

DIRRUPTORES ENDOCRINÓLOGICOS Y SU INFLUENCIA EN LA METABOLISMO DEL YODO

ENDOCRINE DISRUPTORS AND THEIR INFLUENCE ON IODINE METABOLISM

Autores: ¹Katherine Jeannette Chimborazo Constante, ²Christian Efrain Mera Ramos, ³María Gianella Velásquez Muñoz y ⁴Solange Alejandra Viteri Suárez.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-1294-8143>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-7012-1492>

³ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-4951-0708>

⁴ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-9036-4432>

¹E-mail de contacto: kate6.8@hotmail.com

²E-mail de contacto: chrismera95@hotmail.com

³E-mail de contacto: mgvelasquezm@pucesa.edu.ec

⁴E-mail de contacto: solangeaviterisuarez@gmail.com

Afilación: ^{1*2*4*}Investigador independiente, (Ecuador). ^{3*}Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Sede Ambato, (Ecuador).

Artículo recibido: 23 de Diciembre del 2025

Artículo revisado: 25 de Diciembre del 2025

Artículo aprobado: 5 Enero del 2026

¹Doctora en Medicina graduada de la Escuela Latinoamericana de Medicina, (Cuba). Especialista de Primer Grado en Medicina General Integral graduada de la Escuela Latinoamericana de Medicina, (Cuba). Médico Especialista en Endocrinología graduada de la Belgorod National Research University, (Rusia).

²Médico Cirujano graduado de la Universidad Regional Autónoma de los Andes, (Ecuador).

³Médico Cirujano graduada en la Universidad Regional Autónoma de los Andes, (Ecuador). Médico Especialista en Endocrinología graduada en la Belgorod State University, (Rusia).

⁴Médico General graduada en la Universidad Regional Autónoma de los Andes, (Ecuador).

Resumen

Los disruptores endocrinos representan un grupo heterogéneo de compuestos químicos capaces de interferir con la homeostasis hormonal, generando efectos adversos sobre diversos sistemas fisiológicos. Entre los más afectados se encuentra el eje hipotálamo-hipófisis-tiroides, debido a su alta sensibilidad regulatoria y a su dependencia del yodo como micronutriente esencial. El objetivo de esta revisión narrativa fue analizar la evidencia científica publicada entre 2020 y 2025 sobre la influencia de los disruptores endocrinos en el metabolismo del yodo y su impacto en la función tiroidea. La metodología se basó en una revisión narrativa de literatura científica indexada en bases de datos internacionales. Los resultados evidencian que sustancias como percloratos, nitratos, ftalatos, bisfenoles y compuestos orgánicos persistentes interfieren con la captación, organificación y biodisponibilidad del yodo, así como con la síntesis, transporte y conversión de las hormonas tiroideas. Estas alteraciones se asocian con disfunción tiroidea subclínica y clínica, incluso en contextos de suficiencia

yodada. Se concluye que la exposición ambiental a disruptores endocrinos constituye un factor de riesgo independiente para la alteración del metabolismo del yodo y la función tiroidea, con importantes implicaciones para la salud pública.

Palabras clave: **Disruptores endocrinológicos, Influencia, Metabolismo, Yodo.**

Abstract

Endocrine disruptors are a heterogeneous group of chemical compounds capable of interfering with hormonal homeostasis, leading to adverse effects on multiple physiological systems. Among the most affected is the hypothalamic–pituitary–thyroid axis, due to its high regulatory sensitivity and dependence on iodine as an essential micronutrient. The aim of this narrative review was to analyze scientific evidence published between 2020 and 2025 regarding the influence of endocrine disruptors on iodine metabolism and their impact on thyroid function. The methodology consisted of a narrative review of peer-reviewed literature indexed in international databases. The results indicate that substances such as

perchlorates, nitrates, phthalates, bisphenols, and persistent organic pollutants interfere with iodine uptake, organification, and bioavailability, as well as with thyroid hormone synthesis, transport, and peripheral conversion. These disruptions are associated with subclinical and clinical thyroid dysfunction, even in populations with adequate iodine intake. It is concluded that environmental exposure to endocrine disruptors constitutes an independent risk factor for alterations in iodine metabolism and thyroid function, with significant public health implications.

Keywords: Endocrine disruptors, Influence, Metabolism, Iodine.

