Evaluación de contaminantes orgánicos en los sedimentos provenientes del lago Xolotlán*

Evaluation of organic pollutants in sediments from Lake Xolotlán

Gioconda Patricia Matus Rodríguez[1]

CC BY NC SA

Fecha de recepción: 19 de diciembre de 2025
Fecha de aprobación: 08 de agosto de 2026

Resumen

El lago Xolotlán, en Nicaragua, enfrenta una problemática de contaminación por plaguicidas, derivada de la actividad agrícola en su cuenca. A pesar de la existencia de regulaciones nacionales a través de la CNRCST (Comisión Nacional de Registro y Control de Sustancias Tóxicas), las descargas directas de sólidos, aguas residuales y agroquímicos han provocado el deterioro de la calidad del lago.

La ausencia de registros recientes sobre la contaminación por plaguicidas en el Lago Xolotlán motivó la presente investigación, cuyo objetivo fue evaluar el grado de contaminación por plaguicidas organoclorados, organofosforados, herbicidas triazinas, insecticidas piretroides y fungicidas en los sedimentos del lago Xolotlán, comparar las concentraciones detectadas con las directrices canadienses de calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática, evaluar los posibles efectos de estos contaminantes en la comunidad acuática, establecer una línea base actualizada para futuros estudios de monitoreo y gestión ambiental en la cuenca.

Por esta razón, se realizó un estudio cuantitativo en el que se recolectaron muestras de sedimentos superficiales en seis sitios del lago Xolotlán durante cuatro períodos (julio 2014, abril 2015, marzo 2016 y agosto 2016).

Se detectó la presencia de pp-DDT, pp-DDE, endosulfán I, endosulfán II, heptacloro epóxido, etil paratión y cipermetrina en los sedimentos del lago Xolotlán, lo que confirma la persistencia de estos contaminantes en el ecosistema. En algunos sitios, las concentraciones de pp-DDE y pp-DDT superaron los niveles umbral de efecto (ISQG) establecidos en las directrices canadienses, lo que sugiere posibles efectos adversos en la biota acuática.

* Artículo de investigación científica.

[1] Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua). Correo: gioconda.matus@cira.unan.edu.ni. https://orcid.org/0000-0001-5095-1582

La presencia de cipermetrina, endosulfán y etil paratión, aunque carecen de valores guía internacionales para sedimentos, sugiere la necesidad de una gestión del riesgo más precisa debido a su toxicidad aguda para organismos acuáticos. La acumulación histórica de estos plaguicidas pone en peligro la ecológica del lago y representa un riesgo indirecto para la salud humana.

Palabras clave:

sedimentos, plaguicidas organoclorados, calidad de sedimentos.

Clasificación JEL:

Q53; Q57; Q58

Abstract

Lake Xolotlán, in Nicaragua, faces a pesticide pollution problem stemming from agricultural activity in its watershed. Despite the existence of national regulations through the CNRCST (National Commission for the Registration and Control of Toxic Substances), direct discharges of solids, wastewater, and agrochemicals have led to a decline in the lake's water quality.

The lack of recent records on pesticide pollution in Lake Xolotlán motivated this research, which aimed to evaluate the degree of contamination by organochlorine pesticides, organophosphates, triazine herbicides, pyrethroid insecticides, and fungicides in the lake's sediments; compare the detected concentrations with Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life; assess the potential effects of these pollutants on the aquatic community; and establish an updated baseline for future monitoring and environmental management studies in the watershed.

For this reason, a quantitative study was conducted in which surface sediment samples were collected from six sites in Lake Xolotlán during four periods (July 2014, April 2015, March 2016, and August 2016).

The presence of pp-DDT, pp-DDE, endosulfan I, endosulfan II, heptachlor epoxide, ethyl parathion, and cypermethrin was detected in the Lake Xolotlán sediments, confirming the persistence of these contaminants in the ecosystem. In some sites, the concentrations of pp-DDE and pp-DDT exceeded the Interim Sediment Quality Guideline (ISQG) thresholds established in Canadian guidelines, suggesting potential adverse effects on aquatic biota.

