias de búsqueda sólidas y exhaustivas que pueden ser adaptadas a las bases de datos específicas mencionadas anteriormente mediante el uso de palabras clave: Endocrine disruptors, reproductive health, women, hormonal effects, hormonal disorders, chemical compounds, risk assessment. Disruptores endocrinos, salud reproductiva, exposición, efectos hormonales, trastornos hormonales, evaluación de riesgos.

Se establecieron criterios rigurosos para la inclusión de estudios en la revisión, limitando la selección a investigaciones publicadas en los últimos 5 años para asegurar la pertinencia de la información. Solo se consideraron estudios publicados en revistas indexadas, garantizando la calidad y validez científica de los datos. Los estudios deben abordar directamente el impacto de disruptores endocrinos en la salud reproductiva de las mujeres. Se priorizaron investigaciones con metodologías sólidas, como ensayos clínicos, estudios epidemiológicos, revisiones sistemáticas o metaanálisis.

Se excluyeron estudios no publicados en revistas indexadas para mantener estándares de calidad científica. Se rechazaron investigaciones que no aborden directamente los disruptores endocrinos y su impacto en la salud reproductiva de las mujeres. Se evitaron estudios con metodologías deficientes o poco claras, dando preferencia a aquellos con enfoques metodológicos robustos, como ensayos clínicos, estudios epidemiológicos, revisiones sistemáticas o metaanálisis. Además, no se consideraron estudios con limitaciones geográficas a menos que sus hallazgos sean aplicables y generalizables a nivel global o a poblaciones más amplias.

Resultados

Sistema endocrino: fundamentos y funciones

El sistema endocrino, junto con el sistema nervioso, desempeña un papel crucial en la regulación y coordinación de las funciones corporales, se encarga de la comunicación a través de sustancias químicas llamadas hormonas. Estas hormonas son secretadas por

glándulas endocrinas específicas y viajan a través del torrente sanguíneo para afectar a células y órganos distantes, regulando así el equilibrio del cuerpo (Kyvsgaard et al., 2023). Dentro de las principales glándulas que forman parte del sistema endocrino tenemos:

- **Hipotálamo:** actúa como un puente entre el sistema nervioso y el endocrino, liberando hormonas que estimulan o inhiben la actividad de la glándula pituitaria.
- **Tiroides:** Situada en la base del cuello, produce hormonas tiroideas que influyen en el metabolismo, el desarrollo y el funcionamiento de casi todos los órganos del cuerpo.
- **Paratiroides:** Pequeñas glándulas adheridas a la tiroides, que regulan los niveles de calcio en la sangre para mantener el equilibrio mineral en el cuerpo.
- **Glándulas Suprarrenales:** producen hormonas como cortisol y adrenalina que ayudan a controlar el estrés, el metabolismo y la respuesta al peligro.
- **Páncreas:** Además de su función en la digestión, libera insulina y glucagón para regular los niveles de azúcar en la sangre.
- **Gónadas (Ovarios y Testículos):** Responsables de la producción de hormonas sexuales, como estrógeno y progesterona en mujeres y testosterona en hombres (Kyvsgaard et al., 2023).

En sistema endocrino desempeña diversas funciones dentro de las cuales tenemos: regulación del Metabolismo, control del Crecimiento y Desarrollo, homeostasis y respuesta al estrés. Los Disruptores endocrinos son compuestos químicos que interfieren con el sistema endocrino, responsable de la regulación hormonal en organismos vivos. Estos agentes tienen la capacidad de modificar la función hormonal normal al imitar, bloquear o alterar la producción, liberación, transporte y eliminación de las hormonas naturales. Se destacan por su capacidad de perturbar el equilibrio hormonal, incluso en concentraciones bajas, lo que puede tener consecuencias significativas para la salud de los individuos expuestos (Aguinsaca et al, 2023).

