



Abanico Agroforestal. Enero-Diciembre, 2025; 7:1-18. <http://dx.doi.org/10.37114/abaagrof/2025.6>

Revisión de Literatura. Recibido: 25/05/2025. Aceptado: 10/12/2025. Publicado: 15/12/2025. Clave: e2025-5

<https://www.youtube.com/watch?v=oh-BPmcUJBg>

Presencia de plaguicidas e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), en aguas residuales en zonas rurales: revisión y métodos analíticos



Presence of pesticides and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in wastewater in rural areas: review and analytical methods



Rutilio Ortiz-Salinas^{1ID}, Susana Ramírez-Sánchez^{*2ID}, Hugo Flores-López^{2ID}, Anand Singh-Bisht^{3ID}

¹Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco, Calzada del Hueso 1100, Colonia Villa Quietud, Coyoacán, México, CP 04960. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México, CP 47600. ³University of Horticulture and Forestry Bharsar, VCSG Uttarakhand, Pauri Garhwal Uttarakhand, India. *Autor de correspondencia: Susana Ramírez-Sánchez. E-mail: guppyabanico@gmail.com, ramirez.susana@inifap.gob.mx, lopez.hugo@inifap.gob.mx, drbishtas@gmail.com

RESUMEN

Este documento revisa el estado del conocimiento (1990-2025) sobre contaminantes orgánicos persistentes (hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) y plaguicidas organoclorados, en aguas residuales y zonas rurales. Estos contaminantes son frecuentes en ambientes agrícolas por el uso de combustibles u agroquímicos para el control de plagas. La revisión aborda métodos analíticos, compuestos detectados y riesgos sanitarios. Aunque la diversidad metodológica genera variabilidad en las concentraciones reportadas, estas moléculas son invariablemente tóxicas para organismos vivos. La evidencia científica documenta sus efectos nocivos y su presencia en agua, relacionada con el desarrollo tecnológico rural.

Palabras clave: lagos, contaminantes, toxicidad, enfermedad.

ABSTRACT

This document review the state of knowledge (1990-2025) on persistent organic pollutants, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and organochlorine pesticides, in wastewater and rural areas. These contaminants are prevalent in agricultural environments due to fuel and agrochemical use for pest control. The review covers analytical methods, detected compounds, and health risk. Although methodological diversity generates variability in reported concentrations, these molecules are invariably toxic to living organisms. Scientific evidence documents their harmful effects and presence in water, correlated with rural technological development.

Keywords: lakes, pollutants, toxicity, disease.

INTRODUCCIÓN

Actualmente los recursos naturales sufren una mayor presión ambiental, a causa del aumento de la población humana a nivel global. En especial, la producción de alimentos en cantidad y calidad asociado con la disponibilidad del agua continental. Ésta es limitada



por la contaminación y degradación del suelo. El agua dulce es un recurso natural no renovable, donde un pequeño porcentaje es útil para el consumo humano en forma directa (ríos, lagos, aguas subterráneas) e indirecta (nubes). Por lo tanto, es un recurso que enfrenta una grave situación de disponibilidad y calidad en regiones o países, debido a la alteración del ciclo hidrológico a nivel global. Por lo que organismos internacionales han pronosticado escenarios catastróficos en la alimentación, salud humana y ambiental, en un futuro cercano. De los escenarios anteriores, el tema de la contaminación es el que se experimenta en distintos grados de afectación. La contaminación en cuerpos de agua se explica por diferentes causas, como son: vertederos (descargas de producción agropecuaria) ([Linhe et al., 2021](#)) o derrames industriales con una amplia gama de químicos (productos farmacéuticos, de cuidado personal, plastificantes y aditivos industriales, -contaminantes emergentes (CE)-). Además de la presencia de los hidrocarburos de petróleo/combustibles, plaguicidas y fertilizantes – contaminantes persistentes (COPs)- que son productos de consumo cotidiano en las actividades económicas de una región. La contaminación del agua en la zona rural es visible por el uso masivo de agroquímicos y combustibles en zonas mecanizadas, que afecta cuerpos de agua superficiales y los mantos freáticos ([García-Gutiérrez & Rodríguez-Meza, 2012](#)). Esto causa efectos negativos en el ambiente y en la salud humana, en especial a la cadena trófica donde se ocasiona un proceso de bioacumulación en los seres vivos. La presencia de los contaminantes en el agua es un tema difícil dado el problema de su eliminación y remoción durante los procesos de tratamiento, el aumento del uso de las aguas residuales, el desconocimiento de las concentraciones y a las limitaciones analíticas e instrumentales en el laboratorio. Además de la transformación de los compuestos orgánicos que ponen en riesgo ambiental hacia los ecosistemas y la seguridad alimentaria de una población ([Gil et al., 2012](#)). El reto actual es conocer la situación de la calidad del agua y los métodos utilizados en un lapso de tiempo en la zona rural con relación a la calidad e inocuidad de este recurso y de forma indirecta de los alimentos producidos

MATERIAL Y MÉTODOS

A partir de la búsqueda de las palabras plaguicidas e hidrocarburos aromáticos policíclicos en plataformas electrónicas académicas de investigación (Google académico, Scopus, Elsevier, Scielo entre otros), se citan 50 documentos de 150 que se revisaron y que aportaron información valiosa para esta revisión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contaminación del agua por contaminantes orgánicos persistentes

La continua necesidad de producir alimentos para una población que presenta un rápido crecimiento, ha hecho que el uso de compuestos químicos sintéticos, sean fundamentales para garantizar la protección y la calidad de los cultivos y del ganado. Por



lo que, la agricultura y la ganadería tienen un papel importante en el consumo de productos derivados del petróleo y plaguicidas, que contaminan el aire, suelo y agua. ([Sarika, 2024](#)). La contaminación del agua se aprecia en tres rubros principales por su importancia económica: Agrícola, residencial e industrial. En el caso de la agricultura que es una actividad antropogénica, la contaminación se origina por la aplicación de los fertilizantes, plaguicidas, abonos, residuos agrícolas entre otros. Por lo que la contaminación del ambiente es significativa, principalmente, el caso del agua superficial y subterránea donde se aprecian distintos procesos de contaminación como lo son el escurrimiento, lixiviación, volatilización y eutrofización entre otros (Figura 1).

