

Amenaza oculta: efecto de los plaguicidas en la salud humana

Carlos Alfonso Flores-Gutiérrez
Hazel Ramiro Ceja-Gálvez
Joel Salazar-Flores

Los plaguicidas son productos químicos ampliamente utilizados en la agricultura para proteger cultivos agrícolas contra plagas, insectos y/o malezas. Pueden clasificarse de acuerdo al organismo que atacan (insecticidas, fungicidas, herbicidas, etc.) o según su composición química (organofosforados, organoclorados, carbamatos, piretroides). A nivel mundial, se utilizan alrededor de tres mil millones de kg de plaguicidas por año, lo que provoca contaminación en agua y alimentos, que al consumirlos causan daños al ser humano. Estos daños pueden ser a nivel del hígado, páncreas, cerebro, pulmones, etc., aumentando el riesgo de enfermedades como cáncer, diabetes, enfermedades respiratorias, renales y neurodegenerativas. Después de ingresar al cuerpo, se procesan y transforman en metabolitos que se acumulan en diferentes tejidos debido a que pueden combinarse con la grasa corporal; algunos pueden ser más tóxicos que los compuestos originales, por lo que su detección es importante para evaluar el grado de toxicidad en el ser humano, así como en agua, tierra y aire [1].

Organoclorados

Los organoclorados son plaguicidas que no se degradan fácilmente, se caracterizan por estructuras químicas complejas que contienen principalmente cloro. Son altamente tóxicos, debido a que tienen una baja capacidad de disolverse en agua se pueden mezclar fácilmente con las grasas corporales, además, las bacterias no pueden degradarlos; gracias a esta última característica pueden permanecer en el medio ambiente por mucho tiempo, afectando a las plantas y animales. De este grupo el diclorodifeniltricloroetano (DDT) es un organoclorado representativo. A pesar de que ya no se usa, se sigue encontrando metabolitos del DDT en frutas, verduras o animales, esto es debido a su principal propiedad: una alta estabilidad química. Una vez dentro del cuerpo se almacenan en grasa corporal, afectando la producción y funcionamiento de hormonas que posteriormente se relacionan con cáncer de mama [1,2]. Del mismo modo, los niños nacidos de madres expuestas a este metabolito pueden padecer asma y otros problemas respiratorios; además, contribuyen a incrementar los niveles de grasas en hígado [1].

El dieldrín y aldrín, a pesar de estar prohibidos mundialmente, se siguen usando en algunos países; los dos son peligrosos para la salud, ya que el cuerpo humano no puede degradarlos [1]. La transformación del aldrín en nuestro cuerpo produce dieldrín, el cual tiene una vida media de aproximadamente 5 años y daña a las neuronas del cerebro provocando mal de Parkinson [1,2].

Organofosforados

Los organofosforados (OPs) son los plaguicidas utilizados con mayor frecuencia a nivel mundial. Pueden causar daño mediante el bloqueo de una enzima protectora que es capaz de reducir los niveles elevados de una sustancia producida por el cuerpo humano llamada acetilcolina. Si dicha enzima esta inhabilitada, se produce un exceso de acetilcolina en nuestro cuerpo, dañan-

do el funcionamiento del sistema nervioso central, así como diferentes órganos [3]. Cuando los OPs son procesados en nuestro organismo, generan metabolitos que causan daños al ser humano, debido a que pueden unirse al ADN de bacterias benéficas de nuestro cuerpo; del mismo modo pueden dañar la producción y/o función de hormonas, así como a nuestro sistema inmune [1,3]. Otros efectos de los OPs son: daño a nuestras neuronas, mala absorción de serotonina que produce depresión y cambios en el estado de ánimo. Además, disminuyen el funcionamiento de neuronas que nos protegen contra enfermedades como el mal de Parkinson [1]. También tienen efectos sobre el sistema respiratorio, ya que reducen la eficiencia del trabajo de los pulmones, provocando insuficiencia respiratoria. Finalmente, el uso de estas sustancias también se ha relacionado con diferentes tipos de cáncer (pulmón, hígado, colon, etc.) debido a que dañan nuestro ADN [1,3].

Carbamatos

Estos plaguicidas no permanecen mucho tiempo en el ambiente, pero si deben degradarse para evitar toxicidad en los seres vivos [4]. Ejemplos de este grupo son el carbaryl, carbofuran y aminocarb [1]. Sus efectos adversos son reversibles en comparación con los organoclorados u OPs, sin embargo, siguen siendo tóxicos, sus metabolitos pueden causar daño debido a que se unen tanto a proteínas, grasa corporal y ADN, causando en este último alteraciones en su estructura, debidas a la agregación de grupos metilo o acetilo, con su posterior oxidación, lo que puede producir cáncer. Los derivados del carbofuran cuentan con esta capacidad oxidativa. Además, posterior al contacto con carbofuran, propoxur y aldicarb, las grasas corporales se oxidan [4]. También pueden interferir con la función de la glándula tiroideas. Además, se ha demostrado que el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón aumenta después de una exposición a carbamatos [1,4].