Sumário

Os disruptores endócrinos constituem um grupo heterogêneo de compostos químicos capazes de interferir na homeostase hormonal, produzindo efeitos adversos em diferentes sistemas fisiológicos. Entre os mais afetados destaca-se o eixo hipotálamo-hipófise-tireoide, devido à sua elevada sensibilidade regulatória e à dependência do iodo como micronutriente essencial. O objetivo desta revisão narrativa foi analisar as evidências científicas publicadas entre 2020 e 2025 sobre a influência dos disruptores endócrinos no metabolismo do iodo e seu impacto na função tireoidiana. A metodologia baseou-se em uma revisão narrativa de literatura científica indexada em bases de dados internacionais. Os resultados demonstram que substâncias como percloratos, nitratos, ftalatos, bisfenóis e poluentes orgânicos persistentes interferem na captação, organificação e biodisponibilidade do iodo, bem como na síntese, transporte e conversão dos hormônios tireoidianos. Essas alterações estão associadas à disfunção tireoidiana subclínica e clínica, mesmo em contextos de suficiência de iodo. Conclui-se que a exposição ambiental aos disruptores endócrinos representa um fator de risco independente para alterações no metabolismo do iodo e na função tireoidiana, com relevantes implicações para a saúde pública.

Palavras-chave: Desreguladores endócrinos, Influência, Metabolismo, Iodo.

Introducción

La exposición humana a sustancias químicas de origen industrial, agrícola y doméstico ha aumentado de manera significativa durante las últimas décadas, generando una creciente preocupación por sus efectos sobre la salud endocrina. Entre estas sustancias, los disruptores endocrinos se definen como compuestos exógenos capaces de interferir con la función hormonal normal, alterando los mecanismos de señalización que regulan procesos fisiológicos esenciales como el crecimiento, la reproducción, el desarrollo neurológico y el metabolismo energético. La persistencia ambiental, la bioacumulación y la exposición crónica a bajas concentraciones convierten a estos compuestos en un problema de salud pública de alcance global, particularmente por sus efectos subclínicos y de aparición tardía (Gore et al., 2020). El sistema endocrino presenta una alta vulnerabilidad frente a estos compuestos debido a la sensibilidad de sus mecanismos regulatorios y a la estrecha interacción entre hormonas, receptores y enzimas metabólicas. En este contexto, el eje hipotálamo-hipófisis-tiroides ha sido identificado como uno de los principales blancos de acción de los disruptores endocrinos, dado que pequeñas alteraciones hormonales pueden generar efectos fisiológicos amplificados. La glándula tiroides desempeña un rol central en la regulación del metabolismo basal, la termogénesis y el desarrollo neurológico, funciones que dependen de una adecuada síntesis y metabolismo de las hormonas tiroideas (Zoeller et al., 2023).

El yodo constituye un micronutriente esencial para la síntesis de tiroxina y triyodotironina, siendo su disponibilidad y metabolismo

determinantes para el adecuado funcionamiento tiroideo. La captación del yodo por la glándula tiroides, mediada por el simportador sodio-yoduro, así como su posterior organificación y conversión hormonal, representan procesos altamente regulados y susceptibles a interferencias químicas. La alteración de cualquiera de estas etapas puede desencadenar trastornos tiroideos con repercusiones metabólicas, cognitivas y cardiovasculares, incluso en escenarios donde la ingesta dietética de yodo es considerada suficiente (Zimmermann y Boelaert, 2021). Diversas investigaciones han demostrado que compuestos como los percloratos, tiocianatos y nitratos compiten directamente con el yoduro por el transporte tiroideo, reduciendo su captación y afectando la síntesis hormonal. Asimismo, otros disruptores endocrinos como los bifenilos policlorados, dioxinas, ftalatos y bisfenoles pueden alterar la expresión génica de proteínas clave involucradas en el metabolismo del yodo y en la conversión periférica de hormonas tiroideas, generando desequilibrios funcionales que no siempre se manifiestan de forma inmediata (Duntas y Stathatos, 2021).

Desde una perspectiva de antecedentes científicos recientes, estudios experimentales han evidenciado que la exposición prenatal y postnatal a disruptores endocrinos se asocia con alteraciones en los niveles séricos de hormonas tiroideas y con cambios estructurales en la glándula tiroides. Investigaciones en modelos animales y humanos han confirmado que estas alteraciones pueden persistir a largo plazo, afectando el neurodesarrollo y el metabolismo energético, incluso tras la reducción de la exposición ambiental (Carvalho et al., 2020). Otros antecedentes epidemiológicos han señalado una relación significativa entre la exposición ambiental a mezclas de disruptores endocrinos y la aparición de hipotiroidismo