The presence of cypermethrin, endosulfan, and ethyl parathion, while lacking international reference values for sediments, suggests the need for more precise risk management due to their acute toxicity to aquatic organisms. The historical accumulation of these pesticides endangers the lake's ecology and poses an indirect risk to human health.

Keywords:

sediments, organochlorine pesticides, sediment quality.

Introducción

Nicaragua se caracteriza de ser un país altamente agrícola, lo que ha dado origen el uso frecuente de los plaguicidas sin ningún control ambiental. Estos contaminantes posiblemente estén llegando al lago Xolotlán por escurrimiento de tierras agrícolas aledañas, inundaciones causadas por

huracanes, infiltración de vertederos municipales adyacentes, incorporadas al polvo y transportados por el viento, y por el ingreso directo de diversos efluentes.

Uno de los cuerpos de agua más afectados por plaguicidas es el lago Xolotlán debido a las descargas directas de sólidos, aguas residuales, domésticas, industriales y agroquímicos, que provocan el deterioro de la calidad del ecosistema. Lamentablemente, los sedimentos actúan como sumideros de los contaminantes orgánicos, especialmente de sustancias hidrófobas y persistentes, como son los pesticidas, que se acumulan en el fondo, entran en la cadena alimentaria y representan un riesgo para la salud humana y la vida acuática.

Toda la microcuenca del lago Xolotlán y la zona interlagos es utilizada para cultivos con aplicación de agroquímicos. El agua servida de la ciudad de Managua, con tratamiento segundario es descargada al lago Xolotlán. Existen zonas de ganadería intensiva.

Con el fin de prevenir los daños que pudieren causar el manejo y mal uso de los plaguicidas, Nicaragua, a través de CNRCST-Comisión Nacional de Registro y Control de Sustancias Tóxicas, bajo la Ley 274, "Ley Básica para la Regulación y Control de Plaguicidas, Sustancias Tóxicas, Peligrosas y Otras Similares", regula y coordina las políticas, acciones y actividades relacionadas con la importación, exportación, producción, comercialización, distribución, uso y consumo, monitoreo y fiscalización de estas sustancias tóxicas, con el propósito de proteger la actividad agropecuaria sostenible, la salud humana, los recursos naturales, la seguridad y la higiene laborales, así como el ambiente (CNRCST, 2026).

En consecuencia, esta investigación resulta de gran relevancia, ya que contribuye a generar información sobre el estado actual de los sedimentos y la posible problemática de los plaguicidas en los organismos acuáticos.

La universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua), a través de centro de investigación de recursos Acuático (CIRA), ha realizados estudio de plaguicidas en los sedimentos el lago Xolotlán, determinando presencia de plaguicidas organoclorados el DDT y sus metabolitos DDE o DDD, en bajas concentraciones en todos los sitios estudiados (Montenegro, 1992).

Los plaguicidas organoclorados son un grupo de compuestos muy persistentes, poco solubles en el agua y con tendencia a bioacumularse. Por su baja biodegradación y persistencia, aún continúan detentándose en suelos y aguas. La Legislación Nicaragüense prohíbe el uso de algunos de ellos; sin embargo, aún siguen siendo utilizados (Aburto, 2018).

Según monitoreos de calidad del agua realizados por Enacal (2007, 2008), Ineter, CIRA y Marena (2010) en el lago Xolotlán, se detectaron trazas del plaguicida organoclorado heptacloro (Aburto, 2018). No obstante, los informes concluyen que dichas concentraciones no representan un riesgo para la biota ni para la calidad del recurso hídrico.

Debido la ausencia de registros recientes sobre contaminación por plaguicidas en el lago Xolotlán, este estudio aporta información para la actualización de diagnósticos que permiten documentar el estado actual del cuerpo de agua, así mismo, establece una línea base actualizada que sirve como referente indispensable para futuros estudios de monitoreo y gestión ambiental en la cuenca.

El estudio evaluó el grado de contaminación por plaguicidas de los sedimentos del lago Xolotlán, comparando las concentraciones detectadas con las directrices canadienses de calidad de sedimentos de agua dulce para la protección de la vida acuática y evaluar los efectos que estos contaminantes pueden tener en la comunidad acuática.