Los contaminantes al ser de tipo inorgánicos y orgánicos, este último, destacan los contaminantes orgánicos persistentes (COPs) como es el caso de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs): (benzo(a)pireno, pireno, benzo(k)fluoranteno entre otros) así como los plaguicidas clorados como el DDT entre otros. A últimas fechas se aprecian los contaminantes emergentes, como es el caso, de los microplásticos que aumentan más los riesgos a la salud de los seres vivos (Figura 2). Al mismo tiempo afecta las redes tróficas y en especial, el recurso agua ([Iqra & Mushtaq, 2023](#); [Sarika, 2024](#)).

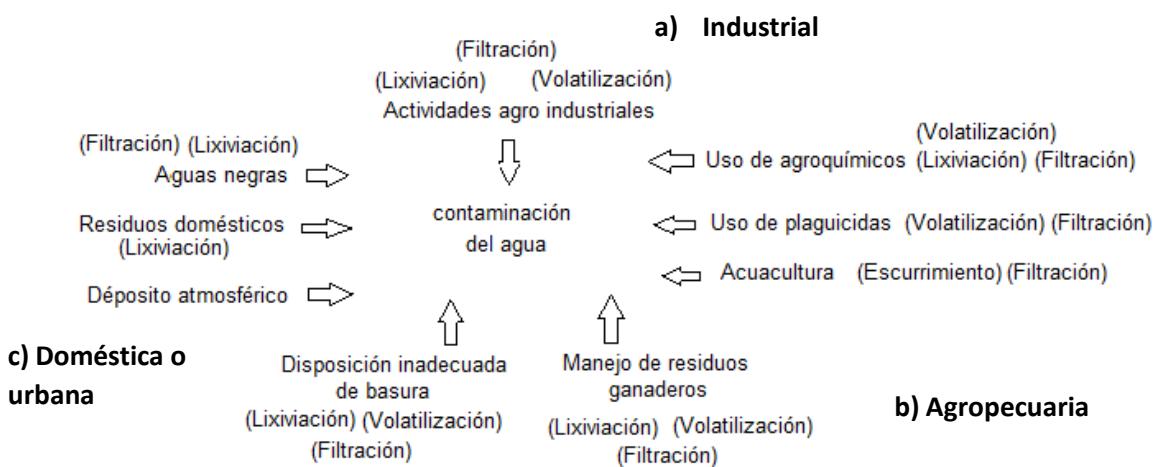


Figura 1. Fuentes de contaminación en el agua a) zonas industriales, b) zonas agropecuarias y c) zonas urbanas

Presencia de los HAPs en el agua

Los HAPs son un grupo de contaminantes químicos, ubicos y tóxicos tanto para el ambiente como para los alimentos. Los HAPs están formados por dos o más anillos aromáticos condensados, estos compuestos se producen a través de la combustión incompleta o de pirólisis de la materia orgánica, actividad volcánica, producción de petróleo y gas (procesos geológicos) y actividades industriales (calefacción, asfalto,



refinación de petróleo, emisiones vehiculares entre otros) ([Abdel-Shafy & Mansour, 2016](#)).

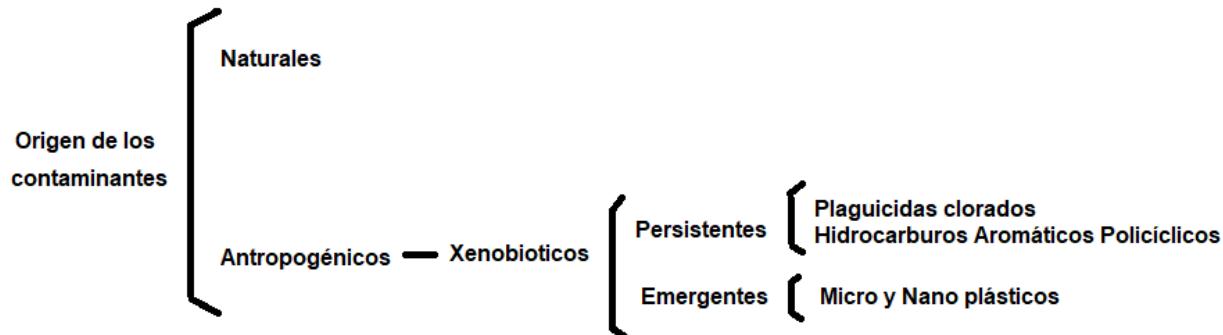
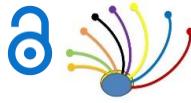


Figura 2. Clasificación de los contaminantes orgánicos presentes en el agua

Los HAPs presentan una baja hidrosolubilidad, y su presencia en el medio acuático es con la asociación del material orgánico y arcillas, representan un peligro para todos los organismos vivos. Los HAPs en el agua están fuertemente regulados a través de una legislación o normas ambientales en la mayoría de los países debido a los riesgos potenciales para la salud humana. Por ejemplo, se ha establecido como norma que la suma total de la concentración para algunos HAPs como el fenantreno y benzo(b)fluoranteno, en agua potable debe ser inferior a 0.2 µg/L, mientras que para el benzo(a)pireno, la concentración límite es de 0.7 µg/L ([NOM-127-SSA1-2021](#)). Mientras en aguas superficiales usadas como fuente de abastecimiento potable, el límite establecido para la suma de los seis HAP fue de 1 µg/L ([Vera-Ávila et al., 2002](#); [Pacin et al., 2023](#)). En el agua de río de China, el antraceno y fluoranteno tuvieron concentraciones de 29 y 26 ng/L. Aunque las concentraciones y tipo de compuestos pueden variar de acuerdo con las condiciones de la zona, como fue el caso de tres embalses de un río de China donde se detectaron el fenantreno, fluoranteno, pireno y criseno mostraron valores de 13.8 a 97.2 ng/L, dichas variaciones fueron atribuidas a una situación de sedimentación atmosférica y lixiviación de capas superficiales del suelo hacia el cuerpo del agua ([Zhao et al., 2015](#)). En el caso de México, los estudios son limitados en la cuantificación de los 16 HAPs prioritarios, por ejemplo, el caso de la laguna de Mecoacán, Tabasco, México en 1993 y 1996, mostraron concentraciones totales de 0.2 a 0.8 µg/L y 0.3 a 2.8 µg/L respectivamente ([Armenta-Arteaga & Elizalde-González, 2003](#)). La contaminación del agua por los HAPs se debe al petróleo (derrames y quema de combustibles) y plaguicidas principalmente, que llegan a los mantos freáticos y cuerpos de agua superficiales, como lagos, arroyos y ríos. Estas fuentes de agua la población rural las utiliza para riego o como bebedero del ganado ([Prieto-Díaz & Martínez de Villa Pérez, 1999](#); [Udiwal & Patel, 2010](#)).