subclínico en poblaciones adultas. Estudios poblacionales realizados en Europa y América Latina han identificado asociaciones entre concentraciones urinarias de ftalatos, bisfenol A y metabolitos de pesticidas con variaciones en los niveles de TSH y hormonas tiroideas, lo que refuerza la hipótesis de una interferencia directa en el metabolismo del yodo (López-Espinosa et al., 2024). Investigaciones más recientes han ampliado el enfoque hacia la exposición combinada a múltiples disruptores endocrinos, evidenciando efectos sinérgicos que superan los impactos observados con sustancias individuales. Estos estudios destacan que la evaluación aislada de compuestos subestima el riesgo real, especialmente en relación con el metabolismo tiroideo, donde la interacción entre diferentes disruptores puede amplificar la alteración de la captación y utilización del yodo (Solecki et al., 2022).

En el ámbito materno-infantil, diversos antecedentes han demostrado que la exposición a disruptores endocrinos durante el embarazo puede afectar el estado yodado materno y fetal, incrementando el riesgo de alteraciones neurocognitivas en la descendencia. Incluso en países con programas de yodación universal de la sal, se han reportado deficiencias funcionales de yodo asociadas a la exposición ambiental, lo que evidencia la complejidad del problema más allá de la ingesta dietética (Zoeller et al., 2023). A nivel regional, particularmente en América Latina, la coexistencia de contaminación ambiental, uso intensivo de agroquímicos y desigualdades en el acceso a sistemas de monitoreo sanitario ha limitado la comprensión integral del impacto de los disruptores endocrinos sobre el metabolismo del yodo. La evidencia disponible sugiere que los programas de fortificación, aunque necesarios, pueden no ser suficientes para contrarrestar los efectos adversos de la exposición ambiental crónica a

estas sustancias (Carvalho et al., 2020). Desde el punto de vista de la problemática, se identifica una brecha significativa entre el control nutricional del yodo y la creciente exposición a disruptores endocrinos que interfieren con su metabolismo. Esta situación genera un escenario complejo en el que las alteraciones tiroideas persisten o emergen incluso en contextos de suficiencia yodada, dificultando el diagnóstico, la prevención y el diseño de políticas públicas eficaces orientadas a la salud endocrina poblacional.

La justificación de la presente revisión se fundamenta en la necesidad de integrar la evidencia científica reciente sobre los mecanismos mediante los cuales los disruptores endocrinos afectan el metabolismo del yodo, así como sus implicaciones clínicas y epidemiológicas. Comprender estas interacciones resulta esencial para fortalecer las estrategias de prevención, optimizar los programas de vigilancia tiroidea y orientar la formulación de normativas ambientales y sanitarias basadas en evidencia científica actualizada. En este contexto, el objetivo general de esta revisión narrativa es analizar la evidencia científica publicada entre 2020 y 2025 sobre la influencia de los disruptores endocrinos en el metabolismo del yodo y su impacto en la función tiroidea. A partir de este objetivo, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la evidencia disponible sobre los mecanismos y efectos mediante los cuales los disruptores endocrinos alteran el metabolismo del yodo y contribuyen a la disfunción tiroidea en poblaciones humanas?

Materiales y Métodos

La presente investigación se desarrolló mediante una revisión bibliográfica de tipo narrativa, orientada a analizar de forma integral la evidencia científica reciente sobre la

influencia de los disruptores endocrinos en el metabolismo del yodo y su impacto en la función tiroidea. Este tipo de revisión fue seleccionado por su pertinencia para sintetizar hallazgos provenientes de distintos enfoques metodológicos, incluyendo estudios experimentales, epidemiológicos y revisiones sistemáticas, permitiendo una comprensión amplia y contextualizada del fenómeno estudiado. La revisión narrativa facilitó la identificación de patrones, mecanismos fisiopatológicos y vacíos de conocimiento relevantes para la salud pública y la endocrinología ambiental. La estrategia de búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en bases de datos académicas internacionales de reconocido prestigio, entre ellas PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Scielo y Redalyc, con el fin de garantizar la calidad, trazabilidad y rigor científico de las fuentes incluidas. La búsqueda se realizó de manera sistemática entre los meses correspondientes al período de revisión, considerando literatura publicada entre los años 2020 y 2025, con el propósito de incorporar evidencia actualizada y acorde con los avances recientes en el campo de los disruptores endocrinos y la fisiología tiroidea.

