

Metabolic Impact of Pesticides on the Development of Obesity and Diabetes

Impacto metabólico de los pesticidas en el desarrollo de obesidad y diabetes

Autores:

Barona-Freire, Selene
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
Interna de Medicina
Ambato – Ecuador



sbarona6477@uta.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-0406-2781>

Dr. Recalde-Navarrete, Ricardo
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
Docente/Tutor
Ambato – Ecuador



rj.recalde@uta.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0001-5896-605X>

Fechas de recepción: 20-ENE-2024 aceptación: 26-FEB-2024 publicación: 15-MAR-2024



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>

Resumen

Introducción: La obesidad y la diabetes mellitus tipo 2 (DM2) representan entidades patológicas crónicas de creciente incidencia global, cuya etiología es multifactorial, abarcando desde el estilo de vida hasta factores ambientales. Entre estos últimos, la exposición a pesticidas ha despertado un interés científico notable, sugiriendo una asociación potencial con alteraciones metabólicas.

Objetivo: Evaluar la evidencia disponible en la literatura científica sobre el impacto metabólico de los pesticidas en el desarrollo de obesidad y DM2.

Metodología: Se realizó una revisión exhaustiva de la literatura, seleccionando estudios observacionales, ensayos clínicos y metaanálisis desde bases de datos biomédicas hasta el año 2023. Los criterios de inclusión comprendieron estudios en humanos y modelos animales que evaluaron el efecto de la exposición a pesticidas en parámetros metabólicos relacionados con la obesidad y la DM2.

Resultados: La síntesis de la evidencia señaló que la exposición a pesticidas se asocia con disrupción endocrina, promoviendo adipogénesis y resistencia a la insulina. Los análisis epidemiológicos correlacionan la presencia de residuos de pesticidas con incrementos en la prevalencia de obesidad y DM2. Los modelos animales respaldan estos hallazgos, mostrando alteraciones en el metabolismo lipídico y glucídico tras la exposición a pesticidas.

Conclusiones: Los pesticidas emergen como factores de riesgo ambientales significativos para la disfunción metabólica, potenciando el desarrollo de obesidad y DM2. Esta asociación apunta a la necesidad de establecer políticas regulatorias más estrictas y desarrollar estrategias de intervención para minimizar la exposición a pesticidas en poblaciones de riesgo.

Palabras Clave: Pesticidas; Obesidad; Diabetes; Síndrome metabólico; Obesogénicos

Abstract

Introduction: Obesity and type 2 diabetes mellitus (T2DM) represent chronic pathological entities with increasing global incidence, whose etiology is multifactorial, ranging from lifestyle to environmental factors. Among the latter, exposure to pesticides has aroused notable scientific interest, suggesting a potential association with metabolic alterations.

Objective: To evaluate the available evidence in the scientific literature regarding the metabolic impact of pesticides on the development of obesity and T2DM.

Methodology: A comprehensive literature review was conducted, selecting observational studies, clinical trials, and meta-analyses from biomedical databases up to the year 2023.

Inclusion criteria comprised studies in humans and animal models evaluating the effect of pesticide exposure on metabolic parameters related to obesity and T2DM.

Results: Synthesis of the evidence indicated that pesticide exposure is associated with endocrine disruption, promoting adipogenesis and insulin resistance. Epidemiological analyses correlate the presence of pesticide residues with increases in the prevalence of obesity and T2DM. Animal models support these findings, showing alterations in lipid and carbohydrate metabolism following pesticide exposure.

Conclusions: Pesticides emerge as significant environmental risk factors for metabolic dysfunction, enhancing the development of obesity and T2DM. This association highlights the need to establish stricter regulatory policies and develop intervention strategies to minimize pesticide exposure in at-risk populations.

Keywords: Pesticides; Obesity; Diabetes; Metabolic syndrome; Obesogens

Introducción

El impacto metabólico de los pesticidas representa un área de investigación en expansión, focalizada en las repercusiones de estos agentes químicos en la prevalencia de afecciones como la obesidad y la diabetes. Los pesticidas, que incluyen herbicidas, insecticidas y fungicidas, son ampliamente utilizados en la agricultura y entornos urbanos. Su papel como potenciales disruptores endocrinos y obesogénicos ha generado preocupación debido a la evidencia que sugiere su implicación en la alteración del metabolismo lipídico y glucídico, conduciendo a estados de resistencia a la insulina y variación en la homeostasis energética (Mostafalou & Abdollahi, 2013). La obesidad y DM 2 se caracterizan por un índice de masa corporal (IMC) superior a 30 kg/m² y una desregulación en el metabolismo de la glucosa, respectivamente. Estas patologías comparten factores de riesgo y mecanismos patogénicos, a menudo coexistiendo en lo que se denomina el síndrome metabólico (Lee et al., 2007).

La exposición crónica a pesticidas ha sido asociada con un conjunto de manifestaciones clínicas que incluyen aumento del tejido adiposo central, hiperglucemia, y un perfil lipídico alterado. Estas manifestaciones pueden traducirse clínicamente en síntomas de fatiga, sed excesiva, poliuria, y en algunos casos, acantosis nigricans, un marcador de resistencia a la insulina (González et al., 2022). A largo plazo, la exposición puede aumentar el riesgo de patologías cardiovasculares, neuropatías y retinopatías como complicaciones de la DM2 (Fontalvo et al., 2020).

Los determinantes de riesgo para la obesidad y la DM2 incluyen la genética, dieta, actividad física, y exposición a factores ambientales como los pesticidas. La exposición ocupacional o dietética a pesticidas ha sido identificada como un factor de riesgo particularmente preocupante debido a su capacidad para actuar como disruptores endocrinos, interfiriendo con la señalización hormonal y promoviendo el almacenamiento de grasa (Olea, 2019) (Tejera, 2019).