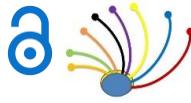


La contaminación del agua por hidrocarburos (grasas, aceites y derivados), cambia las propiedades organolépticas del esta, y se provoca el rechazo de los consumidores, además si se ingiere representa un riesgo para la salud ([Mesa-Mesa & Falcón-Hernández, 2017](#)) y no solo para los consumidores, sino también, para el ecosistema ([Castillo-Bertel et al., 2013](#); [Udiwal & Patel, 2010](#)). La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) identifica 16 HAP's como prioritarios en el medio ambiente por ser altamente contaminantes y cancerígenos (naftaleno peso molecular 128 g/mol, acenafteno 154 g/mol, acenaftileno 152 g/mol, pireno 202 g/mol, fluoreno 166 g/mol, fluoranteno 166 g/mol, antraceno 178 g/mol, criseno 228 g/mol, fenantreno 178 g/mol, benzo(a)antraceno 228 g/mol, benzo(b)fluoranteno 252 g/mol, benzo(a)pireno 252 g/mol, benzo(k)fluoranteno 252 g/mol, dibenzo(a,h)antraceno 278 g/mol, benzo(i,g,h)perileno 276 g/mol, indeno(1,2,3,cd)pireno 276 g/mol).

Los HAPs que tienen más de cuatro anillos aromáticos son recalcitrantes y resistentes a la degradación biológica, esto hace que sean persistentes en el ambiente. Es el caso de la cuenca alta del lago Taihu, China, donde se demostró que las fuentes contaminantes de HAPs provenían de una mezcla de derrames de petróleo y combustión, estos compuestos se cuantificaron con un promedio de 472.62 ng/g y los HAP de alto peso molecular fueron predominantes ([Wang et al., 2022](#)). Por otro lado, se han encontrado hidrocarburos contaminantes en numerosos cuerpos de agua, como lo son: el Río Tonalá, donde las concentraciones oscilan desde 1.189 µ/L, Río Coatzacoalcos (680 µ/L), Laguna de Mecoacán en Tabasco (112 µ/L), Laguna de Alvarado, Veracruz (18 µ/L), Laguna Bojorquez en Quintana Roo (12 µ/L); otro estudio reporta el análisis de los sedimentos en la laguna Nichupté con concentraciones de hidrocarburos policíclicos aromáticos (54 µg/g) y en Sontecomapan, Veracruz (11.7 µg/g); este tipo de contaminación sugiere que su origen fue derivado de incendios forestales y quemas agrícolas, además existen organismos en esos cuerpos de agua que son sensibles a la presencia de los derivados de petróleo, por lo que al contaminarse el cuerpo de agua, dichos organismos desaparecen, uno de ellos es utilizado en estudios como organismo indicador, es la especie *Artemia salina* L. ([Benítez et al., 2014](#); [Maddela et al. 2016](#)).

Presencia de plaguicidas organoclorados en el agua

Los pesticidas organoclorados son compuestos químicos de origen sintético, que están constituidos por estructuras hidrocarbonadas donde algunos átomos de hidrógeno se han sustituido por átomos de cloro. En la década de los 70's fueron los plaguicidas más utilizados en el ámbito agrícola y como consecuencia se encuentran distribuidos en el ambiente terrestre y acuático ([Calva et al., 1998](#)). Algunos como el Dicloro difenil tricloroetano (DDT), Aldrin, Endrin, Lindano son de los que más se han reportado en la literatura y han sido comercializados en diversas presentaciones (polvos, aerosol y líquidos) ([Zaragoza-Bastida et al., 2016](#)). Químicamente hay tres clases diferentes, a)



derivados de los etanos y el más conocido es el DDT, b) los ciclodienos como el aldrin, clordano, dieldrin, heptachlor, endrin y toxafeno, c) y la serie de los hexaclorociclohexanos como el lindano; todos tienen características muy similares (solubilidad y poca volatilidad) lo cual les confiere resistencia a la degradación química, por el contrario, en contacto con luz ultravioleta del sol, el oxígeno y organismos vivos, se transforman en menor grado, esto da origen a nuevas sustancias, no muy diferentes químicamente pero suelen ser más tóxicas ([Ortíz et al., 2013](#); [Zaragoza-Bastida et al., 2016](#)). Es necesario enfatizar que muchos de estos compuestos se han reportado como cancerígenos y se clasifican como compuestos persistentes, ya que son resistentes a la fotodegradación, la degradación biológica y química. Aún en bajas concentraciones resultan ser tóxicos, debido a su alta solubilidad y su capacidad de bioacumularse, por lo que los efectos pueden presentarse a largo plazo ([Ortíz et al., 2013](#)). Tales propiedades afectan al ecosistema edáfico y acuático dado por la facilidad de movilidad como la volatilidad, solubilidad y degradación. En el caso de un ecosistema acuático, los plaguicidas entran por el proceso de evaporación-condensación vía atmósfera y a su vez, por adsorción o absorción pasan al agua subterránea o puede pasar a las plantas por bioacumulación a través de las raíces. De esta forma se afecta la salud ambiental y en especial, la salud de los organismos presentes en el suelo y en cuerpos acuáticos ([Shefali et al., 2021](#)).

Efecto de los HAPs y plaguicidas organoclorados en el ambiente y la salud humana
Los efectos de los HAPs son variados, por ejemplo, algunos de ellos causan daño en el sistema nervioso central. Los HAPs afecta el sistema inmune, el hígado, el bazo, los riñones y los pulmones. La vía de interferencia que se ha reportado es la membrana y sus sistemas enzimáticos. También se ha demostrado que tienen efectos carcinogénicos y mutagénicos y son potentes inmunosupresores ([Armstrong et al., 2004](#); [Abdel-Shafy & Mansour, 2016](#)). Estos compuestos son altamente solubles en lípidos, por ello, se absorben rápidamente en el tracto intestinal de mamíferos y se distribuyen fácilmente en una amplia variedad de tejidos con una marcada tendencia a la grasa corporal (tejidos grasos) ([Abdel-Shafy & Mansour, 2016](#); [Hunt et al., 2019](#)). También se ha reportado inflamación endotelial cardiovascular en niños expuestos a HAP's y se ha demostrado que causan enfermedad cardiovascular periférica, cardiopatía isquémica mortal y arterioesclerosis ([Xu et al., 2013](#); [Hu et al., 2018](#)).