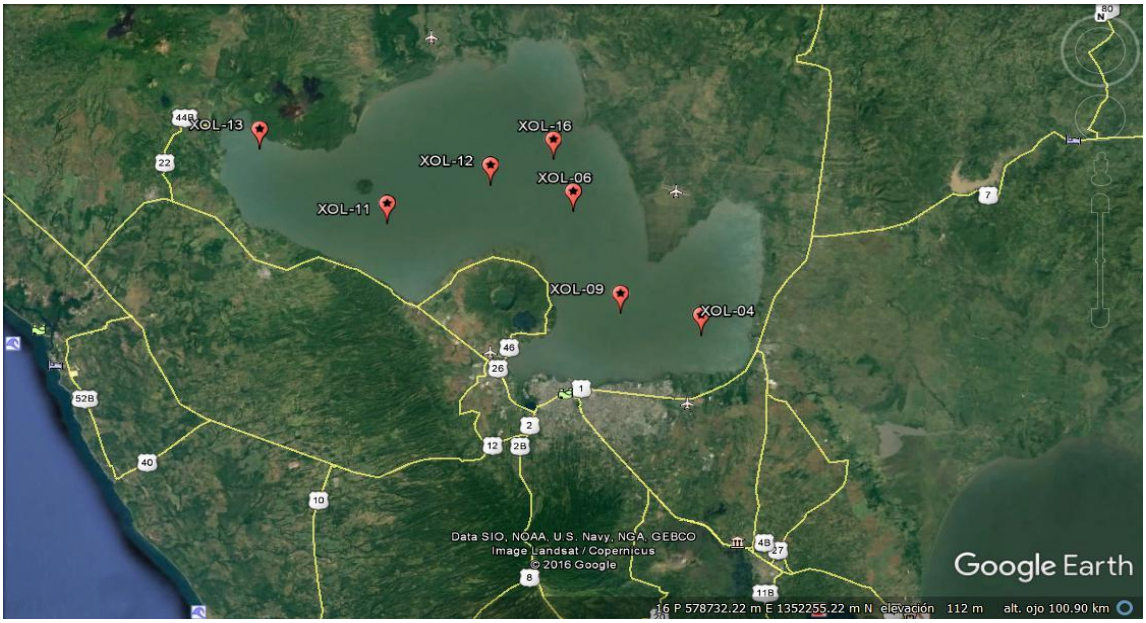
Materiales y métodos

Esta investigación es de carácter cuantitativo porque se basa en la recopilación y el análisis de datos numéricos para determinar las concentraciones de plaguicidas en los sedimentos del lago Xolotlán, en la cuidad de Managua. Este lago también es conocido como Lago de Managua; en extensión, es el segundo más grande de Nicaragua después del Cocibolca o Lago de Nicaragua. Tiene una profundidad promedio de 7.8 m, con una superficie de 1016 km2. Su cuenca es endorreica y sus aguas no se comunican con las del lago de Nicaragua o lago Cocibolca.

Para este estudio se seleccionaron seis sitios de muestro identificados como XOL-04, XOL-06, XOL-09, XOL-11, XOL-12 y XOL-13, XOL-16, como se puede observar en figura 1; estos sitios fueron estudiados durante un periodo de tres años, 2014, 2015 y 2016 (tabla 1).

Figura 1.

En estos sitios se colectaron muestras de sedimentos superficiales, durante un periodo de tres años: julio 2014 (época lluviosa), abril 2015 (época seca), marzo 2016 (época seca) y agosto 2016 (época lluviosa)



Nota. Tomado de Google Earth.

Tabla 1.
Sitios seleccionados para la colecta de muestras

Identificación del sitio		Coordenadas		Período de muestreo			
Nombre	**Código**	**Este**	**Norte**	**Julio 2014**	**Abril 2015**	**Marzo 2016**	**Agosto 2016**
Frente al efluente de las PTAS*	XOL-04	591729	1349894	✓	✓	×	×
Frente al teatro Rubén Darío	XOL-06	578410	1363296	✓	✓	×	×
Entre la bahía sur y norte	XOL-09	583456	1352122	✓	✓	✓	✓
Bahía norte 1	XOL-11	559459	1361581	✓	✓	×	✓
Bahía norte 2	XOL-12	569911	1366027	✓	✓	×	×
Frente a Momotombo	XOL-13	546269	1369546	✓	✓	✓	✓
Río Pacora	XOL-16	576272	1368989	×	×	✓	×

✓ Muestra colectada en el sitio seleccionado

× No se colectaron muestras

* Planta de tratamiento de aguas servidas

Nota. Elaboración propia.