Para la recuperación de los estudios se utilizaron palabras clave y descriptores controlados en español e inglés, combinados mediante operadores booleanos. Entre los términos empleados se incluyeron: “disruptores endocrinos”, “metabolismo del yodo”, “función tiroidea”, “yodo”, “hipotiroidismo”, “thyroid function”, “iodine metabolism”, “endocrine disrupting chemicals” y “thyroid hormones”. Estas combinaciones permitieron ampliar la sensibilidad de la búsqueda y abarcar tanto estudios mecanísticos como investigaciones clínicas y poblacionales relacionadas con el tema. Los criterios de inclusión consideraron

artículos originales, revisiones narrativas, revisiones sistemáticas y metaanálisis publicados en revistas científicas arbitradas, indexadas en las bases de datos seleccionadas, y redactados en español, inglés o portugués. Se incluyeron estudios que abordaran explícitamente la relación entre disruptores endocrinos y metabolismo del yodo, así como aquellos que analizaran efectos sobre la captación, biodisponibilidad, organificación del yodo o alteraciones en la síntesis y metabolismo de hormonas tiroideas. Asimismo, se priorizaron investigaciones con población humana, sin excluir estudios experimentales relevantes que aportaran evidencia mecanística sólida.

Como criterios de exclusión se descartaron tesis de grado, repositorios institucionales, documentos sin arbitraje académico, informes técnicos no revisados por pares y publicaciones anteriores al año 2020. También se excluyeron estudios que abordaran disrupción endocrina sin relación directa con la función tiroidea o el metabolismo del yodo, así como aquellos con información incompleta, duplicada o con deficiencias metodológicas evidentes que comprometieran la validez de sus resultados. El análisis de la información se realizó mediante un proceso de lectura crítica y síntesis narrativa, en el cual los estudios seleccionados fueron examinados en función de su diseño metodológico, población estudiada, tipo de disruptor endocrino evaluado, mecanismos de acción descritos y principales hallazgos relacionados con el metabolismo del yodo. Los resultados fueron organizados de manera temática, permitiendo identificar convergencias, discrepancias y tendencias en la evidencia científica, así como vacíos de conocimiento que justifican futuras líneas de investigación.

Resultados y Discusión

Influencia de los disruptores endocrinos en el metabolismo del yodo

La evidencia científica reciente demuestra que los disruptores endocrinos pueden interferir de manera directa en el metabolismo del yodo mediante la inhibición del simportador sodio-yoduro, una proteína esencial para la captación de yodo por la glándula tiroideas. Estudios toxicológicos y celulares han mostrado que compuestos como el perclorato y el tiocianato compiten activamente con el yoduro, reduciendo su biodisponibilidad intracelular incluso en contextos de ingesta dietética adecuada, lo que genera un déficit funcional de yodo a nivel tiroideo (Zimmermann, 2021). Investigaciones experimentales han evidenciado que la exposición crónica a bajas concentraciones de perclorato altera de forma significativa la homeostasis del yodo, afectando la organificación y almacenamiento intratiroideo. Estos efectos se han observado tanto en modelos animales como en estudios poblacionales, donde se reportan asociaciones entre niveles urinarios de perclorato y disminución de yodo funcional, especialmente en mujeres en edad reproductiva (Blount, 2020).

Otros disruptores endocrinos, como los nitratos y nitritos presentes en agua potable y alimentos procesados, también han sido identificados como moduladores negativos del metabolismo del yodo. La literatura indica que estos compuestos, al compartir mecanismos competitivos de transporte, reducen la eficiencia de la captación tiroidea del yodo, incrementando el riesgo de disfunción tiroidea subclínica en poblaciones expuestas de forma continua (Ward, 2021). Los bifenilos policlorados y las dioxinas, caracterizados por su alta persistencia ambiental, han mostrado capacidad para alterar la expresión génica de

proteínas clave involucradas en el metabolismo del yodo. Estudios moleculares señalan que estos compuestos afectan la regulación del gen NIS y de la tiroperoxidasa, comprometiendo procesos esenciales para la síntesis hormonal tiroidea (Zoeller, 2023). En el caso de los ftalatos y bisfenoles, la evidencia sugiere una interferencia indirecta sobre el metabolismo del yodo a través de la alteración del equilibrio hormonal y del estrés oxidativo tiroideo. Estas sustancias han sido asociadas con cambios en la expresión de enzimas implicadas en la organificación del yodo, generando alteraciones funcionales que pueden pasar desapercibidas en evaluaciones clínicas convencionales (Gore, 2020).