Los Disruptores pueden encontrarse en una amplia variedad de productos y sustancias cotidianas, desde pesticidas y productos químicos industriales hasta componentes de plásticos y productos de cuidado personal. La exposición a disruptores endocrinos puede ocurrir a través de la ingesta de alimentos contaminados, la absorción cutánea o la inhalación de partículas contaminadas en el aire (Cho et al, 2019).

Clasificación de los disruptores endocrinos

1. Según su origen

A. Disruptores endocrinos naturales según su origen

Los disruptores endocrinos naturales son sustancias que existen de forma inherente en el entorno natural y afectan la función hormonal. Entre estos, los fitoestrógenos,

presentes en alimentos vegetales como la soya y la linaza, imitan la acción de los estrógenos humanos. Las isoflavonas, también encontradas en la soya, son ejemplos adicionales. Asimismo, las micotoxinas, como las aflatoxinas y la zearalenona presentes en granos almacenados, y los productos secundarios de plantas, como glicoalcaloides y alcaloides tropánicos en berenjenas y tomates, pueden tener propiedades disruptoras endocrinas (Zúñiga et al., 2021).

Aunque han sido parte del entorno durante mucho tiempo, la atención a su impacto en la salud reproductiva y endocrina ha aumentado. Estrógenos endógenos, hormonas sexuales femeninas producidas internamente, también entran en esta categoría. La complejidad de estos compuestos y su interacción con el sistema endocrino destacan la importancia de investigaciones continuas para comprender mejor sus efectos en la salud humana y animal. Su presencia en la dieta y el medio ambiente destaca la necesidad de abordar estos desafíos para garantizar un entorno más seguro y proteger la salud hormonal y reproductiva (Aguinsaca et al., 2023).

B. Disruptores endocrinos sintéticos

Son sustancias químicas artificialmente creadas por el ser humano que no forman parte de los compuestos naturales presentes en el medio ambiente. Estos compuestos han sido diseñados o producidos con diversos propósitos industriales, agrícolas o de consumo, pero su capacidad para interferir con el sistema endocrino ha sido identificada como una preocupación significativa para la salud humana y ambiental (Li et al., 2021).

2. Según mecanismo de acción

A. Disruptores endocrinos que imitan hormonas (Agonistas)

Estos compuestos tienen la capacidad de activar los receptores hormonales, desencadenando respuestas biológicas similares a las de las hormonas endógenas. Ejemplos notables incluyen pesticidas organoclorados, como el DDT, que imitan la acción del estrógeno y pueden afectar la salud reproductiva (Karwacka et al., 2019).

En el contexto de la salud reproductiva, estos agonistas pueden interferir con la función hormonal normal, llevando a alteraciones en la ovulación y la calidad del esperma. Su presencia en el medio ambiente, derivada principalmente de prácticas agrícolas pasadas y actuales, así como de su persistencia en tejidos y su acumulación en la cadena alimentaria, ha generado preocupaciones significativas (Wesselink et al., 2020).

Además de los pesticidas, algunos compuestos químicos industriales y productos de consumo también actúan como agonistas de hormonas, impactando el sistema endocrino de manera sutil pero significativa. Este fenómeno subraya la importancia de evaluar y regular cuidadosamente el uso de estas sustancias para mitigar posibles riesgos para la salud (Li et al., 2021).

B. Disruptores endocrinos que bloquean hormonas (Antagonistas)

Representan un conjunto de sustancias químicas que bloquean los receptores hormonales, impidiendo la unión de las hormonas naturales y, por ende, inhibiendo sus efectos biológicos. Entre estos se encuentran compuestos como algunos pesticidas organofosforados, como el clorpirifos, que interfieren con la acción normal de las hormonas en el cuerpo (Piazza y Urbanetz, 2019).

Estos antagonistas pueden tener un impacto significativo en la regulación hormonal y, por consiguiente, en la salud reproductiva. En mujeres, por ejemplo, la exposición a disruptores endocrinos antagonistas puede asociarse con irregularidades menstruales y dificultades para concebir. Además, en hombres, la disminución de la producción de testosterona debido a la acción de estos compuestos puede afectar negativamente la calidad del espermatozoides y la función reproductiva (Wesselink et al., 2020).