Es importante resalar que, en el tercero y cuarto período de muestreo, época seca y lluviosa 2016, respectivamente, solo se colectaron muestras de sedimento en los sitios identificados como XOL-09, XOL-11 y XOL-13 y en un nuevo sitio seleccionado identificado como XOL-16.

Pretratamiento de la muestra y procedimiento analítico

Pretratamiento de la muestra

La muestra de sedimento fue extendida en una bandeja de metal y puesta a secar a temperatura menor a 25 °C, triturada en un mortero, tamizada con un tamiz de luz de malla de 630 µm, almacenada en embaces de vidrio y a una temperatura menor a 4 °C.

Procedimiento de análisis

20 gramos de sedimentos secos son extractados con hexano (CAS n.o 110-54-3) y diclorometano (CAS n.º 75-09-2), utilizando agitación vorte y equipo ultrasónico, aplicando el método de extracción ultrasónica 3550 de la EPA. Los extractos son filtrados a través de lanada vidrio y sulfato

de sodio anhidro (CAS n.o 7757-82-6). Los extractos fueron purificando, aplicando limpieza en columna empacada con adsorbente Florisil (F100-500), método 3620B de la EPA. El extracto purificado es reconcentrado y aforado a un volumen de 1Rml con el solvente n-hexano, obteniendo compuestos orgánicos semivolátiles purificados y listos para ser analizados.

Se utilizaron estándares de alta pureza para identificar y cuantificar 21 plaguicidas organoclorados, 12 plaguicidas organofosforados, 4 piretroides, 4 fungicidas aromáticos y 11 herbicidas triazinas.

Los extractos orgánicos de las muestras de sedimentos fueron inyectados y analizados en un cromatógrafo de gases con detector de captura de electrones ECD (GC/ECD), marca PerkinElmer, Clarus 500, equipado con una columna capilar DB5 y un procesador de datos.

Resultados y discusión

El sedimento del lago Xolotlán fue analizado los siguientes grupos de contaminantes orgánicos: plaguicidas organoclorados, plaguicidas organofosforados, herbicidas triazinas insecticidas, piretroides y fungicidas aromáticos analizado en cuatro períodos de muestreos, correspondiente a julio 2014, abril 2015, marzo 2016 y agosto 2016.

De los diferentes grupos de contaminantes orgánicos estudiados en las muestras de sedimentos, se logró determinar la presencia del pp-DDT, pp-DDE, endosulfán I, endosufán II, heptacloro epóxido, etil paratión y cipermetrina.

En los dos primeros períodos de muestreos en julio 2014 y abril 2015, se detectó la presencia de dos compuestos pertenecientes al grupo de los plaguicidas organoclorados con capacidad persistentes; estos son el pp-DDE y heptacloro epóxido (tabla 2). En julio 2014 el pp-DDE cuantificado presentó un valor máximo de 2,19 ng·g-1 en el sitio identificado como XOL-04 (frente al efluente de las PTAS) y un valor mínimo de 0,29 ng·g-1 en el sitio identificado como XOL-09 (entre la bahía sur y norte) con un valor promedio de 1,09 ng·g-1. En el caso de abril 2015, en que el régimen de evaporación es alto, los niveles aumentaron ligeramente con respecto a la época lluviosa (julio 2014), cuando el arrastre de fondo es más probable.