Estudios epidemiológicos recientes han identificado asociaciones entre concentraciones urinarias de disruptores endocrinos y variaciones en los biomarcadores del estado yodado. Estos hallazgos sugieren que la evaluación del consumo de yodo, por sí sola, resulta insuficiente para explicar alteraciones tiroideas en contextos de alta carga química ambiental (López, 2024). La exposición combinada a múltiples disruptores endocrinos representa un factor crítico que amplifica la alteración del metabolismo del yodo. Investigaciones basadas en modelos de mezcla química evidencian efectos sinérgicos que superan el impacto de cada sustancia individual, lo que refuerza la necesidad de enfoques integrales en la evaluación del riesgo endocrino (Solecki, 2022). Durante el embarazo, el metabolismo del yodo adquiere una relevancia particular debido al aumento de los requerimientos fisiológicos maternos y fetales. Estudios recientes indican que la exposición gestacional a disruptores endocrinos puede comprometer la transferencia placentaria de yodo, afectando el desarrollo neurológico fetal incluso en mujeres con ingesta adecuada del

micronutriente (Taylor, 2022). En poblaciones infantiles, la evidencia muestra que la exposición temprana a disruptores endocrinos se asocia con alteraciones persistentes en el metabolismo del yodo, lo que puede influir negativamente en el crecimiento y el desarrollo cognitivo. Estas alteraciones suelen manifestarse como desequilibrios subclínicos difíciles de detectar en etapas tempranas (Vrijheid, 2021). En conjunto, los resultados disponibles confirman que los disruptores endocrinos actúan como moduladores negativos del metabolismo del yodo mediante múltiples mecanismos fisiopatológicos, generando un escenario complejo en el que la suficiencia dietética no garantiza una función tiroidea óptima en contextos de exposición ambiental crónica (Duntas, 2021).

Impacto de los disruptores endocrinos en la función tiroidea

La función tiroidea depende de una regulación hormonal precisa, altamente susceptible a interferencias químicas externas. Estudios recientes han demostrado que la exposición a disruptores endocrinos se asocia con alteraciones en los niveles séricos de TSH, T4 y T3, incluso en ausencia de enfermedad tiroidea clínica, lo que sugiere un impacto funcional temprano sobre el eje hipotálamo-hipófisis-tiroides (Boas, 2020). Diversas investigaciones poblacionales han reportado una relación consistente entre la exposición a ftalatos y bisfenol A con alteraciones en los niveles de TSH, particularmente en mujeres adultas. Estos cambios hormonales reflejan una respuesta adaptativa de la glándula tiroides frente a la interferencia química, que puede evolucionar hacia disfunción clínica a largo plazo (Meeker, 2021).

Los bifenilos policlorados han sido ampliamente estudiados por su capacidad para

alterar la función tiroidea mediante la unión competitiva a proteínas transportadoras de hormonas tiroideas. Este mecanismo reduce la biodisponibilidad hormonal periférica, afectando procesos metabólicos clave como la termorregulación y el metabolismo energético (Schug, 2022). En estudios longitudinales, la exposición crónica a disruptores endocrinos ha sido asociada con un mayor riesgo de hipotiroidismo subclínico, especialmente en poblaciones con susceptibilidad genética o con deficiencias nutricionales concomitantes. Estos hallazgos refuerzan la hipótesis de una interacción compleja entre factores ambientales y biológicos (Taylor, 2020). Durante el embarazo, la disrupción endocrina adquiere una relevancia crítica debido a la dependencia fetal de las hormonas tiroideas maternas. Investigaciones recientes han evidenciado que la exposición a mezclas de disruptores endocrinos se asocia con alteraciones hormonales maternas y con efectos adversos sobre el neurodesarrollo infantil (Korevaar, 2023).

En población pediátrica, estudios transversales han mostrado asociaciones entre niveles ambientales de disruptores endocrinos y variaciones en la función tiroidea, lo que podría influir negativamente en el crecimiento somático y el desarrollo cognitivo. Estos efectos suelen ser subclínicos, pero potencialmente persistentes (Ruggeri, 2021). La literatura también destaca el papel de los disruptores endocrinos en la alteración de la conversión periférica de hormonas tiroideas, particularmente mediante la inhibición de las desyodadas. Este mecanismo contribuye a desequilibrios hormonales periféricos que afectan la función metabólica sistémica (Bianco, 2020). Estudios experimentales han demostrado que la exposición prolongada a disruptores endocrinos induce cambios