En cuanto a los plaguicidas ha resultado ser eficientes en el control de plagas y vectores de enfermedades, sin embargo, representan un alto riesgo para los sistemas biológicos; se han reportado problemas de bioacumulación en zooplancton, ictiofauna y aves ([Tison et al., 2024](#)), además de alterar el metabolismo de los organismos. Cuando los ambientes terrestres o acuáticos están contaminados, se da un proceso de bioacumulación en los seres vivos que habitan dichos lugares y afecta organismos de interés económico, como



lo son algunos peces (*Lujanus colorado* y *Mugil curema*) que, al ser consumidos, se transfieren los contaminantes y afecta de esto modo, toda la cadena alimenticia. Esta situación se ha apreciado en sistemas de alta diversidad, con la presencia de 14 plaguicidas y moléculas de heptacloro epóxido, endrin, y aldrin; en algunos casos se ha sobrepasado el límite máximo permisible de la norma ambiental FAO/WHO. Lo anterior se relaciona con la presencia o salida de drenes agrícolas que transportan tales contaminantes ([García-Gutiérrez & Rodríguez-Meza, 2012](#)). Los efectos tóxicos causados por los plaguicidas pueden clasificarse de acuerdo con el periodo de exposición que puede ser de corto (sin exceder las 96 horas) o largo plazo (mayor de 96 horas), o bien por el tipo de exposición que puede ser letal o subletal ([Shekar et al., 2024](#)). El impacto ecológico puede ir desde leves daños hasta grandes trastornos ecológicos con repercusiones en la vida de peces, aves y mamíferos, incluso la salud humana ([Orta, 2002](#)). Por ejemplo, en 2007 para Brasil se reportaron concentraciones de 7.38 ng/g de Dicloro Difenil Dicloroetano (DDD), 11.9 ng/g de Dicloro Difenil Dicloroetileno (DDE) en leche, lo que representa un gran riesgo para la población como resultado de la exposición a la degradación del DDT ([Heck et al., 2007](#)). Esto ha sucedido ya que el DDT es insoluble en agua, pero soluble en grasas y aceites, su volatilidad es baja, por lo que su toxicidad por inhalación es casi nula, solo por aerosoles podría causarse una intoxicación por inhalación. En cuanto a los plaguicidas organoclorados, estos pueden desplazarse a sitios distintos al punto donde son dirigidos y afectan a otros ambientes; al estar presentes de forma constante, se convierten en contaminantes persistentes, su vida media es de 5 años; además de asociarse a los seres vivos por su alta afinidad a la grasa corporal y causa daños metabólicos (disruptores endócrinos) ([Zaragoza-Bastida et al., 2016](#)). Las evidencias existentes sobre los efectos teratogénicos, carcinogénicos, inmunológicos, disruptores endócrinos y de bioacumulación de los plaguicidas organoclorados, los llevaron a su prohibición en el mundo. Aunque los plaguicidas organoclorados, tienen alta persistencia en el ambiente y alto potencial de biomagnificación, los productos de transformación incrementan la complejidad de los efectos tóxicos en el ambiente. La información disponible, muestra que, en la fase ambiental, estas sustancias alcanzan entre el 75 y el 100 % de su degradación en un tiempo de 4 a 30 años. Actualmente, los plaguicidas organoclorados se encuentran en gran parte prohibidos o restringidos, por lo que las compañías de agroquímicos han recurrido a la estrategia de elaborar mezclas de pesticidas, generalmente se utilizan diluyentes o excipientes inertes, que constituyen gran parte del producto final y cuyos efectos nocivos son mayores que el ingrediente activo, los excipientes más comunes son el tetracloruro de carbono y el cloroformo, éstos se consideran hepatotóxicos y neurotóxicos ([Narváez-Valderrama et al., 2012](#)). Las rutas de ingreso de los plaguicidas en los seres vivos comienzan por el consumo de alimentos y agua contaminados, dado que el organismo no los logra desechar, ocurre una



bioacumulación que es turnada a los siguientes eslabones de la cadena trófica ([Rangel-Ortíz et al., 2023](#)), así como, la absorción dérmica de desparasitantes y la inhalación de vapores emitidos al momento de la aplicación ([Jin et al., 2019](#)). Por ejemplo, en un estudio realizado en granjas lecheras de Argentina se aprecia que el agua y el consumo de leche bovina afectan a la salud de los pobladores en distintos grados, de acuerdo, a la edad de las personas (niños problemas en la sangre-metahemoglobina y en adultos problemas de cáncer gástrico) ([Urseler et al., 2022](#)). Los contaminantes se acumulan de un eslabón a otro, por ejemplo, en 1992 se detectaron elevadas concentraciones de DDT, en tejido adiposo de humano (24.82 mg/kg), en personas que consumían leche de una entidad específica de Veracruz ([Ortiz et al., 2013](#)). Al metabolizar la grasa acumulada, estos niveles dañan principalmente al sistema nervioso, ocasiona dolores de cabeza, temblores y convulsiones, náuseas, vómitos y mareos; cuando se está expuesto por mucho tiempo puede causar daño hepático ([Mishra et al., 2011](#); [Meza-Montenegro et al., 2013](#)). Existen registros de madres que tienen este tipo de compuestos en su organismo y lo pasan al feto por medio del cordón umbilical ([Magnarelli et al., 2014](#)).

Métodos de detección o evaluación de contaminantes de HAPs y plaguicidas organoclorados