C. Disruptores endocrinos que alteran la producción o eliminación de hormonas

Son sustancias químicas que afectan los procesos de síntesis, liberación o metabolismo de las hormonas en el cuerpo (Cho et al, 2019). Este grupo incluye compuestos que pueden modular los niveles hormonales de manera que interrumpen el equilibrio endocrino normal. Ejemplos de tales disruptores son algunos plastificantes y productos farmacéuticos utilizados comúnmente (Kawa et al., 2021).

La exposición a estos impactan la producción o eliminación de hormonas puede ocurrir a través de diversos medios, incluyendo la ingestión de alimentos contaminados, la exposición a productos de consumo y la absorción a través de la piel. La persistencia de estos compuestos en el medio ambiente y su capacidad para acumularse en tejidos biológicos subraya la importancia de comprender y abordar estos riesgos desde una perspectiva de salud pública y ambiental (Piazza y Urbanetz, 2019).

3. Clasificación según grupo químico

A. Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs)

Los Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs) constituyen una categoría de sustancias químicas que se caracterizan por su resistencia a la degradación ambiental, su persistencia a lo largo del tiempo y su capacidad para acumularse en los tejidos biológicos. Entre los COPs más conocidos se encuentran los pesticidas organoclorados, como el DDT (dicloro-difenil-tricloroetano), que alguna vez fue ampliamente utilizado en la agricultura. Aunque muchos de estos compuestos han sido prohibidos o restringidos debido a sus efectos perjudiciales, persisten en el medio ambiente y continúan representando riesgos para la salud humana y la biodiversidad (Zúñiga et al., 2021).

La exposición puede ocurrir a través de la ingesta de alimentos contaminados, la inhalación de partículas en el aire o el contacto directo con productos que contienen estos compuestos. Una vez dentro del cuerpo, los COPs pueden acumularse en los

tejidos grasos, afectando la función hormonal al interferir con la regulación endocrina normal (Martínez, 2022).

Los efectos de los COPs en la salud reproductiva pueden manifestarse a través de diversas vías, como la disrupción del equilibrio hormonal, la alteración de la calidad del esperma y la incidencia de complicaciones en el desarrollo fetal. Además, estos compuestos han sido asociados con problemas de fertilidad y un aumento en el riesgo de enfermedades relacionadas con la reproducción (Wang et al., 2018).

B. Ftalatos

Los ftalatos son una clase de compuestos químicos utilizados como plastificantes en una variedad de productos de consumo. Estos compuestos tienen propiedades que los hacen flexibles y resistentes, y por lo tanto, se incorporan comúnmente en plásticos, productos de cuidado personal, juguetes, envases y productos médicos.

La exposición a ftalatos puede ocurrir a través de varias vías, como la ingestión de alimentos envasados en plástico, el uso de productos de cuidado personal que contienen ftalatos, y la inhalación de polvo que contiene partículas liberadas de productos plásticos. Una vez dentro del cuerpo, los ftalatos pueden metabolizarse en metabolitos que pueden interferir con el sistema endocrino, afectando la regulación hormonal normal (Anwar et al, 2021).

En términos de salud reproductiva, se ha observado que algunos ftalatos tienen la capacidad de imitar la acción de las hormonas sexuales, especialmente los estrógenos, y esto ha llevado a preocupaciones sobre sus efectos en la fertilidad y el desarrollo fetal. Estudios han asociado la exposición a ftalatos con alteraciones en la calidad del esperma, irregularidades en el ciclo menstrual y posiblemente complicaciones durante el embarazo (Navarro, 2023).

C. Bisfenoles

Los bisfenoles son una clase de compuestos químicos que se utilizan comúnmente en la fabricación de plásticos y resinas. Entre ellos, el bisfenol A (BPA) es el más conocido y ha sido objeto de intensa investigación debido a sus propiedades de disruptor endocrino. Estos compuestos se encuentran en productos de consumo como envases de alimentos y bebidas, utensilios de cocina, botellas de plástico y recibos térmicos (Wang et al., 2018).