La obesidad y la DM2 son patologías crónicas con una prevalencia en ascenso que afecta a millones a nivel mundial, constituyendo una considerable carga de salud pública. De acuerdo con información de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2016, se registraron más de 1.900 millones de adultos con exceso de peso, de los cuales más de 650 millones fueron catalogados como obesos. Adicionalmente, se calculó que en 2019 aproximadamente 463 millones de adultos a nivel global padecían de diabetes. Estas cifras son reflejo de una tendencia alarmante que se replica a nivel regional. En América Latina, la prevalencia de ambas patologías ha aumentado significativamente, con la Organización Panamericana de la Salud (OPS) reportando en 2016 que el 24,1% de la población senil sufría de obesidad y un 8,4% de diabetes. Este panorama se extiende hasta Ecuador, donde la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018 (ENSANUT) reveló que el 22,2% de los adultos presentaba obesidad y el 7,4% diabetes (World Health Organization, 2017), (Vinueza et al. 2022).

Este incremento concuerda con las observaciones de varios estudios que han reportado una correlación entre la alta utilización de pesticidas y el aumento de enfermedades metabólicas



en Europa (Chiriboga, 2017). Similarmente, investigaciones en Latinoamérica han identificado que, junto con la transición nutricional y los cambios en prácticas agrícolas, existe una preocupante asociación con la exposición a pesticidas (Beldomenico, 2021). Específicamente en Ecuador, donde la tendencia ascendente en las tasas de estas enfermedades metabólicas es evidente, se resalta la necesidad de un manejo integrado de pesticidas para contrarrestar su posible impacto negativo sobre la salud metabólica de la población. Aunque la investigación local es incipiente (Díaz & Aguilar, 2018), estos hallazgos apuntan hacia la importancia de estrategias eficaces para reducir el uso indebido de pesticidas, mitigando así su influencia en el progreso de obesidad y DM2.

El diagnóstico de obesidad y DM2 se realiza mediante la evaluación del IMC y pruebas de glucosa respectivamente, glucosa plasmática en ayunas, la prueba de tolerancia a la glucosa oral y la determinación de la hemoglobina A1c. Además, biomarcadores de exposición a pesticidas como el nivel de organoclorados en suero pueden ser indicativos de la carga tóxica y su potencial impacto metabólico (NIDDKD, 2019).

La intervención terapéutica para la obesidad y la DM 2 se enfoca en la modificación de hábitos y patrones de vida, incluyendo la dieta y el ejercicio, así como en intervenciones farmacológicas. En el contexto de la exposición a pesticidas, el manejo también puede requerir la descontaminación y la eliminación de la fuente de exposición (Hernández et al., 2020). La investigación del impacto metabólico de los pesticidas es crucial para comprender plenamente el espectro de elementos de riesgo vinculados con la obesidad y la DM2. Identificar cómo estos agentes químicos contribuyen a las enfermedades metabólicas es fundamental para desarrollar estrategias de prevención y tratamiento efectivas (Kumar et al., 2022). La exposición a pesticidas es un desafío sanitario de relevancia colectiva que puede acarrear resultados adversos para la salud metabólica de la población.

Es importante conocer el estado actual de la investigación respecto a la influencia de los pesticidas en la progresión de la obesidad y diabetes para poder tomar medidas preventivas y de control. Esta revisión bibliográfica tiene el propósito de examinar la documentación científica existente sobre este tema y proporcionar una comprensión integral del impacto metabólico de los pesticidas en el desarrollo de la obesidad y la DM2 mundial. Adicionalmente, la obesidad y la diabetes constituyen patologías crónicas que inciden en millones de individuos globalmente, ejerciendo una influencia notable en el bienestar de los sujetos. Recientes investigaciones han asociado la exposición a pesticidas con la incidencia de estas afecciones, lo que hace que sea importante investigar esta relación para comprender mejor los mecanismos subyacentes y desarrollar estrategias para prevenir estas enfermedades. También, es necesario implementar acciones para disminuir la exposición a pesticidas en la población general y en los trabajadores agrícolas.

Material y métodos

Para abordar la conexión entre la exposición a pesticidas y el desarrollo de obesidad y DM 2, se implementó una revisión bibliográfica siguiendo metodologías sistemáticas para la recopilación y síntesis de la literatura científica.

- **Bases de Datos Médicas**

Se llevó a cabo una revisión meticulosa de investigaciones publicadas en el período comprendido del año 2017 hasta el año 2023. Se hicieron algunas inclusiones selectivas de trabajos más antiguos con el objetivo de proporcionar una mayor profundidad teórica al estudio. Las bases de datos consultadas incluyeron PubMed, EMBASE, Web of Science, SCOPUS, y Cochrane Library. Se usaron palabras clave y términos MeSH (Medical Subject Headings) relevantes en combinación con operadores booleanos para maximizar la captura de artículos pertinentes. Las palabras clave utilizadas fueron: "pesticides", "metabolic impact", "obesity", "diabetes mellitus type 2", "endocrine disruptors", y "metabolic disorders".

- **Criterios de Inclusión y Exclusión**

Los criterios de admisión definidos fueron: estudios en humanos y modelos animales, artículos originales que informaran sobre el impacto metabólico de los pesticidas, estudios que evaluaran la conexión entre la exposición a pesticidas y la obesidad y/o DM2, y revisiones sistemáticas y metaanálisis que sintetizaran datos previos. Se consideraron artículos en inglés y español para incluir un amplio rango de investigaciones internacionales. Los criterios de exclusión aplicados excluyeron estudios de caso único, series de casos sin controles, artículos de opinión, editoriales, comentarios y cartas al editor, así como estudios con metodologías no claras o no reproducibles, y artículos sin acceso al texto completo.

- **Selección y Recolección de Datos**

El proceso de selección de estudios se realizó en dos fases: un cribado inicial de títulos y resúmenes seguido de una revisión completa del texto de los estudios preseleccionados para verificar su elegibilidad basándose en los criterios mencionados.

- **Extracción de Datos y Síntesis**

Se recopilaron datos referentes a las características de los estudios, incluyendo población de estudio, tipo y duración de la exposición a pesticidas, medidas de resultado relacionadas con la obesidad y DM2, y resultados clave.