Tabla 2.
Plaguicidas encontrados en sedimentos del Lago Xolotlán, primero y segundo período de muestreo (julio 2014: época lluviosa y abril 2015: época seca), expresados en ng·g-1 (peso seco)

Plaguicidas organoclorados	Frente al efluente de las PTAS (XOL-04)		Frente al teatro Rubén Darío (XOL-06)		Entre la bahía sur y norte (XOL-09)		Bahía norte 1 (XOL-11)		Bahía norte 2 (XOL-12)		Frente a Momotombo (XOL-13)	
	Época lluviosa	Época seca	Época lluviosa	Época seca	Época lluviosa	Época seca	Época lluviosa	Época seca	Época lluviosa	Época seca	Época lluviosa	Época seca
pp-DDE	1,10	2,19	0,83	0,99	0,29	1,34	1,25	1,26	1,56	1,29	0,33	0,70

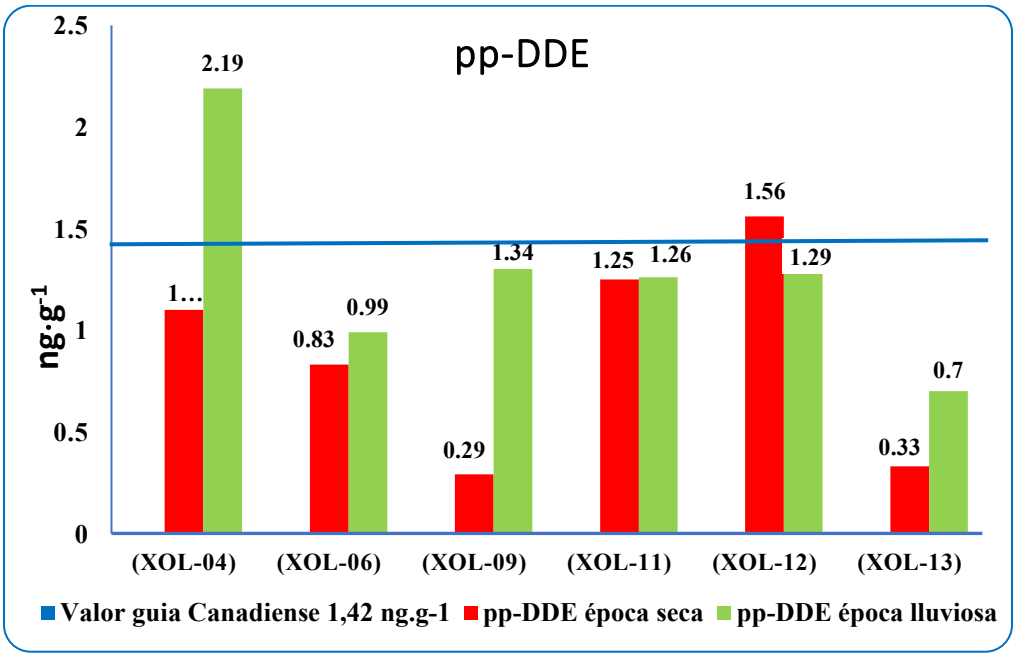
Heptacloro epóxido	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	AND	0,33	AND	0,31

AND analizado, no detectado. Límite de detección del pp-DDE: 0,03 ng·g-1. Límite de detección del heptacloro epóxido: 0,05 ng·g-1. Nota. Elaboración propia.

El heptacloro epóxido únicamente se detectó en el sedimento del segundo período de muestreo (abril 2015), en los sitios XOL-12 (bahía norte 2) y XOL-13 (frente a Momotombo), en niveles de 0.33 ng·g-1 y 0.31 ng·g-1 respectivamente (tabla 2). Estos niveles no superan el valor guía por la norma canadiense establecido para el nivel umbral de efecto (ISQG) que es de 0,60 ng·g-1. Estos niveles no representan peligro para la biota (tabla 4).

Se destaca también que los niveles de pp-DDE encontrados en los sitios XOL-04 (frente al efluente de las PTAS) con 2,19 ng·g-1 y XOL-12 (bahía norte 2) con 1.56 ng·g-1 superan el valor guía canadiense establecido para el nivel umbral de efecto (ISQG), que es de 1,42 ng·g-1, por lo que se presume que ocurran efectos adversos sobre la biota de estos sitios (figura 2).

Figura 2.
Concentración de pp-DDE cuantificados en sedimento en julio 2014 (época lluviosa) y abril 2015 (época seca) expresado en ng·g-1



Nota. Elaboración propia.

Es notoria la presencia de plaguicidas organoclorados (tabla 3), que se utilizaron ampliamente en décadas pasadas y han sido prohibidos debido a su alta persistencia en el medio ambiente y su capacidad de bioacumularse y biomagnificarse (CIRA/UNAN, 2011).