Tienen la capacidad de imitar la acción del estrógeno en el cuerpo, ya que su estructura química es similar a la de esta hormona. Esta similitud estructural les permite unirse a los receptores de estrógeno, lo que puede conducir a la activación de respuestas biológicas similares a las de las hormonas naturales. Este fenómeno ha suscitado preocupaciones sobre los posibles efectos negativos en la regulación hormonal, especialmente en relación con la salud reproductiva (Kawa et al, 2021).

Estudios científicos han asociado la exposición a bisfenoles con diversas consecuencias para la salud, como la reducción de la calidad del esperma, la alteración

del desarrollo fetal y la posible implicación en trastornos hormonales. Como respuesta a estas preocupaciones, algunos productos y envases ahora etiquetan sus productos como "libres de BPA" o utilizan alternativas a los bisfenoles, como el bisfenol S (BPS) y el bisfenol F (BPF) (Cho et al, 2019).

D. Pesticidas organofosforados

Los pesticidas organofosforados constituyen una categoría de compuestos químicos utilizados ampliamente en la agricultura para el control de plagas. Estos pesticidas contienen fósforo y están diseñados para interferir con la actividad enzimática de los insectos, causando su muerte (Aguinsaca et al, 2023).

Estos pesticidas han sido identificados como antagonistas hormonales, bloqueando la acción de las hormonas en el cuerpo. Este bloqueo puede afectar la función hormonal en diferentes órganos y sistemas, con posibles implicaciones en la salud reproductiva. En mujeres, por ejemplo, se ha asociado la exposición a estos pesticidas con trastornos menstruales y dificultades para concebir (Cho et al, 2019).

4. Clasificación según efectos en la salud reproductiva

A. Disruptores endocrinos que afectan la fertilidad

Los Disruptores endocrinos que afectan la fertilidad son sustancias químicas capaces de interferir con la función hormonal y, por ende, impactar negativamente la capacidad de concepción y reproducción en hombres y mujeres. Esta categoría abarca una amplia variedad de compuestos, desde pesticidas y productos químicos industriales hasta componentes presentes en productos de consumo diario (Rodríguez y Rodríguez, 2022).

En el caso de las mujeres, la exposición a estos Disruptores puede tener consecuencias significativas en el ciclo menstrual, la ovulación y la calidad de los óvulos, lo que se traduce en dificultades para concebir. En algunos casos, también se ha asociado con un mayor riesgo de complicaciones durante el embarazo (Martínez, 2022).

B. Disruptores endocrinos en el desarrollo fetal

Los compuestos que pueden tener efectos adversos en el desarrollo del feto son sustancias químicas que, cuando la madre está expuesta a ellas durante el embarazo, tienen el potencial de afectar negativamente el crecimiento y la formación adecuada de los órganos y sistemas del feto en desarrollo. Este período crítico de gestación es especialmente vulnerable a la interferencia hormonal y química, y diversos Disruptores endocrinos han sido identificados como posibles causantes de efectos adversos durante este proceso (Morocho et al., 2023).

Una vez dentro del organismo materno, algunos de estos disruptores endocrinos pueden atravesar la barrera placentaria, llegando al feto y afectando su desarrollo (Aguinsaca et al., 2023). Los sistemas y órganos más susceptibles a estos efectos

adversos durante la gestación incluyen el sistema nervioso central, el sistema endocrino, el sistema reproductivo, el sistema cardiovascular y los órganos sensoriales. Sustancias como los ftalatos y bisfenoles, presentes en productos de consumo diario, han sido objeto de preocupación debido a su capacidad para interferir con el desarrollo adecuado de estos sistemas en el feto (Lin et al., 2023).