Piretroides

Los piretroides, además de ser utilizados en la agricultura para el control de plagas, pueden usarse en los hogares para eliminar distintos insectos, por ejemplo, moscas o mosquitos. Entre ellos se encuentran la deltametrina, permetrina y cipermetrina. Afortunadamente pueden degradarse con mayor facilidad que los OPs, no obstante, pueden contaminar alimentos, ya que son poco biodegradables en agua. En humanos provocan daño a las neuronas, órganos sexuales, corazón, además, pueden producir autismo. Se han encontrado metabolitos en muestras de leche materna y orina después de una exposición prolongada a este tipo de plaguicidas; particularmente, los niveles elevados del metabolito genérico de los piretroides reducen la calidad y cantidad de los espermatozoides. Además, son cancerígenos ya que provocan oxidación en ADN, ARN y proteínas [1,5].

Plaguicidas en el ambiente

Gran parte del territorio del medioambiente se ha convertido en importantes tierras agrícolas y se utilizan plaguicidas a gran escala para aumentar el rendimiento de los cultivos. No obstante, después de su aplicación los plaguicidas llegan al suelo, aire y reservas de agua, lo que provoca la pérdida de vida animal y vegetal, ya que los metabolitos pueden ser absorbidos por la vegetación ligada al suelo donde se vaporizan en el aire y/o contaminan aguas subterráneas, donde pueden acumularse en peces y otros organismos marinos [1].

El DDT y el hexaclorociclohexano (HCH) son plaguicidas que se han encontrado en agua, suelo y aire. Además, tanto el dieldrín como el DDT pueden permanecer en el suelo por décadas y ser consumido por humanos a través de frutas y verduras contaminadas [2]. Los OPs y carbamatos son solubles en agua, lo que les permite acumularse en cuerpos de agua; además, interfieren con el crecimiento de las plantas y afectan la fertilidad del suelo, ya que reducen el contenido de nutrientes orgánicos [1,3]. Los lagos y entornos acuáticos son ecosistemas altamente vulnerables a la contaminación por piretroides a través del escurrimiento de aguas contaminadas que provienen de campos agrícolas [5].

Alternativas para reducir los efectos adversos de los plaguicidas

Los daños causados por la acumulación de plaguicidas pueden reducirse mediante la implementación de un sistema de capacitación en personas con contacto directo, como lo son agricultores. Dicha capacitación implica conocer el grado de toxicidad, la dosis adecuada para su uso o aplicación, las características fisicoquímicas que los hacen más o menos solubles en agua y/o lípidos y que podrían influir en su capacidad para acumularse en tejido graso, la forma correcta de dilución y aplicación, la forma de degradación o acumulación en suelo o agua y el

tipo de metabolitos que se pueden generar. Además, la capacitación debe cubrir aspectos sobre el uso adecuado de equipo de protección personal y todas aquellas medidas que ayuden a una correcta eliminación de los envases vacíos o con sobrantes del producto. Asimismo, dicho sistema de capacitación debería incluir al personal de empresas purificadoras en los tratamientos de aguas contaminadas con plaguicidas para obtener procesos de filtración adecuados que garanticen la calidad del agua potable y se disminuya el riesgo de intoxicación. Por otro lado, se deben actualizar las normas que restringen la aplicación de los plaguicidas que entrañan un peligro para la salud, así como promover iniciativas de ley que regulen su uso [1,3,5].

Conclusiones

Los plaguicidas representan un grave problema para la salud del ser humano y se dividen principalmente en cuatro tipos: organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides. Cada grupo de plaguicidas tiene sus metabolitos, que en algunos casos son más tóxicos que la sustancia original, asociándose con el riesgo de padecer distintas enfermedades, como cáncer, enfermedades respiratorias, neurodegenerativas, entre otras. Dichos metabolitos pueden permanecer por mucho tiempo en suelo y agua, dañando al medio ambiente y aumentando el riesgo de padecer una intoxicación. En el suelo son absorbidos por los diferentes cultivos agrícolas, mientras que en agua pueden acumularse en especies marinas, que los humanos consumen. La detección de metabolitos tanto en humanos como ecosistemas podría ayudar no solo en el diagnóstico sino también en el tratamiento de pacientes intoxicados.

Referencias

1. Sharma A, Shukla A, Attri K, Kumar M, Kumar P, Suttee A, Singla N. Global trends in pesticides: A looming threat and viable alternatives. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2020;201:110812. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110812>
2. Ashesh A, Singh S, Devi N, Yadav I. Organochlorine pesticides in multi-environmental matrices of India: A comprehensive review on characteristics, occurrence, and analytical methods. *Microchemical Journal*. 2022;177:107306. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2022.107306>
3. Hernández D, Estrada E, Vega L. Genotoxicity of the organophosphate pesticide malathion and its metabolite dimethylthiophosphate in human cells in vitro. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. 2020;856:503233. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2020.503233>
4. Malhotra H, Kaur S, Phale S. Conserved metabolic and evolutionary themes in microbial degradation of carbamate pesticides. *Frontiers in Microbiology*. 2021;12:648868. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.648868>
5. Ahamad A, Kumar J. Pyrethroid pesticides: an overview on classification, toxicological assessment and monitoring. *Journal of Hazardous Materials Advances*. 2023;10:100284. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2023.100284>

Carlos Alfonso Flores-Gutiérrez Departamento de Ciencias Médicas y de la Vida, Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara.

Hazael Ramiro Ceja-Gálvez Departamento de Biología Molecular y Genómica, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

Joel Salazar-Flores Departamento de Ciencias Médicas y de la Vida, Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara.

Contacto: joel.salazar@academicos.udg.mx