En el tercero y cuarto período de muestreo, en marzo 2016 y agosto 2016, respectivamente, se detectaron cuatro compuestos pertenecientes al grupo de los plaguicidas organoclorados, pp-DDT, pp-DDE, endosulfán I y endosufán II; una molécula perteneciente al grupo de los plaguicidas organofosforados, etil paratión; y un insecticida piretroides, cipermetrina (tabla 3).

Los niveles detectados del pp-DDE en el sedimento colectado en el tercero y cuarto período de muestreo se muestran en la figura 3; estos reportan una concentración máxima de 2.20 ng·g-1 en marzo de 2016, la cual supera el valor guía canadiense establecido para el nivel umbral de efecto (ISQG) que es de 1.42 ·g-1, y una concentración mínima de 0.72 ng·g-1 (agosto 2016), ambos en el sitio XOL-13 (frente a Momotombo) y una concentración promedio de 1.20 ng·g-1.

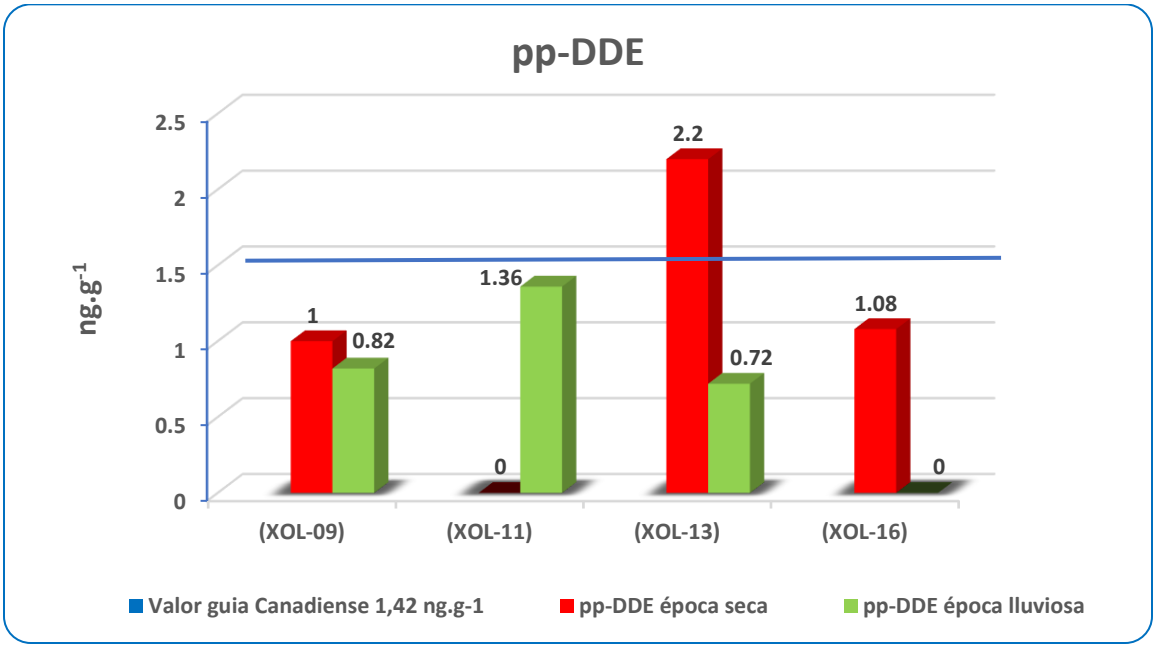
Tabla 3.

Plaguicidas encontrados en sedimentos del lago Xolotlán, tercero y cuarto período de muestreo (marzo 2016 y agosto 2016, época seca y época lluviosa respectivamente), expresados en n·g-1 (peso seco).