La exposición prenatal a estos compuestos ha sido asociada con una variedad de problemas de salud, como malformaciones congénitas, retrasos en el desarrollo, trastornos neurológicos y efectos a largo plazo en la función reproductiva. Además, algunos pesticidas y metales pesados también han sido identificados como posibles disruptores endocrinos que pueden afectar el desarrollo fetal (Guamán y Mejía, 2023). La regulación estricta de la exposición a estos compuestos durante el embarazo, así como la promoción de prácticas de vida saludables y la conciencia pública sobre los riesgos, son esenciales para proteger la salud del feto y prevenir posibles complicaciones en el desarrollo (Duursen et al, 2020).

Importancia de la salud reproductiva

La salud reproductiva es un componente fundamental del bienestar humano y juega un papel crucial en la continuidad y vitalidad de las poblaciones. Comprende la capacidad de concebir y llevar a término un embarazo, así como el bienestar general de los sistemas reproductivos. La importancia de la salud reproductiva radica no solo en la preservación de la fertilidad y la capacidad de reproducción, sino también en la promoción de condiciones que favorezcan el desarrollo saludable del feto y el bienestar a lo largo de la vida (Cho et al, 2019).

Se sabe que los disruptores endocrinos tienen efectos en la reproducción, el metabolismo, la obesidad y los sistemas endocrinos, así como en varios tipos de cáncer, tanto en hombres como en mujeres. En los hombres, se observan alteraciones como baja cantidad de espermatozoides, corta distancia ano-genital y mayor predisposición a criptorquidia e hipospadias. En las mujeres, se ha evidenciado endometriosis, falla ovárica precoz y predisposición a diversos tipos de cáncer (Aguinsaca et al, 2023).

Es cierto que las alteraciones de las hormonas tiroideas pueden afectar varios órganos y funciones corporales. La incidencia estimada en mujeres mayores de 50 años es del 3 por cada mil (2%). Algunas de las condiciones destacadas son el hipertiroidismo, hipotiroidismo, enfermedad de Graves, tiroiditis de Hashimoto y cáncer tiroideo (Guamán y Mejía, 2023). El estudio realizado de Cohorte de Nacimientos de Shanghai examinó cómo la exposición al Bisfenol A (BPA) afecta la fertilidad en mujeres sanas. Cada incremento en las concentraciones urinarias de BPA se relacionó con una disminución del 13% en la capacidad de concebir y un aumento del 23% en las probabilidades de infertilidad. Estas asociaciones fueron más fuertes en mujeres mayores de 30 años (Wang et al., 2018).

Del mismo modo en China, Wu & Chen (2023) realizaron un estudio donde encontraron una asociación significativa entre la exposición a pesticidas en el hogar y la infertilidad en mujeres en edad reproductiva, así pues este estudio es comparativo y sigue la misma línea de eventos que el realizado por Lin et al. (2023) quienes realizaron un estudio en Estados Unidos el mismo año y evidenciaron que 112 (13,37%) mujeres sufrieron infertilidad, donde el arsénico (As) urinario mostró una correlación positiva con la prevalencia de la infertilidad femenina (P para tendencia = 0,045).

En este orden, se aprecia que países de Latinoamérica como Chile no escapan de esta realidad, ya que un estudio realizado por Zuñiga et al. (2022) mostró que el 25% de la muestra estudiada correspondía a edades de niños/as y el 25% a mujeres en edad fértil, y los efectos más observados son neurotóxicos (54%), genotóxicos (31%) y reproductivos (15%), en cuanto a la exposición constante de los Disruptores Endocrinos con respecto a la edad.

Por su parte, Rodríguez y Rodríguez (2022) en su estudio realizado en Colombia, concluyeron que las mujeres están más expuestas a estos compuestos debido al uso frecuente de productos perfumados, lo que puede causar problemas en el sistema reproductivo, siendo evidente que la exposición de estos compuestos tienden a traer consecuencias sobre la salud reproductiva de la mujer.