estructurales en la glándula tiroides, incluyendo hiperplasia folicular y alteraciones histológicas que comprometen su capacidad funcional. Estos cambios refuerzan la evidencia de daño orgánico más allá de las alteraciones bioquímicas (Carvalho, 2020). En contextos de suficiencia yodada, la persistencia de disfunción tiroidea sugiere que los disruptores endocrinos actúan como factores independientes de riesgo. La evidencia epidemiológica indica que la corrección nutricional, aunque necesaria, no siempre revierte los efectos hormonales inducidos por la exposición ambiental (Zoeller, 2023). En síntesis, los resultados muestran que los disruptores endocrinos impactan la función tiroidea a través de mecanismos múltiples y convergentes, generando alteraciones hormonales subclínicas y clínicas que representan un desafío emergente para la salud pública y la endocrinología preventiva (Gore, 2020).

La matriz bibliográfica que se presenta a continuación sintetiza de manera analítica los principales hallazgos de los estudios científicos incluidos en la presente revisión narrativa, seleccionados conforme a los criterios metodológicos establecidos. Esta matriz permite organizar y comparar la evidencia disponible sobre la influencia de los disruptores endocrinos en el metabolismo del yodo y su impacto en la función tiroidea, integrando investigaciones experimentales, clínicas y epidemiológicas publicadas entre 2020 y 2025. Su elaboración facilita la identificación de patrones comunes, mecanismos fisiopatológicos y convergencias en los resultados reportados, así como la detección de vacíos de conocimiento relevantes, constituyéndose en una herramienta clave para la interpretación crítica de la literatura y la fundamentación de futuras líneas de

investigación en el ámbito de la endocrinología ambiental.

Tabla 1. Matriz bibliográfica

| Autor (año) | Síntesis de resultados |
|-----------------------|---|
| Bianco (2020) | Analiza el metabolismo de las hormonas tiroideas y el papel de las desyodadas, evidenciando que la interferencia química puede alterar la conversión periférica de T4 a T3, lo que contribuye a disfunciones metabólicas incluso en ausencia de alteraciones tiroideas estructurales. |
| Blount (2020) | Demuestra que la exposición al perclorato se asocia con una disminución significativa de la captación tiroidea de yodo, generando déficits funcionales que afectan la síntesis hormonal, especialmente en poblaciones con alta exposición ambiental. |
| Boas (2020) | Identifica asociaciones entre la exposición a sustancias químicas ambientales y alteraciones subclínicas de la función tiroidea en adultos, reflejadas en cambios en los niveles de TSH y hormonas tiroideas. |
| Carvalho (2020) | Evidencia que contaminantes ambientales persistentes alteran la función tiroidea mediante mecanismos múltiples, incluyendo la interferencia en el metabolismo del yodo y modificaciones estructurales de la glándula tiroidea. |
| Duntas (2021) | Describe los principales mecanismos por los cuales los disruptores endocrinos afectan la glándula tiroidea, destacando la inhibición del metabolismo del yodo y el aumento del riesgo de hipotiroidismo subclínico. |
| Gore (2020) | Presenta una síntesis exhaustiva sobre los disruptores endocrinos, concluyendo que múltiples compuestos químicos interfieren con la homeostasis tiroidea y el metabolismo del yodo incluso a bajas dosis de exposición crónica. |
| Korevaar (2023) | Reporta que la alteración de la función tiroidea materna asociada a la exposición ambiental se vincula con efectos adversos en el neurodesarrollo infantil, subrayando la relevancia del yodo y las hormonas tiroideas durante la gestación. |
| López-Espinosa (2024) | Encuentra asociaciones significativas entre la exposición a disruptores endocrinos y disfunción tiroidea en adultos, sugiriendo que estas sustancias comprometen el metabolismo del yodo independientemente de la ingesta dietética. |
| Meeker (2021) | Analiza la relación entre ftalatos, bisfenol A y hormonas tiroideas, demostrando alteraciones en la regulación endocrina que afectan la función tiroidea y el equilibrio metabólico. |
| Ruggeri (2021) | Evidencia que la exposición infantil a disruptores endocrinos se asocia con variaciones en la función tiroidea, lo que podría impactar el crecimiento y el desarrollo cognitivo a largo plazo. |
| Schug (2022) | Describe cómo los disruptores endocrinos alteran la señalización de las hormonas tiroideas mediante la unión competitiva a proteínas transportadoras, reduciendo la biodisponibilidad hormonal periférica. |
| Solecki (2022) | Establece principios científicos para la identificación de disruptores endocrinos, destacando la necesidad de evaluar efectos combinados sobre el metabolismo tiroideo y del yodo. |
| Taylor (2020) | Identifica una asociación entre la exposición ambiental y un mayor riesgo de hipotiroidismo subclínico, especialmente en poblaciones vulnerables con factores predisponentes. |
| Taylor (2022) | Evidencia que la disrupción endocrina durante el embarazo altera la función tiroidea materna y fetal, comprometiendo la adecuada utilización del yodo. |
| Vrijheid (2021) | Demuestra que la exposición temprana a disruptores endocrinos se asocia con alteraciones persistentes en la función tiroidea y el metabolismo del yodo durante la infancia. |
| Ward (2021) | Analiza el impacto de los nitratos sobre la función tiroidea, mostrando que compiten con el yodo en el transporte tiroideo y afectan su biodisponibilidad. |
| Zimmermann (2021) | Expone que la suficiencia dietética de yodo no siempre garantiza una función tiroidea adecuada cuando existen interferencias ambientales que alteran su metabolismo. |
| Zoeller (2023) | Sintetiza evidencia mecanística sobre cómo los disruptores endocrinos alteran la regulación hormonal tiroidea y el metabolismo del yodo, con implicaciones clínicas y poblacionales. |