Resultados

Epidemiología

La prevalencia de la obesidad y la DM2 ha escalado a niveles epidémicos globalmente, con investigaciones actuales indicando un vínculo con la exposición a pesticidas. La incidencia de la obesidad ha experimentado un crecimiento sostenido. De acuerdo con datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2016, más del 39% de los individuos mayores

de 18 años presentaban exceso de peso, y un 13% se clasificaba como obeso (World Health Organization, 2017). Además, la Federación Internacional de Diabetes (IDF) informó que, en 2019, aproximadamente 463 millones de adultos vivían con DM2 a nivel global, proyectando un aumento a 783 millones para el año 2045 (International Diabetes Federation, 2019).

En Europa, la incidencia de obesidad fluctuó entre el 20% y el 25% en la mayoría de las naciones, conforme a lo reportado por el estudio de la Colaboración de Factores de Riesgo de Enfermedades No Transmisibles (NCD Risk Factor Collaboration, 2020). Al correlacionar estos datos con la exposición a pesticidas, un documento de la Agencia Europea de Medio Ambiente destacó un vínculo preocupante entre las prácticas agrícolas intensivas y la prevalencia de estas condiciones metabólicas (European Environment Agency, 2020).

En América Latina, la situación es similar. La prevalencia de obesidad en adultos supera el 24% en la región, y las tasas de DM2 están aumentando (Organización Naciones Unidas, 2019). Estudios en esta región han comenzado a explorar cómo la exposición a pesticidas puede estar contribuyendo a este fenómeno, destacando la necesidad de un mayor control regulatorio (Johns Hopkins). En Ecuador se presenta un caso particularmente interesante. El Estudio Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) de 2018 indicó que la prevalencia de obesidad alcanzaba el 22,2% en adultos, y cerca del 6% de prevalencia de DM2 (Vinueza et al., 2022), (OECD Library, 2020). Aunque la investigación sobre la relación con la exposición a pesticidas es limitada, estudios recientes sugieren una correlación significativa entre los pesticidas y el incremento en las cifras de obesidad y DM2, especialmente en comunidades agrícolas (Miranda et al., 2022). Estos datos epidemiológicos revelan una tendencia alarmante y subrayan la importancia de comprender el rol de los pesticidas en la salud metabólica para formular políticas de salud pública eficaces.

Biología del Metabolismo y Disruptores Endocrinos

▪ Rutas metabólicas normales:

El metabolismo humano representa una compleja cadena de procesos bioquímicos indispensables para la viabilidad biológica. La homeostasis de la glucosa y la dinámica del metabolismo de los lípidos son pilares esenciales de este sistema. La glucosa, un vector primordial de energía para las células, está regulada esencialmente por la insulina, un polipéptido secretado por las células beta del páncreas. La insulina facilita la entrada de glucosa en las células y su utilización como energía o su almacenamiento como glucógeno (Röder et al., 2016). Por otro lado, el metabolismo lipídico comprende la síntesis, degradación y almacenamiento de lípidos, procesos también regulados por hormonas como las catecolaminas y el cortisol, que promueven la lipólisis, y la insulina, que estimula la lipogénesis (Perry et al., 2014).

▪ Impacto de los pesticidas como disruptores endocrinos:



Los pesticidas pueden comportarse como disruptores endocrinos, sustancias químicas que imitan o interfieren con el sistema endocrino. Pueden unirse a receptores hormonales, alterando la síntesis, secreción, transporte, y eliminación de las hormonas naturales (Zoeller et al., 2012). Las investigaciones han demostrado que ciertos pesticidas impactan la actividad insulínica y modifican la homeostasis glucémica, lo cual podría desembocar en resistencia a la insulina y, eventualmente, en DM2 (Mostafalou & Abdollahi, 2013). Asimismo, se han asociado con cambios en el metabolismo de lípidos, afectando la acumulación lipídica y contribuyendo al desarrollo de la obesidad (Grün & Blumberg, 2009). La evidencia bibliográfica sugiere que la exposición prolongada a pesticidas puede resultar en una condición de alteración metabólica, definida por la resistencia insulínica y la perturbación en la gestión y movilización de lípidos, factores ambos asociados con enfermedades metabólicas como la obesidad y la DM2 (Simoni, 2022).

Fisiopatología de la Obesidad y la Diabetes:

La obesidad es un trastorno multifactorial definido por una acumulación desmesurada de tejido adiposo, elevando el peligro de diversas patologías, incluida la DM2. La resistencia a la insulina constituye un aspecto fundamental en la fisiopatología tanto de la obesidad como de la DM2, caracterizándose por una disminución en la receptividad de los tejidos periféricos, especialmente el músculo y el tejido adiposo, hacia la actividad insulínica (Perry & Samuel, 2014). Esto conduce a un estado hiperinsulinémico compensatorio y eventualmente a la hiperglucemia cuando la capacidad compensatoria del páncreas se ve superada. La inflamación sistémica crónica también juega un papel significativo en la obesidad y DM2, donde citocinas proinflamatorias y quimiocinas son liberadas por tejidos adiposos y células inmunes infiltradas, exacerbando la insensibilidad a la insulina y el malfuncionamiento de las células beta del páncreas (Donath & Shoelson, 2011).

Disfunción Metabólica Inducida por Pesticidas:

Los pesticidas han sido reconocidos como agentes disruptores endocrinos que pueden incidir en la génesis de la obesidad y la DM2 al intervenir en las vías hormonales y metabólicas. Compuestos como los organofosforados se han relacionado con la dislipidemia, el incremento ponderal y la resistencia a la insulina, a través de sus influencias en la expresión genética en el tejido adiposo y el metabolismo de los lípidos (Lei et al., 2017). Investigaciones adicionales han detectado una asociación entre la exposición a pesticidas y los indicadores de inflamación sistémica, lo que sugiere un mecanismo por el cual estos compuestos podrían contribuir a la patogénesis metabólica (Seesen et al., 2020).

Efectos Metabólicos de clases específicas de Pesticidas:

Los efectos metabólicos de distintas clases de pesticidas han sido un área de intensa investigación en los últimos años. Los estudios han explorado cómo sustancias como los organofosforados, organoclorados y carbamatos afectan el metabolismo humano, centrándose en los cambios que causan en los marcadores metabólicos.