Los métodos de detección de pesticidas organoclorados y HAPs son eficientes y muy variados (Tabla 1), debido a que se busca utilizar métodos relativamente sencillos pero eficientes y menos costosos. Hasta ahora, el estudio y detección de estos contaminantes, es complejo, al existir gran diversidad de componentes en ellos, por lo que el aspecto determinante es el costo económico, y disponibilidad de instrumentos y reactivos. Dentro del desarrollo de los métodos, se ha observado que es necesario un primer paso, un pretratamiento antes del paso de determinación, que es como una limpieza de la muestra, sobre todo en fases sólidas, como el suelo ([Dalvand & Ghiasvand, 2019](#)). Las técnicas analíticas son variables dado por la evolución de las técnicas donde destaca la cromatografía de gases (CG) o cromatografía líquida de alto rendimiento o ultra rendimiento (HPLC o UPLC) acoplado a la espectrometría de masas (MS) para la identificación y cuantificación de plaguicidas. Sin embargo, con la gran variedad de sustancias y el elevado costo de análisis, se requiere la implementación de estrategias en donde en un solo análisis se logren identificar y cuantificar sustancias de interés. Por ello, se han desarrollado métodos multirresiduos o screening ([Huérzano-Barco & Guerrero-Dallos, 2018](#)). Lo anterior aplica en la extracción de los analitos de interés, por ejemplo, los métodos de micro extracción en fase sólida (SPME), basadas en aguja, que incluyen fase trampa de aguja (NTD), trampa de adsorción capilar con aguja interior, se han desarrollado como un método para preparar las muestras a determinar. Por lo que, en muchos casos, se realiza una combinación de los métodos de extracción y análisis, en ciertos casos, se combinan métodos como la espectroscopia infrarroja y la espectrometría de masas, antes de esto se aplica un pretratamiento de microextracción



líquido-líquido, con lo que se han logrado identificar hidrocarburos aromáticos ([Ortíz et al., 2013](#)).

La mayoría de los métodos requieren equipos o insumos de elevado costo, por lo que, se buscan métodos sencillos y económicos pero eficientes como es el caso de kits de campo que son prácticos en su uso y transporte ([Khezeli et al., 2015](#)), o bien, emplear métodos específicos como el denominado Emulsión-líquido y microextracción basada en solvente. Con este método se tuvo éxito al determinar 10 compuestos, entre hidrocarbonados y policíclicos aromáticos y se logró determinar y recuperar hasta el 90% de éstos. Los métodos reportados en diversas ocasiones se complementan para obtener mejores resultados, ya sea en sensibilidad o en número de compuestos de hidrocarburos contaminantes determinados; y se sigue en la búsqueda de métodos eficientes y económicos que se puedan utilizar. [Makos et al. \(2018\)](#) que combinó tres métodos (microextracción líquido-líquido dispersiva acoplada a cromatografía de gases y espectrometría de masas) con ello logró identificar 22 compuestos aromáticos, monoaromáticos y policíclicos de efluentes post oxidativos de la producción de bitumen de petróleo. Otro método reportado es el uso de sensores que hacen uso de la nanotecnología y los nanomateriales con la ayuda de otras herramientas como la dispersión Raman, la resonancia de plasmones superficiales, la detección fluorescente y la detección electroquímica se han utilizado en diversas áreas como la detección de pesticidas organofosforados y la detección de metales pesados, así como de COP (Contaminantes orgánicos persistentes) ([Zhang & Fang, 2010](#)), detección de trazas de mercurio, detección selectiva de glucosa ([Watanabe & Einaga, 2009](#)), hidrocarburos en aire y solventes orgánicos ([Archer et al., 2005](#)), así como muchas otras aplicaciones con éxito. La condición de volatilidad y solubilidad que tienen los compuestos orgánicos persistentes (hidrocarburos y plaguicidas) propician que en los cuerpos de agua contaminados se lleven a cabo diferentes procesos químicos (oxidación, fotolisis, hidrolisis) y biológicos (biodegradación) que afectan la calidad ([Ríos et al., 2019](#)). Por lo que es importante establecer estrategias de recuperación de éstos y sus sedimentos, así como impulsar leyes que prohíban el uso desmedido de los plaguicidas. La disponibilidad y calidad de los datos colectados en las investigaciones relacionadas a la contaminación de agua en zonas rurales, es una prioridad para los países en desarrollo. Para lograr una mayor confiabilidad de las concentraciones en laboratorio, se debe tener metodologías estandarizadas en la colecta, conservación, transporte y análisis de laboratorio; de ser posible los laboratorios deben ser reconocidos con ejercicios de inter calibración entre estados o países para asegurar datos de calidad. Además de compartir y transparentar los datos en portales accesibles para su adecuada difusión ([Dinede et al., 2023](#)). Los métodos de análisis más empleados se describen en la tabla 1.



Tabla 1. Métodos de evaluación de HAPs y plaguicidas organoclorados reportados

Método	Muestra	Ventaja	Sustancia evaluada	Referencia
LLE(pentanoato de metilo) GC-APLI-QTOF-MS	Agua	Técnicamente sencillo, permite cuantificación rápida	48 HAPs	(Soursou <i>et al.</i> , 2023; Castillo-Bertel <i>et al.</i> , 2013; Makoš <i>et al.</i> , 2018; Prieto-Díaz & Martínez de Villa Pérez, 1999)
Espectroscópico ultravioleta	Agua		Alifáticos y HAPs	(Prieto-Díaz & Martínez de Villa Pérez, 1999)
Cromatografía de gases/ acoplado a un detector de captura de electrones	Aqua/Suelo/Sangre/orina	Se lleva más tiempo que otros métodos y es complejo	Alifáticos y HAPs/ Organoclorados prioritarios	(Dalvand & Ghiasvand, 2019; Makoš <i>et al.</i> , 2018) (Prieto-Díaz & Martínez de Villa Pérez, 1999)
Cromatografía de masas	Aqua de llave, lago, río y residuales	Relativamente sencillo, absorbentes de zeolita	16 y 11 nitro HAPs	(Soursou <i>et al.</i> , 2023)
CG-FID	Aqua de lluvia y agrícola	Sencillo y rápido	8 HAPs	(Soursou <i>et al.</i> , 2023)
Cromatografía de Masas/Masas Quadrupolo EPA8240	Aqua de río, agua de llave Suelo (Fracciones de hidrocarburo)	Complejo por los absorbentes No provee información relativa a la composición del crudo y propone eliminar la presencia de compuestos polares en las muestras de suelo contaminadas	16 HAPs Alifáticos y HAPs	(Soursou <i>et al.</i> , 2023) (Moubasher <i>et al.</i> , 2014)
HPLC-Fluorescencia	Aqua de río, lluvia y costera		Alifáticos y HAPs	(Moubasher <i>et al.</i> , 2014)
HPLC-DAD	Aqua de río	Optimización del pH y sencillo	12 HAPs	(Soursou <i>et al.</i> , 2023)
HPLC	Aqua	Muy sensible	Alifáticos y HAPs / Organoclorados prioritarios	Moubasher <i>et al.</i> , 2014; Polanco Rodríguez <i>et al.</i> , 2015)
Sensores electroquímicos	Suelo, agua y aire	Sencillo y bajo costo	Alifáticos y HAPs / organoclorados prioritarios	
Screening	Frutas y hortalizas	Rapidez y relativa facilidad	Organoclorados prioritarios	(Huérzano Barco & Guerrero Dallos, 2018)

Lo anterior, debe ser claro por la expansión territorial y la mecanización de las actividades agropecuarias que impacta al ambiente. La modernización de las actividades agropecuarias tiene un serio impacto, como la degradación del agua, suelo y aire, el



aumento de la energía, emisiones de los gases de efecto invernadero y la pérdida de la biodiversidad.