En un contexto nacional los disruptores endocrinos también juegan un papel importante, dado que en las mujeres en edad fértil pueden tener consecuencias negativas y en el embarazo también ya que el estudio realizado por Morocho et al. (2023) concluyeron que la prematuridad, el hábito de fumar, la infección y la hemorragia se asocian significativamente al bajo peso al nacer por lo tanto se puede ver que el humo de tabaco es considerado como un disruptor endocrino, teniendo consecuencias para el producto de la gestación.

En este mismo orden, el síndrome de ovario poliquístico es un trastorno común que puede estar relacionado con la hiperandrogenemia y la resistencia a la insulina. Se ha investigado el efecto del BPA en este síndrome, pero hay poca evidencia sobre los ftalatos, TCS y parabenos (Rattan & Flaws, 2019). Los pacientes con SOP tienen concentraciones urinarias más bajas de ftalato de monobencilo (mBzP), pero no hay una correlación positiva entre el ftalato y el SOP. Algunos estudios sugieren efectos protectores de la exposición prenatal a los ftalatos en el desarrollo del SOP, mientras que otros sugieren que la exposición gestacional puede producir ovarios poliquísticos (Navarro, 2023).

Discusión

Los disruptores endocrinos constituyen un grupo diverso de compuestos químicos que han captado considerable atención en las últimas décadas debido a su capacidad para interferir con el sistema endocrino de los organismos vivos. Este sistema, crucial para la regulación hormonal y el mantenimiento de funciones corporales equilibradas, opera mediante la acción de hormonas que actúan como mensajeros químicos, transmitiendo

señales entre las diferentes partes del cuerpo. El sistema endocrino trabaja en estrecha colaboración con el sistema nervioso para coordinar una variedad de procesos fisiológicos esenciales, como el crecimiento, la reproducción, el metabolismo y la respuesta al estrés.

Los disruptores endocrinos interfieren con este sistema al imitar, bloquear o alterar la producción, liberación, transporte o eliminación de las hormonas naturales. Desde una perspectiva química, los disruptores endocrinos abarcan diversas categorías, como los compuestos orgánicos persistentes (COPs), ftalatos, bisfenoles, pesticidas y muchos otros. Estos pueden ingresar al cuerpo humano a través de múltiples vías, como la dieta (por alimentos contaminados), productos de cuidado personal (cosméticos, productos de higiene), y la exposición ambiental (por inhalación de contaminantes o absorción a través de la piel).

Los efectos adversos de los disruptores endocrinos en la salud humana son preocupantes y bien documentados. Incluyen trastornos hormonales, impactos en la fertilidad tanto masculina como femenina, alteraciones en el desarrollo fetal, así como implicaciones en enfermedades relacionadas con la reproducción, como endometriosis, cánceres hormono-dependientes y trastornos metabólicos. Investigaciones recientes han fortalecido la evidencia de los efectos nocivos de estos compuestos. La revisión teórica es fundamental para comprender cómo estos disruptores afectan la salud pública y ambiental.

Proporciona un contexto integral que destaca la necesidad urgente de regulaciones efectivas para limitar la exposición a estos compuestos y promover prácticas agrícolas y de manufactura sostenibles. La protección de la salud hormonal y reproductiva de la población requiere políticas públicas basadas en evidencia científica sólida, que aborden tanto la prevención de la contaminación como la mitigación de riesgos para la salud humana y ambiental a largo plazo.

Conclusiones

La exposición a disruptores endocrinos representa una preocupación significativa debido a su capacidad para interferir con el sistema endocrino, crucial para la regulación hormonal y la salud reproductiva en humanos. Estos compuestos pueden imitar, bloquear o alterar la producción y acción de hormonas naturales, afectando diversas funciones corporales y órganos, desde el metabolismo y el crecimiento hasta la respuesta al estrés y la reproducción.