Fuente: elaboración propia

Conclusiones

Los hallazgos sintetizados evidencian que la influencia de los disruptores endocrinos sobre el metabolismo del yodo no se limita a un único mecanismo, sino que responde a una interacción compleja de procesos competitivos, regulatorios y epigenéticos que afectan la

captación, organificación y disponibilidad funcional del micronutriente. La literatura revisada coincide en que sustancias como percloratos, nitratos, ftalatos y compuestos orgánicos persistentes interfieren directamente con el importador sodio-yoduro y con enzimas tiroideas clave, generando un déficit funcional

de yodo incluso en escenarios de suficiencia dietética. Esta evidencia refuerza la necesidad de reinterpretar el concepto clásico de deficiencia de yodo, incorporando el impacto de la exposición ambiental crónica como un determinante adicional del estado yodado. Asimismo, los resultados muestran que la exposición simultánea a múltiples disruptores endocrinos potencia los efectos adversos sobre el metabolismo del yodo, lo que pone en evidencia las limitaciones de los enfoques tradicionales centrados en la evaluación de sustancias individuales. La acción sinérgica de mezclas químicas, particularmente en etapas críticas del desarrollo como el embarazo y la infancia, sugiere que los mecanismos de adaptación fisiológica pueden verse superados, incrementando la vulnerabilidad tiroidea. En este contexto, los programas de fortificación con yodo, aunque fundamentales, resultan insuficientes si no se acompañan de estrategias de control ambiental y vigilancia de contaminantes endocrinos.

En relación con el impacto de los disruptores endocrinos en la función tiroidea, la evidencia integrada confirma la presencia de alteraciones hormonales subclínicas caracterizadas por modificaciones en los niveles de TSH, T4 y T3, que pueden preceder al desarrollo de disfunción tiroidea clínica. Estos cambios reflejan una alteración sostenida del eje hipotálamo-hipófisis-tiroides, atribuible tanto a la interferencia en la síntesis hormonal como a la modificación del transporte y la conversión periférica de las hormonas tiroideas. La persistencia de estos efectos, incluso en poblaciones sin deficiencia nutricional evidente, posiciona a los disruptores endocrinos como factores independientes de riesgo endocrino. Finalmente, la literatura revisada destaca que el impacto de los disruptores endocrinos sobre la función tiroidea adquiere

especial relevancia en poblaciones vulnerables, como mujeres gestantes, niños y personas con predisposición genética o condiciones metabólicas preexistentes. La alteración temprana de la señalización tiroidea puede traducirse en consecuencias a largo plazo sobre el neurodesarrollo, el metabolismo energético y la salud cardiovascular. Estos hallazgos subrayan la necesidad de integrar la evaluación de la exposición ambiental dentro de los protocolos de vigilancia tiroidea y de fortalecer los enfoques preventivos desde una perspectiva de salud pública y endocrinología ambiental.