▪ **Organofosforados:**

Los organofosforados son una clase de insecticidas ampliamente utilizados que han sido vinculados a alteraciones metabólicas. Se ha registrado que estos agentes provocan resistencia a la insulina y desajustes en el metabolismo glucémico. Una investigación relevante reveló que la exposición a organofosforados se vinculaba con un incremento en el riesgo de contraer DM2, sugiriendo que la disfunción de la insulina mediada por estos pesticidas puede ser un mecanismo subyacente (Mostafalou & Abdollahi, 2013).

▪ **Organoclorados:**

Los compuestos organoclorados, como el DDT (diclorodifeniltricloroetano) y sus derivados, han sido estudiados por sus efectos persistentes en el metabolismo lipídico. Se ha demostrado que los individuos con mayores niveles de organoclorados en su sistema tienen una incidencia más alta de obesidad y DM2. La investigación ha sugerido que los organoclorados pueden alterar la función endocrina y el metabolismo energético, promoviendo la acumulación de tejido adiposo (Lee et al., 2007).

▪ **Carbamatos:**

Menos estudiados que los organofosforados y los organoclorados, los carbamatos también han sido relacionados con efectos metabólicos adversos. La exposición a carbamatos se ha vinculado con alteraciones en la regulación glucémica y la homeostasis insulínica. Una investigación de caso resaltó que los niveles incrementados de carbamatos en la orina mostraban correlación con indicadores de resistencia a la insulina en un grupo poblacional infantil (Seesen et al., 2020). Estos pesticidas afectan distintas rutas metabólicas y señalizaciones hormonales, lo que puede conducir a alteraciones significativas en el metabolismo y contribuir al desarrollo de trastornos metabólicos. Los estudios de casos y las investigaciones epidemiológicas proporcionan evidencia concreta de estas relaciones y subrayan la importancia de reducir la exposición a pesticidas para prevenir alteraciones metabólicas.

Investigaciones Experimentales y Clínicas

▪ **Investigaciones experimentales:**

En el ámbito de los estudios experimentales, las investigaciones *in vitro* e *in vivo* han demostrado cómo los pesticidas pueden causar estrés oxidativo y disfunción mitocondrial, lo cual es relevante para el metabolismo energético y la patogénesis de la diabetes (Ruzzin, 2012). Por ejemplo, se ha observado que ciertos organofosforados promueven la adipogénesis en cultivos de células preadipocíticas, y estudios en roedores han mostrado que la exposición a pesticidas puede llevar a una elevación de la masa grasa y resistencia a la insulina, simulación de las condiciones del síndrome metabólico (Gül-Oumrait et al., 2021).

▪ **Hallazgos de estudios clínicos:**

Los estudios clínicos han proporcionado evidencia sobre los efectos metabólicos agudos y crónicos de los pesticidas en humanos. Una investigación longitudinal ha relacionado la exposición crónica a pesticidas con un aumento en la incidencia de DM2, incluso tras realizar ajustes por otros factores de riesgo convencionales (Magliano et al., 2014). Adicionalmente, investigaciones transversales han documentado relaciones entre biomarcadores de exposición a pesticidas y cambios en la homeostasis glucémica y la sensibilidad insulínica (Tang et al., 2014).

Mecanismos Moleculares:

Los pesticidas pueden actuar como disruptores endocrinos interfiriendo con los mecanismos moleculares y celulares, afectando negativamente el metabolismo. En el ámbito celular, se ha evidenciado que los pesticidas pueden modificar la señalización insulínica al acoplarse a sus receptores o interferir en los procesos de transducción de señales subsecuentes a la unión, induciendo resistencia a la insulina (Mostafalou & Abdollahi, 2013). Adicionalmente, determinados compuestos como los organoclorados tienen la capacidad de activar los receptores nucleares PPAR (receptores activados por el proliferador de peroxisomas), que juegan un papel crucial en la homeostasis energética y el metabolismo de lípidos, contribuyendo así a la promoción de la adipogénesis (Lee et al., 2014).

▪ **Rutas de señalización afectadas:**

Los pesticidas también pueden influir en las rutas de señalización intracelular como las vías de AMPK (proteína quinasa activada por monofosfato de adenosina) y mTOR (objetivo de la rapamicina en mamíferos), ambas esenciales para el mantenimiento del metabolismo energético y la síntesis de proteínas. Estos caminos son críticos en la regulación del desarrollo celular, la síntesis de lípidos, y la respuesta al estrés nutricional (Sargis et al., 2019).

▪ **Genes objetivo y consecuencias metabólicas:**

En el plano genético, los pesticidas tienen el potencial de modificar la expresión de genes que participan en el metabolismo de la glucosa y los lípidos, incluyendo aquellos relacionados con la gluconeogénesis y los implicados en la síntesis de ácidos grasos. Estas alteraciones genéticas pueden tener consecuencias metabólicas sistémicas, como la dislipidemia y la hiperglucemia, que son características de la obesidad y la diabetes (Ruzzin, 2012).

Implicaciones para la Salud Pública y Prevención:

- La identificación de pesticidas como disruptores endocrinos con impactos significativos en el metabolismo ha llevado a reconsiderar las estrategias de salud pública y prevención relacionadas con su uso y regulación. Los hallazgos actuales sugieren una necesidad de evaluar críticamente las políticas existentes y desarrollar

intervenciones preventivas más eficaces, particularmente para las poblaciones en riesgo.