La clasificación de los disruptores endocrinos según su origen, mecanismo de acción y efectos en la salud reproductiva subraya la complejidad y diversidad de estos compuestos químicos. Desde pesticidas organoclorados hasta ftalatos y bisfenoles en productos de consumo diario, estos disruptores pueden estar presentes en una variedad de fuentes y pueden tener efectos adversos tanto en hombres como en mujeres, incluyendo trastornos menstruales, dificultades para concebir, y problemas en la calidad del esperma, entre otros. La regulación y la conciencia pública son

fundamentales para mitigar los riesgos asociados con la exposición a disruptores endocrinos, protegiendo así la salud hormonal y reproductiva de la población.

Referencias bibliográficas

- Aguinsaca, K. F. P., Molina, E. P. A., Hernández, J. P. C., Romero, M. A. C., Reinoso, S. A. O. & Sarmiento, C. E. S. (2023). La influencia de los disruptores endocrinos y su interacción con el organismo. *Brazilian Journal of Health Review*, 6(1), 569–587. <https://doi.org/10.34119/bjhrv6n1-046>.
<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/56145>.
- Anwar, M. Y., Marcus, M. & Taylor, K. C. (2021). The association between alcohol intake and fecundability during menstrual cycle phases. *Human reproduction (Oxford, England)*, 36(9), 2538–2548. <https://doi.org/10.1093/humrep/deab121>
- Cho, Y. J., Yun, J. H., Kim, S. J. & Kwon, H. Y. (2019). Nonpersistent endocrine disrupting chemicals and reproductive health of women. *Reproductive Endocrinology Obstetrics & Gynecology Science*, 63(1), 1-12. <https://doi.org/10.5468/ogs.2020.63.1.1>
- Duursen, M. B. M. V., Boberg, J., Christiansen, S., Connolly, L., Damdimopoulou, P., Filis, P., Fowler, P. A., Gadella, B. M., Holte, J., Jääger, K., Johansson, H. K. L., Li, T., Mazaud-Guittot, S., Parent, A. S., Salumets, A., Soto, A. M., Svingen, T., Velthut-Meikas, A., Wedebye, E. B., Xie, Y., & Berg, M. V. D. (2020). Safeguarding Female Reproductive Health against Endocrine Disrupting Chemicals-The FREIA Project. *International journal of molecular sciences*, 21(9), 3215. <https://doi.org/10.3390/ijms21093215>
- Guamán Cango, M. del C. y Mejía Campoverde, L. H. (2023). Infertilidad asociada a endometriosis. Revisión bibliográfica. *Salud ConCiencia*, 2(2), e24. <https://doi.org/10.55204/scc.v2i2.e24>
- Karwacka, A., Zamkowska, D., Radwan, M. & Jurewicz, J. (2019). Exposure to modern, widespread environmental endocrine disrupting chemicals and their effect on the reproductive potential of women: an overview of current epidemiological evidence. *Human fertility (Cambridge, England)*, 22(1), 2–25. <https://doi.org/10.1080/14647273.2017.1358828>
- Kawa, I. A., Akbar Masood, Fatima, Q., Mir, S. A., Jeelani, H., Manzoor, S. & Rashid, F. (2021). Endocrine disrupting chemical Bisphenol A and its potential effects on female health. *Diabetes Metabolic syndrome*, 15(3), 803–811. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2021.03.031>