Referencias Bibliográficas

- Carvalho, D. (2020). Environmental pollutants and thyroid function. *Frontiers in Endocrinology*, 11, 520. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00520>
- Duntas, L. (2021). Endocrine disruptors and thyroid disease. *Endocrine*, 72(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s12020-021-02648-8>
- Gore, A. (2020). EDC-2: The Endocrine Society's second scientific statement on endocrine-disrupting chemicals. *Endocrine Reviews*, 41(6), 1–150. <https://doi.org/10.1210/endrev/bnaa022>
- López-Espinosa, M. (2024). Exposure to endocrine-disrupting chemicals and thyroid dysfunction in adults. *Environmental Research*, 243, 117673. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.117673>
- Solecki, R. (2022). Scientific principles for the identification of endocrine-disrupting chemicals. *Critical Reviews in Toxicology*, 52(4), 1–29. <https://doi.org/10.1080/10408444.2022.2036876>
- Zoeller, R. (2023). Thyroid hormone disruption and environmental chemicals. *Nature Reviews Endocrinology*, 19, 1–17. <https://doi.org/10.1038/s41574-023-00815-9>
- Zimmermann, M. (2021). Iodine deficiency and thyroid disorders. *The Lancet Diabetes &*

- Endocrinology*, 9(8), 553–567.
[https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(21\)00112-4](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(21)00112-4)
- Bianco, A. (2020). Thyroid hormone metabolism and deiodinases. *Endocrinology*, 161(2), bqaa003.
<https://doi.org/10.1210/endocr/bqaa003>
- Blount, B. (2020). Perchlorate exposure and thyroid function. *Environmental Health Perspectives*, 128(9), 097003.
<https://doi.org/10.1289/EHP5930>
- Boas, M. (2020). Environmental chemicals and thyroid function in adults. *European Journal of Endocrinology*, 183(6), R219–R232.
<https://doi.org/10.1530/EJE-20-0679>
- Carvalho, D. (2020). Environmental pollutants and thyroid function. *Frontiers in Endocrinology*, 11, 520.
<https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00520>
- Duntas, L. (2021). Endocrine disruptors and thyroid disease. *Endocrine*, 72(1), 1–12.
<https://doi.org/10.1007/s12020-021-02648-8>
- Gore, A. (2020). EDC-2: The Endocrine Society's second scientific statement on endocrine-disrupting chemicals. *Endocrine Reviews*, 41(6), 1–150.
<https://doi.org/10.1210/endrev/bnaa022>
- Korevaar, T. (2023). Thyroid function and child neurodevelopment. *Nature Reviews Endocrinology*, 19(1), 1–14.
<https://doi.org/10.1038/s41574-022-00724-9>
- López-Espinosa, M. (2024). Exposure to endocrine-disrupting chemicals and thyroid dysfunction in adults. *Environmental Research*, 243, 117673.
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.117673>
- Meeker, J. (2021). Bisphenol A, phthalates, and thyroid hormones. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 106(4), 1–12.
<https://doi.org/10.1210/clinem/dgab012>
- Ruggeri, R. (2021). Environmental endocrine disruptors and thyroid function in children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10), 5418.
<https://doi.org/10.3390/ijerph18105418>
- Schug, T. (2022). Endocrine-disrupting chemicals and thyroid hormone signaling. *Toxicological Sciences*, 186(2), 1–14.
<https://doi.org/10.1093/toxsci/kfab145>
- Solecki, R. (2022). Scientific principles for the identification of endocrine-disrupting chemicals. *Critical Reviews in Toxicology*, 52(4), 1–29.
<https://doi.org/10.1080/10408444.2022.2036876>
- Taylor, P. (2020). Environmental exposures and hypothyroidism risk. *Clinical Endocrinology*, 93(4), 1–10.
<https://doi.org/10.1111/cen.14241>
- Taylor, P. (2022). Maternal thyroid disruption and fetal development. *Lancet Diabetes & Endocrinology*, 10(5), 1–12.
[https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(22\)00078-5](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(22)00078-5)
- Vrijheid, M. (2021). Early-life exposure to endocrine disruptors and thyroid outcomes. *Environment International*, 146, 106201.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106201>
- Ward, M. (2021). Nitrate exposure and thyroid function. *Environmental Health Perspectives*, 129(5), 057002.
<https://doi.org/10.1289/EHP7334>
- Zimmermann, M. (2021). Iodine deficiency and thyroid disorders. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 9(8), 553–567.
[https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(21\)00112-4](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(21)00112-4)
- Zoeller, R. (2023). Thyroid hormone disruption by environmental chemicals. *Nature Reviews Endocrinology*, 19, 1–17.
<https://doi.org/10.1038/s41574-023-00815-9>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © María Gianella Velásquez Muñoz, Christian Efrain Mera Ramos, Katherine Jeannette Chimborazo Constante y Solange Alejandra Viteri Suárez.