CONCLUSIÓN

La contaminación de los cuerpos de agua, ocurre por actividades antropogénicas, esto incluye el uso de pesticidas organoclorados y el uso de maquinaria agrícola que al quemar combustible genera concentraciones de HAPs, así como las quemas que se realizan de residuos agrícolas. Estos compuestos son transportados mediante lixiviación a cuerpos de agua superficiales y subterráneos, algunos de ellos son resistentes a la degradación biológica por lo que se vuelven persistentes en el ambiente. En cuanto a los efectos que causan, ambos grupos (HAPs y Organoclorados) tienen diversos efectos dañinos en el organismo de gran impacto como la acción carcinogénica que ambos detonan. En cuanto a los métodos de análisis, existe gran variedad de métodos que se complementan para una determinación más exacta, tanto de la sustancia como de la concentración; en función de la disponibilidad de métodos de análisis, se logra la oportuna detección y así lograr tomar medidas precautorias o correctivas. Por lo que es necesario mantener monitoreada de forma constante el agua de drenes, ríos, lagos, lagos temporales u ojos de agua en zonas rurales para conocer la magnitud y la trazabilidad de los contaminantes.

LITERATURA CITADA

- ABDEL-SHAFY HI, Mansour MS. 2016. A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: Source, environmental impact, effect on human health and remediation. *Egyptian Journal of Petroleum*. 25:107-123. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2015.03.011>
- ARCHER M, Christophersen M, Fauchet PM. 2005. Electrical porous silicon chemical sensor for detection of organic solvents. *Sensors and Actuators, B: Chemical*. 106(1):347-357. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2004.08.016>
- ARMENTA-ARTEAGA G, Elizalde-González MP. 2003. Contamination by HAP, PCB, PCP y metales pesados en el agua y los sedimentos del estuario de Mecoácfín tras un derrame de petróleo. *Journal Soils & Sediments*. 3:35-40.
<https://doi.org/10.1007/BF02989467>
- ARMSTRONG B, Hutchinson E, Unwin J, Fletcher T. 2004. Lung cancer risk after exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: A review and meta-analysis. *Environmental Health Perspectives*. 112:970-978. <https://doi.org/10.1289/ehp.689>
- BENÍTEZ JA, Cerón-Bretón RM, Cerón-Bretón JG, Rendón-Von-Osten J. 2014. The environmental impact of human activities on the Mexican coast of the Gulf of Mexico: Review of status and trends. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. 181:37-50. <https://doi.org/10.2495/EID140041>



CALVA LG, Torres-Alvarado MR. 1998. Plaguicidas Organoclorados. *ContactoS*. 30(1):35-46.

https://www.researchgate.net/publication/333732372_Plaguicidas_OrganocloradosCAN_TU-Soto

CANTU-SOTO EU, Meza-Montenegro MM, Valenzuela-Quintanar AI, Félix-Fuentes A, Grajeda-Cota P, Balderas-Cortes JJ, Osorio-Rosas CL, Acuña-García MG, Aguilar-Apodaca MG. 2011. Residues of Organochlorine Pesticides in Soils from the Southern Sonora, Mexico. *Boletín De Contaminación Ambiental y Toxicología*. 87:556-560.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00128-011-0353-5>

CASTILLO-BERTEL ME, Herrera-Franco JG, Acevedo-Barrios RL, Severiche-Sierra CA. 2013. Evaluación analítica para la determinación de hidrocarburos totales en aguas por espectroscopia Infrarroja. *Bolivian Journal of Chemistry*. 30(2):146-152.

<http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v30n2/v30n2a07.pdf>

DALVAND K, Ghiasvand A. 2019. Simultaneous analysis of PAHs and BTEX in soil by a needle trap device coupled with GC-FID and using response surface methodology involving Box-Behnken design. *Analytica Chimica Acta*. 1083:119-129.

<https://doi.org/10.1016/j.aca.2019.07.063>

DINEDE G, Bihon W, Gazu L, Foukmeniok Mbokou S, Girma S, Srinivasan R, Roothaert R, Grace D, Gashaw H, Knight-Jones TJD. 2023. Assessment of pesticide residues in vegetables produced in central and eastern Ethiopia. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 7:e1143753. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1143753>

GARCÍA-GUTIÉRREZ C, Rodríguez-Meza GD. 2012. Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. *Ra Ximhai*. 8 (3b):1-10.

<https://www.redalyc.org/pdf/461/46125177005.pdf>

GIL JM, Soto MA, Usma IJ, Gutiérrez DO. 2012. Emerging contaminants in waters: effects and possible treatments Contaminantes emergentes em águas, efeitos e possíveis tratamentos. *Producción + Limpia*. 7(2):25-73.

<http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>

HECK MC, Sifuentes dos Santos J, Bogusz-Junior S, Costabeber I, Emanuelli T. 2007. Estimation of children exposure to organochlorine compounds through milk in Rio Grande do Sul, Brazil. *Food Chemistry*. 102(1): 288-294.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.05.019>



HU C, Hou J, Zhou Y, Sun H, Yin W, Zhang Y, Yuan J. 2018. Association of polycyclic aromatic hydrocarbons exposure with atherosclerotic cardiovascular disease risk: A role of mean platelet volume or club cell secretory protein. *Environmental Pollution*. 233:45-53. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.10.042>

HUÉRFANO-BARCO IM, Guerrero-Dallos JA. 2018. Método qualitativo rápido (Screening) para a detecção de resíduos de pesticidas nas frutas e nos vegetais. *Revista Colombiana de Química*. 47(1):16-26.