- Kyvsgaard, J. N., Chawes, B. L., Horner, D. L. G., Hesselberg, L. M., Melgaard, M. E., Jensen, S. K., Schoos, A. M., Thorsen, J., Pedersen, C. T., Brustad, N., Bønnelykke, K., Bisgaard, H., & Stokholm, J. (2023). Risk Factors and Age-Related Patterns of Asthma-Like Symptoms in Early Childhood. *The journal of allergy and clinical immunology. In practice*, 11(6), 1773–1784.e10. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2023.02.031>
- Li, Q., Zheng, D., Wang, Y., Li, R., Wu, H., Xu, S., Kang, Y., Cao, Y., Chen, X., Zhu, Y., Xu, S., Chen, Z. J., Liu, P., & Qiao, J. (2021). Association between exposure to airborne particulate matter less than 2.5 µm and human fecundity in China. *Environment international*, 146, 106231. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106231>
- Lin, J., Lin, X., Qiu, J., You, X., & Xu, J. (2023). Association between heavy metals exposure and infertility among American women aged 20-44 years: A cross-sectional analysis from 2013 to 2018 NHANES data. *Frontiers in public health*, 11, 1122183. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1122183>
- Martínez Bebiá, M. (2022). *Valoración nutricional y su relación con la exposición a disruptores hormonales en población universitaria del sur de España*. [Tesis doctoral, Universidad de Murcia]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=315269>
- Morocho Quinchuela, F., Valverde González, C. y Sánchez Garrido, A. (2023). Asociación del bajo peso al nacer con la prematuridad, el hábito de fumar, la infección y la hemorragia. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 42(2). <https://revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/2994>
- Navarro Lafuente, F. (2023). *Exposición materna a disruptores endocrinos no persistentes y biomarcadores de salud perinatal*. [Tesis doctoral, Universidad de Murcia]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=317131>
- Organización Mundial de la Salud (2013). *Nuevo informe sobre las sustancias químicas que perturban la función endocrina*. <https://www.who.int/es/news/item/19-02-2013-effects-of-human-exposure-to-hormone-disrupting-chemicals-examined-in-landmark-un-report>
- Piazza, M. J. & Urbanetz, A. A. (2019). Environmental toxins and the impact of other endocrine disrupting chemicals in women's reproductive health. *JBRA assisted reproduction*, 23(2), 154–164. <https://doi.org/10.5935/1518-0557.20190016>
- Rattan, S. & Flaws, J. A. (2019). The epigenetic impacts of endocrine disruptors on female reproduction across generations. *Biology of reproduction*, 101(3), 635–644. <https://doi.org/10.1093/biolre/iox081>

- Rodríguez Bautista, E. y Rodríguez Charry, L. (2022). *Disruptores endocrinos presentes en perfumes y su efecto en la salud humana*. [Tesis de pregrado, Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca]. <https://repositorio.unicolmayor.edu.co/bitstream/handle/unicolmayor/6519/MONO%20GRAFIA%20DE%20PERFUES%20ULTIMA%20VERSION.pdf?sequence=11&isAllowed=y>
- Wang, B., Zhou, W., Zhu, W., Chen, L., Wang, W., Tian, Y., Shen, L. & Zhang, J. (2018). Associations of female exposure to bisphenol A with fecundability: Evidence from a preconception cohort study. *Environment International*, 117, 139-145. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.05.003>
- Wesselink, A. K., Kirwa, K., Hatch, E. E., Hystad, P., Szpiro, A., Kaufman, J., Levy, J., Mikkelsen, E., Quraishi, S., Rothman, K. & Wise, L. (2020). Residential proximity to major roads and fecundability in a preconception cohort. *Environmental Epidemiology*, 4(6), e112. <https://10.1097/EE9.000000000000112>
- Wu, C., Xin, X. & Chen, J. (2023). Vitamin D Intake Attenuated the Association between Pesticides Exposure and Female Infertility. *Clinical laboratory*, 69(9). <https://doi.org/10.7754/Clin.Lab.2023.230201>
- Xiufang, G., Shuang, K., Rongwei, X. & Ming, C. (2020). Environment-Friendly Removal Methods for Endocrine Disrupting Chemicals. *Sustainability MDPI*, 12(18), 7615. <https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v12y2020i18p7615-d414078.html>
- Zúñiga-Venegas, L., Saracini, C., Pancetti, F., Muñoz-Quezada, M. T., Lucero, B., Foerster, C. y Cortés, S. (2021). Exposición a plaguicidas en Chile y salud poblacional: urgencia para la toma de decisiones. *Gaceta Sanitaria*, 35(5), 480-487. <https://dx.doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.04.020>

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de autores: Los autores participaron en la búsqueda y análisis de la información para el artículo, así como en su diseño y redacción.