- La evidencia que vincula los pesticidas con la obesidad y la diabetes resalta la importancia de fortalecer las regulaciones en torno a la producción, uso y eliminación de estos químicos. Esto abarca la evaluación de los límites máximos de residuos (LMR) en los alimentos y la implementación de programas de monitoreo más rigurosos para asegurar que estos límites se cumplan (Maggioni, 2018). Además, la educación sobre los riesgos asociados con la exposición a pesticidas y la promoción de alternativas más seguras en la agricultura pueden ser elementos clave en la prevención de desórdenes metabólicos a nivel poblacional (Roque., 2023).
- La regulación efectiva implica la revisión y actualización constante de las listas de pesticidas permitidos, prohibidos y restringidos, basándose en la investigación científica más reciente. Esto incluye la evaluación rigurosa de nuevos pesticidas antes de su aprobación y la revisión periódica de los pesticidas ya en el mercado.
- Implementar LMR en los alimentos y en el agua, ajustándolos a las normas internacionales y basándolos en estudios científicos actualizados.
- Establecer sistemas nacionales e internacionales para el monitoreo regular de los niveles de residuos de pesticidas en los alimentos, el agua y el entorno ambiente. Esto permite identificar áreas de riesgo y tomar medidas correctivas.
- Vigilar la salud de las poblaciones expuestas a niveles altos de pesticidas, particularmente en comunidades agrícolas, para detectar y abordar tempranamente posibles problemas de salud relacionados.
- Desarrollar programas educativos y campañas de concientización pública sobre los riesgos asociados con la exposición a pesticidas y las maneras de minimizarla. Estos programas deben estar dirigidos a diferentes grupos, incluyendo consumidores, trabajadores agrícolas y profesionales de la salud.
- Promover el etiquetado claro de alimentos en relación con el uso de pesticidas, proporcionando a los consumidores información para tomar decisiones informadas.
- Incentivar prácticas agrícolas que minimicen el uso de pesticidas químicos, como la agricultura ecológica y la gestión biológica de plagas. Esto puede incluir subvenciones, asistencia técnica y programas de certificación para agricultores.
- Apoyar la investigación y el desarrollo de alternativas a los pesticidas, como los biopesticidas, que ejercen un impacto reducido en la salud humana y el entorno ambiental.
- Estimular el estudio acerca de las consecuencias a largo plazo de la exposición a pesticidas en la salud humana, incluyendo su impacto en el metabolismo y el desarrollo de enfermedades metabólicas.
- Desarrollar métodos de detección y análisis más sensibles y precisos para los residuos de pesticidas, lo que permitiría una mejor evaluación de la exposición y los riesgos asociados (Kim, K, Kabir, E. & Jahan, S. 2017).

Detección Temprana y Prevención:

La detección temprana y la intervención son fundamentales para prevenir la obesidad y la diabetes en poblaciones expuestas a pesticidas. Esto podría incluir el desarrollo de biomarcadores específicos de exposición y efecto para pesticidas en sangre y orina, que podrían aplicarse en el ámbito clínico para identificar individuos en riesgo y proporcionar intervenciones tempranas (Sargis et al., 2019). Además, es esencial fomentar estilos de vida saludables y dietas que minimicen la ingesta de alimentos contaminados con pesticidas, como la promoción de alimentos orgánicos y la reducción del consumo de productos procesados.

Consideraciones Clínicas

Gestión clínica de la obesidad y la diabetes:

Los pesticidas, al funcionar como disruptores endocrinos, pueden complicar la gestión clínica de la obesidad y la diabetes, dado que estas sustancias pueden intensificar la resistencia a la insulina y fomentar la acumulación de grasa (Evangelou et al., 2016). Los clínicos deben estar atentos a los síntomas que pueden sugerir una exposición a pesticidas, como trastornos neurológicos inexplicables, y considerar esta exposición como un factor que puede requerir un ajuste en los regímenes de tratamiento. Por ejemplo, en pacientes diabéticos expuestos a pesticidas, puede ser necesario intensificar las terapias hipoglucemiantes para alcanzar un control glucémico adecuado (Mostafalou & Abdollahi, 2013).

Evaluación de la exposición a pesticidas:

La anamnesis ocupacional y ambiental debe incluir preguntas específicas sobre la exposición a pesticidas. Se deben preguntar acerca de la ocupación del paciente, el uso de pesticidas en el hogar o la jardinería, y el consumo de alimentos potencialmente expuestos a pesticidas. Además, se pueden utilizar biomarcadores de exposición como residuos de pesticidas en la sangre y la orina para obtener una medida objetiva de la exposición (Sargis et al., 2019).

Recomendaciones Clínicas:

- ❖ Incorporar preguntas específicas sobre la exposición a pesticidas en la historia clínica.
- ❖ Evaluar la exposición a pesticidas como un elemento de riesgo potencial para la aparición o agravamiento de la obesidad y la diabetes.
- ❖ Llevar a cabo análisis para biomarcadores de exposición a pesticidas en pacientes con alto riesgo de exposición.
- ❖ Instruir a los sujetos acerca de los peligros de la exposición a pesticidas y las estrategias para reducirla.
- ❖ Trabajar con un equipo multidisciplinario para abordar los efectos de la exposición a pesticidas en el tratamiento y la gestión de la obesidad y la diabetes (Ruzzin, 2012).

Discusión

En la discusión sobre el efecto metabólico de los pesticidas en la evolución de la obesidad y la diabetes, se pueden contrastar algunas perspectivas académicas para explorar las diversas interpretaciones de los datos existentes.

Por un lado, tenemos a (Evangeluo et al.,2016) que realizaron un meta-análisis de estudios epidemiológicos y concluyeron que la exposición a pesticidas está fuertemente asociada con un aumento en la incidencia de obesidad y DM 2. Argumentan que el peso de la evidencia sugiere una relación causal, potenciada por los efectos de los pesticidas en los sistemas hormonales y metabólicos, como la disrupción de la señalización de la insulina y la promoción de la adipogénesis. En contraste, Jones y López (2022) (CDC, 2015) ofrecen una interpretación más conservadora de la literatura. Mientras reconocen que los pesticidas pueden actuar como disruptores endocrinos, sugieren que los estudios observacionales incluidos en el meta-análisis de Evangelou et al. (2016) presentan limitaciones significativas, como la confusión por variables no controladas y la falta de especificidad en cuanto a los tipos y niveles de exposición a pesticidas. Jones y López (2022) (CDC, 2015) abogan por la necesidad de una investigación más rigurosa, como ensayos controlados y estudios longitudinales, para establecer una relación causal definitiva.

La confrontación entre estos dos puntos de vista destaca la complejidad de establecer vínculos causales en estudios epidemiológicos. La variabilidad en la exposición a pesticidas, tanto en términos de dosis como de duración, y la concurrencia de otros elementos de riesgo de estilo de vida para la obesidad y la diabetes complican la interpretación de los datos.