<https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v47n1.62240>

HUNT LJ, Duca D, Dan T, Knopper LD. 2019. Petroleum hydrocarbon (PHC) uptake in plants: A literature review. *Environmental Pollution*. 25:472-484.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.11.012>

IQRA Zahoor, Ayesha Mushtaq 2023. Water Pollution from Agricultural Activities: A Critical Global Review. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*. 23(1):164-176. <https://www.iscientific.org/wp-content/uploads/2023/05/19-IJCBS-23-23-24.pdf>

JIAMAN-MA A, Eldon-R RB, Zongyao-Chen XC, Weifang M. 2022. Fate of PAHs in treated wastewater reused as irrigation water: Environmental risks in water-soil-ryegrass multimedia system. *Journal of Hazardous Materials*. 424 (Part B):1-11.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18778-0.00014-3>

JIN X, Liu Y, Qiao X, Guo R, Liu C, Wang X, Zhao X. 2019. Risk assessment of organochlorine pesticides in drinking water source of the Yangtze River. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 182:1-6. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109390>

KHEZELI T, Daneshfar A, Sahraei R. 2015. Emulsification liquid–liquid microextraction based on deep eutectic solvent: An extraction method for the determination of benzene, toluene, ethylbenzene and seven polycyclic aromatic hydrocarbons from water samples. *Journal of Chromatography A*. 1425:25-33. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2015.11.007>

LINHE S, Huijun Z, Jixiang L, Bei L, Yajun C, Dongrui Y. 2021. A New Green Model for the Bioremediation and Resource Utilization of LivestockWastewater. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18(8634):2-13.

<https://doi.org/10.3390/ijerph18168634>

MADDELA NR, Burgos R, Kadiyala V, Carrion AR, Bangeppagari M. 2016. Removal of petroleum hydrocarbons from crude oil in solid and slurry phase by mixed soil microorganisms isolated from Ecuadorian oil fields. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 108:85-90. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2015.12.015>



MAGNARELLI G, Guiñazú N, Rovedatti M. 2014. Exposición ambiental a plaguicidas en la vida intrauterina: Mecanismos toxicológicos involucrados en los efectos a corto y largo plazo. *Ciencia e Investigación.* 64(5):2-16. <https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2018/01/RevistasCel/tomo64-5/Rev-cei64-5-3.pdf>

MAKOŚ P, Fernandes A, Boczkaj G. 2018. Method for the simultaneous determination of monoaromatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in industrial effluents using dispersive liquid–liquid microextraction with gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Separation Science.* 41(11):2360-2367.

<https://doi.org/10.1002/jssc.201701464>

MESA-MESA L, Falcón-Hernández J. 2017. Evaluación del Grado de Contaminación por Petróleo en Aguas de la Bahía de Santiago de Cuba. *Revista Boliviana de Química.* 34(2):56-64. http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v34n2/v34n2_a03.pdf

MEZA-MONTENEGRO MM, Valenzuela-Quintanar AI, Balderas-Cortés JJ, Yañez-Estrada L, Gutiérrez-Coronado ML, Cuevas-Robles A, Gandolfi AJ. 2013. Exposure Assessment of Organochlorine Pesticides, Arsenic, and Lead in Children from the Major Agricultural Areas in Sonora, Mexico. *Arch Environ Contam Toxicol.* 64:519-527. <https://doi.org/10.1007/s00244-012-9846-4>

MISHRA K, Sharma RC, Kumar S. 2011. Organochlorine pollutants in human blood and their relation with age, gender and habitat from North-east India. *Chemosphere.* 85(3):454-464. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.07.074>

MONFORTE García G, Cantú Martínez CP. 2009. Escenario del agua en México. *CULCyT/Recursos Hídricos.* 6(30):31-40.
<http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/356/336>

MOUBASHER HA, Hegazy AK, Mohamed NH, Moustafa YM, Kabil HF, Hamad AA. 2014. Phytoremediation of soils polluted with crude petroleum oil using Bassia scoparia and its associated rhizosphere microorganisms. *International Biodeterioration & Biodegradation.* 98:113-120. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.11.019>

MUSA S, Gichuki JW, Raburu PO, Aura CM. 2011. Risk assessment for organochlorines and organophosphates pesticide residues in water and Sediments from lower Nyando/Sondu-Miriu River within Lake Victoria Basin, Kenya. *Lakes and Reservoirs: Research and Management.* 16(4):273-280. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1770.2011.00486.x>



NARVÁEZ-VALDERRAMA J, Palacio-Baena J, Molina-Pérez F. 2012. Persistencia de plaguicidas en el ambiente y su ecotoxicidad: Una revisión de los procesos de degradación natural. *Gestión y Ambiente*. 15(3):27-38.

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/36278/37821>

NERINA-BELÉN L, Koch E, D'Angelo JA, Ciocco FN, Altamirano CJ. 2014. Sediment physicochemical properties condition pollutant association: a multivariate study of polybrominated diphenyl ethers on the Mendoza River irrigation areas. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*. 46(2):57-71.

<https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCA/article/view/5604>

URSELER N, Bachetti R, Biolé F, Morgante V, Morgante C. 2022. Atrazine pollution in groundwater and raw bovine milk: Water quality, bioaccumulation and human risk assessment. *Science of the Total Environment*. 852:2-12.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158498>

SECRETARÍA de Salud. 2021. NOM-127-SSA1-2021. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. DOF - Diario Oficial de la Federación. México.

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5650705

ONDARZA PM, Gonzalez M, Fillmann G, Miglioranza KS. 2014. PBDEs, PCBs and organochlorine pesticides distribution in edible fish from Negro River basin, Argentinean Patagonia. *Chemosphere*. 49:135-142.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.09.064>

ORTA AL. 2002. Contaminación de las aguas por plaguicidas químicos. *Fitosanidad*. 6(3): 55-62. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209118292006>

ORTÍZ I, Avila-Chávez MA, Torres GL. 2013. Plaguicidas en México: usos, riesgos y marco regulatorio. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*. 4(1): 26-46. <https://doi.org/10.7603/s40-01-00>

PACIN C, Martínez-Abaigar J, Núñez-Olivera E, Aboal J, Nicola F, Fernández JA. 2023. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) levels in PM 10 and bulk deposition using Mossphares: A pilot study in an urban environment. *Environmental Research*. 223: e115406. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115406>

PHILLIPS PJ, Nowell LH, Gilliom RJ, Nakagaki N, Murray KR, VanAlstyne C. 2010. Composition, distribution, and potential toxicity of organochlorine mixtures in bed sediments of streams. *Science of the Total Environment*. 408(3):594-606.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.09.052>



POLANCO-RODRÍGUEZ AG, Navarro-Alberto JA, Solorio-Sánchez J, Mena-Rejón GJ, Marrufo-Gómez J, Del-Valls-Casillas TA. 2015. Contamination by organochlorine pesticides in the aquifer of the Ring of Cenotes in Yucatán, México. *Water and Environment Journal.* 29(1):140-150. <https://doi.org/10.1111/wej.12080>