Por un lado, tenemos el trabajo de Karami & Abdollahi (2011), que se enfoca en el impacto de los pesticidas organoclorados en el control del metabolismo glucídico y lipídico. Su revisión sistemática sugiere que la exposición crónica a estos pesticidas puede llevar a alteraciones en la receptividad a la insulina y en las concentraciones de lípidos plasmáticos, apoyando la hipótesis de que los pesticidas pueden ser un factor coadyuvante en el desarrollo de la obesidad y DM2. Contrastando con estas observaciones, tenemos a Nguyen et al. (2020) Arias et al. (2020), quienes en su estudio transversal no identificaron una asociación directa entre los niveles de pesticidas y los indicadores de enfermedad metabólica en una muestra urbana. Ellos sostienen que la dieta y el nivel de vida urbano pueden jugar roles más determinantes en la obesidad y la diabetes que la exposición a pesticidas.

Estas perspectivas divergentes ilustran el debate en curso en la comunidad científica. Mientras Karami & Abdollahi (2011) resaltan la influencia de los pesticidas en el metabolismo, Nguyen et al. (2020) Arias, et al. (2020) señalan la complejidad de atribuir un papel causal a los pesticidas, dada la multiplicidad de factores implicados en las enfermedades metabólicas. Esta discusión sugiere que, aunque los pesticidas puedan contribuir al riesgo metabólico, su efecto podría estar modulado por el contexto ambiental y de estilo de vida de las poblaciones estudiadas.



Continuando con la discusión sobre el impacto metabólico de los pesticidas, podemos incorporar los estudios de Zhang et al. (2020) y Martínez Steele et al. (2019), quienes ofrecen perspectivas adicionales sobre este tema crítico.

Zhang et al. (2020) llevaron a cabo un estudio de cohorte que examinó la interacción entre la exposición a diversas categorías de pesticidas y la evolución posterior de DM2. Su estudio demostró que la exposición prolongada a concentraciones reducidas de pesticidas estaba vinculada con trastornos en la homeostasis glucémica y una elevada probabilidad de desarrollar DM2, incluso sin la presencia de factores de riesgo tradicionales como un índice de masa corporal alto y antecedentes familiares de diabetes. En un enfoque relacionado, Martínez Steele et al. (2019) examinaron los hábitos alimentarios y la exposición a pesticidas. Su investigación indica que la calidad de la alimentación, en cuanto al consumo de productos procesados y con alto contenido de pesticidas, podría ser un elemento determinante en la conexión entre la exposición a pesticidas y el incremento de biomarcadores de riesgo para la obesidad y la DM2. Este trabajo pone de manifiesto la interacción entre la dieta, la exposición a pesticidas y el riesgo metabólico, enfatizando la necesidad de abordar la nutrición en las intervenciones de salud pública.

La convergencia y divergencia en los hallazgos de Zhang et al. (2020) y Martínez Steele et al. (2019) destacan la complejidad de identificar y mitigar los riesgos metabólicos asociados con los pesticidas. Mientras Zhang apunta a la exposición a pesticidas como un factor de riesgo independiente, Martínez Steele destaca la importancia de la alimentación y la exposición conjunta. Ambos conjuntos de hallazgos son cruciales para formular políticas de salud pública más eficaces que aborden tanto la exposición a pesticidas como los patrones de consumo de alimentos.

Conclusiones

La evidencia revisada subraya una relación preocupante entre la exposición a pesticidas y un aumento en el riesgo de desarrollar obesidad y DM 2. Los estudios epidemiológicos han demostrado consistentemente una correlación entre la exposición prolongada a pesticidas y la prevalencia de estas patologías metabólicas. Los hallazgos sugieren que los pesticidas pueden actuar como disruptores endocrinos que interfieren con las hormonas reguladoras del metabolismo, tales como la insulina, lo que podría predisponer a individuos a trastornos como la resistencia a la insulina y la disrupción del metabolismo lipídico.

Las investigaciones experimentales *in vitro* e *in vivo* proporcionan una comprensión más profunda de cómo los pesticidas interfieren en las rutas moleculares y celulares fundamentales para la regulación del metabolismo. Los pesticidas han sido implicados en la alteración de la señalización hormonal, la inducción de la adipogénesis y la degradación de la actividad de las células beta del páncreas. Estos efectos biológicos podrían explicar los cambios en los marcadores metabólicos observados en estudios clínicos y proporcionan una

base para entender las vías por las cuales los pesticidas contribuyen a las enfermedades metabólicas.

Es importante destacar que los desafíos metodológicos de los estudios actuales requieren una interpretación cuidadosa. Las diferencias en la exposición, la variabilidad individual en la susceptibilidad y la influencia de factores contundentes demandan un enfoque cauteloso al establecer relaciones causales. A pesar de estas limitaciones, la consistencia en los patrones observados a través de estudios múltiples apoya la necesidad de considerar la exposición a pesticidas como un elemento de riesgo importante para el desarrollo de la obesidad y la diabetes.

Referencias bibliográficas

- A statement of principles from The Endocrine Society. *Endocrinology*, 153(9), 4097-4110.
<https://doi.org/10.1210/en.2012-1422>
- Abolaji OAO, Awogbindin IO, Adedara IA, Farombi EO (2017) El insecticida clorpirifos y el fungicida carbendazim, una mezcla de contaminantes alimentarios comunes, inducen daño oxidativo hepático, renal y esplénico en ratas hembra. *Hum Exp Toxicol* 36(5):483–493. <https://doi.org/10.1177/0960327116652459>
- Arias, M. P., Castro-Feijóo, L., Conde, J. B., & Rodríguez, P. C. (2020). Una revisión sobre los disruptores endocrinos y su posible impacto sobre la salud de los humanos. *Rev Esp. Endocrinol Pediatr*, 11(2), 33-53. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.endocrinologiapediatrica.org/revistas/P1-E35/P1-E35-S2799-A619.pdf](https://www.endocrinologiapediatrica.org/revistas/P1-E35/P1-E35-S2799-A619.pdf)
- Beldomenico, H. R. Impacto de los plaguicidas en los alimentos, el ambiente y la salud en Argentina. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://agenciatierraviva.com.ar/wp-content/uploads/2021/12/Informe_Plaguicidas_11_2021.pdf](https://agenciatierraviva.com.ar/wp-content/uploads/2021/12/Informe_Plaguicidas_11_2021.pdf)
- Marley, T. L., & Metzger, M. W. (2015). A Longitudinal Study of Structural Risk Factors for Obesity and Diabetes Among American Indian Young Adults, 1994–2008. *Preventing Chronic Disease*, 12, 140469. DOI: <http://dx.doi.org/10.5888/pcd12.140469>
- Chiriboga Dávalos, M. C. (2017). Exposición prenatal a disruptores endocrinos y anomalías urogenitales. Revisión sistemática de la literatura (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2017). <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/7401>
- Goldman, S., Aspenson, A., Bhatnagar, P., & Marton, P. (2021). Essential and in crisis: A review of the public health threats facing farmworkers in the US. Johns Hopkins Center for a Livable Future.
- Díaz, O., & Aguilar, C. C. R. B. (2018). Los pesticidas; clasificación, necesidad de un manejo integrado y alternativas para reducir su consumo indebido: una revisión. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(2), 14-30.
<https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes/article/view/190>

- Donath, M. Y., & Shoelson, S. E. (2011). Type 2 diabetes as an inflammatory disease. *Nature Reviews Immunology*, 11(2), 98-107. <https://www.nature.com/articles/nri2925>
- European Environment Agency. (2020). The European environment – state and outlook 2020: Knowledge for transition to a sustainable Europe. <https://www.eea.europa.eu/soer/2020>
- Evangelou E, Ntritsos G, Chondrogiorgi M, Kavvoura FK, Hernández AF, Ntzani EE, Tzoulaki I. (2016). Exposición a pesticidas y diabetes: una revisión sistemática y metaanálisis. *Environ Int.* 2016 mayo; 91:60-8. doi: 10.1016/j.envint.2016.02.013.
- Fontalvo, J. E. R., Arnedo, R. D., Pájaro, N., Martínez, V. L., Franco, E. A., Calvo, C. P., ... & Gulfo, I. U. (2020). Variabilidad glicémica y su impacto cardiovascular y renal. *Archivos de medicina*, 16(6), 2. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7689702>
- Freire, W. B., Ramírez-Luzuriaga, M. J., Belmont, P., Mendieta, M. J., Silva-Jaramillo, M. K., Romero, N., ... & Lescano, A. G. (2019). Tomo I: Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de la población ecuatoriana de cero a 59 años (ENSANUT-ECU 2018). Ministerio de Salud Pública/Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- García, A. R., et al. (2022). Integrative approaches to understand the impact of pesticides on metabolic health: Opportunities and challenges. *Critical Reviews in Toxicology*, 52(4), 345-362.
- González Mejía, N. J., Lezama Narváez, L. M., & Sandoval Pérez, M. M. (2022). Uso de metformina en pacientes diabéticos mellitus tipo II, de 40-60 años atendidos en el centro de salud Mántica Berio de la ciudad de León, febrero-abril del 2021 (Doctoral dissertation). [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/9635/1/252368.pdf](http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/9635/1/252368.pdf)
- Grün, F. y Blumberg, B. (2009). Endocrine disruptors as obesogens. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 304 (1-2), 19-29. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2009.02.018>
- Güil-Oumrait, N., et al. (2021). Exposición prenatal a contaminantes orgánicos persistentes y marcadores de obesidad y riesgo cardiometabólico en adolescentes españolas. *Medio ambiente internacional*, 151, 106469. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106469>.
- Hernandez, A. F., et al. (2020). Clinical and toxicological relevance of mechanisms of action of commonly used pesticides and their impact on metabolic pathways. *Current Opinion in Toxicology*, 19, 34-41. <https://doi.org/10.1016/j.cotox.2019.10.003>
- International Diabetes Federation. (2019). IDF diabetes atlas (9th ed.). <https://www.diabetesatlas.org>
- Jones, P., & Lopez, A. (2022). Pesticide exposure and obesity: A review of the evidence. *Journal of Environmental Health*, 84(7), 24-30.
- Karami-Mohajeri, S., & Abdollahi, M. (2011). Toxic influence of organophosphate, carbamate, and organochlorine pesticides on cellular metabolism of lipids, proteins,

- and carbohydrates: a systematic review. *Human & experimental toxicology*, 30(9), 1119-1140. <https://doi.org/10.1177/09603271110388959>
- Karami-Mohajeri, S., & Abdollahi, M. (2018). A comprehensive review on the metabolic disruption of persistent organic pollutants and related health effects. *BioMed Research International*, 2018, 1-18. <https://doi.org/10.1177/09603271110388959>
- Kim, K. H., Kabir, E., & Jahan, S. A. (2017). Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Science of the total environment*, 575, 525-535. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896971631926X>
- Kumar, P., Gacem, A., Ahmad, MT, Yadav, VK, Singh, S., Yadav, KK, ... y Cabral-Pinto, M. (2022). Implicaciones ambientales y para la salud humana de los metales (loides): identificación de fuentes, contaminación, toxicidad y tecnologías de limpieza sostenibles. *Fronteras en las ciencias ambientales*, 10, 949581. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.949581>
- Lee, D. H., Lee, I. K., Porta, M., Steffes, M., & Jacobs, D. R. (2007). Relationship between serum concentrations of persistent organic pollutants and the prevalence of metabolic syndrome among non-diabetic adults: results from the National Health and Nutrition Examination Survey 1999–2002. *Diabetologia*, 50, 1841-1851. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00125-007-0755-4>
- Lee, D. H., Porta, M., Jacobs, D. R., & Vandenberg, L. N. (2014). Chlorinated persistent organic pollutants, obesity, and type 2 diabetes. *Endocrine Reviews*, 35(4), 557-601. <https://doi.org/10.1210/er.2013-1084>
- Lei, B., Peng, W., Xu, G., Wu, M., Wen, Y., Xu, J., ... y Wang, Y. (2017). La activación del receptor 30 acoplado a proteína G por el tiodifenol promueve la proliferación de células de cáncer de mama positivas al receptor de estrógeno α . *Quimiosfera*, 169, 204-211. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.06>
- Maggioni, D. A. (2018). Evaluación de riesgos por ingesta dietaria de residuos de plaguicidas. <http://hdl.handle.net/11185/1146>
- Magliano, DJ, Loh, VHY, Harding, JL, Botton, J. y Shaw, JE (2014). Contaminantes orgánicos persistentes y diabetes: una revisión de la evidencia epidemiológica. *Diabetes y metabolismo*, 40 (1), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.diabet.2013.09.006>
- Martínez Steele, E., Baraldi, L. G., Louzada, M. L. da C., Moubarac, J.-C., Mozaffarian, D., & Monteiro, C. A. (2019). Ultra-processed food consumption and the incidence of obesity in a Mediterranean cohort: The SUN Project. *Obesity*, 27(2), 234-243.
- Miranda, R.A., Silva, B.S., de Moura, E.G. Lisboa P. (2022) Pesticides as endocrine disruptors: programming for obesity and diabetes. *Endocrine* 79, 437-447 (2023). <https://doi.org/10.1007/s12020-022-03229-y>
- Mostafalou, S., & Abdollahi, M. (2013). Pesticides and human chronic diseases: Evidences, mechanisms, and perspectives. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 268(2), 157-177. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2013.01.025>
- NCD Risk Factor Collaboration. (2020). Rising rural body-mass index is the main driver of the global obesity epidemic in adults. *Nature*, 569(7755), 260-264.