PRIETO-DÍAZ VI, Martínez-De-Villa Pérez A. 1999. La Contaminación de las Aguas por hidrocarburos: Un Enfoque para Abordar su Estudio. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología.* 37(1):13-20. <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v37n1/hie03199.pdf>

RANGEL-ORTÍZ E, Landa-Cansigno O, Páramo-Vargas J, Camarena-Pozos D. 2023. Prácticas de manejo de plaguicidas y percepciones de impactos a la salud y al medio ambiente entre usuarios de la cuenca del Río Turbio, Guanajuato, México. *Acta Universitaria.* 33:1-26. <https://doi.org/10.15174/au.2023.3749>

RÍOS JM, Ruggeri MF, Poma G, Malarvannan G, Covaci A, Puliafito SE, Altamirano JC. 2019. Occurrence of organochlorine compounds in fish from freshwater environments of the central Andes, Argentina. *Science of The Total Environment.* 693:1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.195>

SANTANA-GÓMEZ MA, Rodríguez-Heredia D, Díaz-Velázquez M, Miriam-Salazar P. 2016. Evaluation of the contamination for hydrocarbons in Santiago de Cuba's Bay. *Revista Cubana de Química.* 28(2):554-560.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212016000200002

SARIKA S. 2024. Water pollution in rural areas: Primary sources and associated health issues. En: Water Resources Management for Rural Development: Challenges and Mitigation, Elsevier Inc. ISBN: 978-0-443-18778-0. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18778-0.50003-8>

SHARMA K, Rajan S, Kanta-Nayak S. 2023. Water pollution: Primary sources and associated human health hazards with special emphasis on rural areas. En: Water Resources Management for Rural Development: Challenges and Mitigation, Elsevier Inc. Pp. 3-14. ISBN:978-0-443-18778-0. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18778-0.00083-0>

SHEFALI RK, Mahipal-Singh S, Rajeev K, Swaroop SS. 2021. Impact of Pesticide Toxicity in Aquatic Environment. *Biointerface Research in Applied Chemistry.* 11(3):10131-10140. <https://doi.org/10.33263/BRIAC113.1013110140>

SHEKHAR C, Khosya R, Thakur K, Mahajan D, Kumar R, Kumar S, Kumar SA. 2024. A systematic review of pesticide exposure, associated risks, and long-term human health impacts. *Toxicology Reports.* 13, e101840. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2024.101840>



SOURSOU V, Campo J, Picó Y. 2023. Revisiting the analytical determination of PAHs in environmental samples: An update on recent advances. *Trends in Environmental Analytical Chemistry*. 37, e00195. <https://doi.org/10.1016/j.teac.2023.e00195>

TISON L, Beaumelle L, Monceau K, Thiéry D. 2024. Transfer and bioaccumulation of pesticides in terrestrial arthropods and food webs: State of knowledge and perspectives for research. *Chemosphere*. 357, e142036.

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142036>

UDIWAL KH, Patel VM. 2010. Restoration of Oil Contaminated Soil by Bioremediation for Ground Water Management and Environment Protection. *International Journal of Chemical, Environmental and Pharmaceutical Research*. 1(1):17-26.

<https://www.ijcepr.in/vol-1/issue-1/4.pdf>

URSELER N, Bachetti R, Biolé F, Morgatnre V, Morgante C. 2022. Atrazine pollutin in groundwater and raw bovine milk: Water quaility, bioaccululation and human risk assessment. *Sciencie of The Total Envormenta*. 852, e158498.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158498>

VERA-ÁVILA LE, Cázares-Ibáñez EA, Covarrubias-Herrera R, Camacho-Frías E. 2002. Metodología en línea para la determinación de hidrocarburos aromáticos polinucleares en agua al nivel de ultratrazas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 18(1): 5-16. <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/25290>

WATANABE T, Einaga Y. 2009. Design and fabrication of nickel microdisk-arrayed diamond electrodes for a non-enzymatic glucose sensor based on control of diffusion profiles. *Biosensors and Bioelectronics*. 24(8):2684-2689.

<https://doi.org/10.1016/j.bios.2009.01.041>

WANG L, Ren X, Wang X, Ye P, Wang F, Cheng J, Chen Y, Yu A, Zhang L, Qiu Y. 2022. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) In the Upstream Rivers of Taihu Lake Basin, China: Spatial Distribution, Sources and Environmental Risk. *Environmental Science and Pollution Research*. 29:23690-23699. <http://doi.org/10.1007/s11356-021-17598-w>

XU X, Hu H, Kearney GD, Kan H, Sheps DS. 2013. Studying the effects of polycyclic aromatic hydrocarbons on peripheral arterial disease in the United States. *Science of the Total Environment*. 6(1):43-55. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.089>

ZARAGOZA-BASTIDA A, Valladares-Carranza B, Ortega-Santana C, Zamora-Espinosa, J, Velázquez-Ordoñez V, Aparicio-Burgos J. 2016. Implications of the use of organochlorine in the environment, and public health. *Abanico veterinario*. 6(1):43-55. <https://abanicoacademico.mx/revistasabano/index.php/abanico-veterinario/article/view/53/39>



ZAHOR I, Mushtaq A. 2023. Water Pollution from Agricultural Activities: A Critical Global Review. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*. 21(1):164-176. <https://www.iscientific.org/wp-content/uploads/2023/05/19-IJCBs-23-23-24.pdf>

ZHANG L, Fang M. 2010. Nanomaterials in pollution trace detection and environmental improvement. *Nano Today*. 5(2):128-142. <https://doi.org/10.1016/j.nantod.2010.03.002>

ZHAO Zhonghua, Lu Zhang, Jinglu Wu. 2015. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and organochlorine pesticides (OCPs) in sediments from lakes along the middle-lower reaches of the Yangtze River and the Huaihe River of China. *Limnology and Oceanography*. 61(1):47-60. <https://doi.org/10.1002/lno.10197>

ZHOU R, Zhu L, Chen Y, Kong Q. 2008. Concentrations and characteristics of organochlorine pesticides in aquatic biota from Qiantang River in China. *Environmental Pollution*. 151(1):190-199. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.02.015>

Errata, Erratum

<https://abanicoacademico.mx/revistasabano-version-nueva/index.php/abanico-agroforestal/errata>