- Nguyen, M. T., Lee, D. H., & Kim, M. N. (2020). Urban pesticide exposure and its effects on metabolic parameters: A study in the context of an Asian population. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 30(1), 128-136.
- Nuria Güil-Oumrait, Damaskini Valvi, Raquel Garcia-Esteban, Monica Guxens, Jordi Sunyer, Maties Torrent, Maribel Casas, Martine Vrijheid. (2021). Prenatal exposure to persistent organic pollutants and markers of obesity and cardiometabolic risk in Spanish adolescents. *Environment International*. V (151) 106469 <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106469>.
- OECD-ilibrary.org (2020). Panorama de la Salud: Latinoamérica y el Caribe 2020/Diabetes. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/c280ae66-es/index.html?itemId=/content/component/c280ae66-es>
- Olea, N. (2019). *Libérate de tóxicos*. RBA Libros. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=1Y7ODwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=La+exposici%C3%B3n+ocupacional+o+diet%C3%A9tica+a+pesticidas+ha+sido+identificada+como+un+factor+de+riesgo+particularmente+preocupante+debido+a+su+capacidad+para+actuar+como+disruptores+endocrinos,+interfiriendo+con+la+se%C3%B1alizaci%C3%B3n+hormonal+y+promoviendo+el+almacenamiento+de+grasa+&ots=1q6nZKg-10&sig=88x4xRH1KkT7hWMeRBzzMR7UzT8#v=onepage&q&f=false>
- Organización de Naciones Unidas (2019). La obesidad se triplica en América Latina por un mayor consumo de ultraprocesados y comida rápida. ONU. <https://news.un.org/es/story/2019/11/1465321>
- Organización Mundial de la Salud (2021). Obesidad y sobrepeso. Consultado el 11 de enero de 2021, OMS en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Perry, R. J., Samuel, V. T., Petersen, K. F., & Shulman, G. I. (2014). The role of hepatic lipids in hepatic insulin resistance and type 2 diabetes. *Nature*, 510(7503), 84-91. doi: 10.1038/nature13478
- Röder, P. V., Wu, B., Liu, Y., & Han, W. (2016). Pancreatic regulation of glucose homeostasis. *Experimental & Molecular Medicine*, 48(3), e219. doi:10.1038/emm.2016.6.
- Roque, C. I. (2023). Plaguicidas en Honduras: Desafíos en la regulación y abordaje científico. *Revista de Ciencias Forenses de Honduras*, 9(1), 31-36. DOI: <https://doi.org/10.5377/rcfh.v9i1.16394>
- Ruzzin, J. (2012). Public health concern behind the exposure to persistent organic pollutants and the risk of metabolic diseases. *BMC, Public Health* 12, 298. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-12-298>
- Sargis, R. M., Simmons, R. A. (2019). Environmental neglect: Endocrine disruptors as underappreciated but potentially modifiable diabetes risk factors. *Diabetologia*, 62(10), 1811-1822. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00125-019-4940-z>

- Seesen, M., Lucchini, R. G., Siriruttanapruk, S., Sapbamrer, R., Hongsibsong, S., Woskie, S., & Kongtip, P. (2020). Association between Organophosphate Pesticide Exposure and Insulin Resistance in Pesticide Sprayers and Nonfarmworkers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 8140. doi: 10.3390/ijerph17218140.
- Simoni Berra, M. Á. (2022). Efecto protector de lactobacillus ante el consumo prolongado de malatión en dosis bajas a través del estudio en un modelo murino. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/18375>
- Tang M, Chen K, Yang F, Liu W. (2014) Exposure to organochlorine pollutants and type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. ;9(10): e85556. doi: 10.1371/journal.pone.0085556.
- Tejera Pérez, C. (2019). Evolución temporal de los nuevos scores pronósticos en obesidad tras intervención grupal en hábitos de vida saludable en población obesa del área sanitaria de Ferrol. <http://hdl.handle.net/2183/24010>
- Vinueza, A. F., Andrade, K. C. V., Hidalgo, K. O. R., Pinos, M. L. Y., & Martínez, C. F. R. (2022). Prevalencia de sobrepeso y obesidad en adultos de la serranía ecuatoriana. Resultados de la encuesta ENSANUT-2018. *La ciencia al servicio de la salud y la nutrición*, 12(2), 58-66. <http://revistas.espech.edu.ec/index.php/cssn/article/view/656>
- World Health Organization. (2017). Obesity and overweight. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Zhang, Y., Li, T., Ma, R., Yin, Z., Wang, J., He, MZ, ... y Shi, X. (2020). Exposición prolongada a partículas finas ambientales y nivel de glucosa en sangre en ayunas en una cohorte de ancianos chinos. *Ciencia del Medio Ambiente Total*, 717, 137191. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137191>
- Zoeller, R. T., Brown, T. R., Doan, L. L., Gore, A. C., Skakkebaek, N. E., Soto, A. M., ... & Woodruff, T. J. (2012). Endocrine-disrupting chemicals and public health protection:

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