Plaguicidas	Entre la Bahía Sur y Norte (XOL-09)		Bahía Norte 1 (XOL-11)		Frente a Momotombo (XOL-13)		Río Pacora (XOL-16)		Límite de detección
	Época seca	Época lluviosa	Época seca	Época lluviosa	Época seca	Época lluviosa	Época seca	Época lluviosa	ng·g^{-1}
Plaguicidas organoclorados									
pp-DDT	AND	AND	n	2.79	AND	1.32	AND	n	0.03
pp-DDE	1.00	0.82	n	1.36	2.20	0.72	1,08	n	0.03
Edosulfán I	1.04	AND	n	AND	2.20	AND	1,38	n	0.05
Endosulfán II	AND	AND	n	AND	0.75	AND	0,38	n	0.04
Plaguicidas organofosforados									
Etil paratión	AND	4.60	n	AND	AND	AND	AND	n	0.16
Insecticidas piretroides									
Cipermetrina	8.63	AND	n	AND	5.17	468,4	8,47	n	1.44

AND analizado, no detectado. Límite de detección del pp-DDE: 0,03 ng·g-1. Límite de detección del heptacloro epóxido: 0,05 ng·g-1. Nota. Elaboración propia.

Figura 3.
Concentración de pp-DDE encontrado en sedimento en marzo 2016 y agosto 2016, época seca y época lluviosa, expresado en ng·g-1

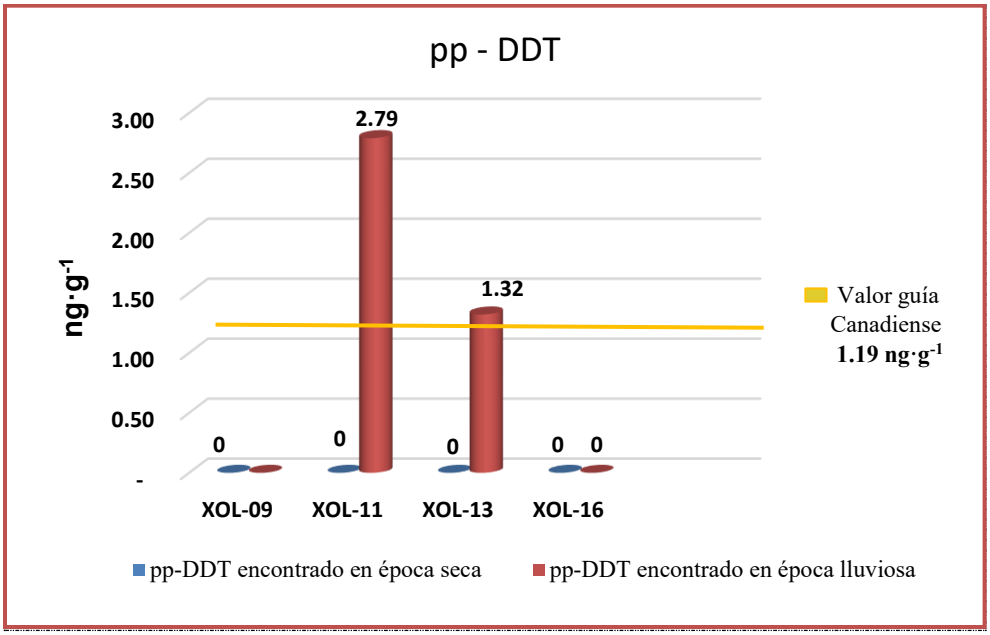


Nota. Elaboración propia.

El pp-DDT solo se encontró en época lluviosa, en los sitios XOL-11 (Bahía Norte 1) y XOL-13 (Frente a Momotombo) en concentraciones de 2.79 ng·g-1 y 1.32 ng·g-1 respectivamente (tabla 3). Ambos niveles superan el valor guía canadiense establecido para el nivel umbral de efecto (ISQG) que es de 1.19 ng·g-1, por lo que se presume que ocurran efectos adversos sobre la biota de estos sitios (figura 4).

El DDT y sus metabolitos deben ser considerados como grandes amenazas ambientales debido, en primer lugar, a su extensa e interminable distribución, primeramente, debido a su lipofilicidad, alta tendencia a acumularse en tejidos ricos en lípidos y adsorberse en los sedimentos) y, en segundo lugar, debido a su estabilidad química que permite que persistan por más tiempo en el ambiente (tiempo de vida media en años) (Montenegro, 2004).

Figura 4.
Concentración de pp-DDT encontrado en sedimento en marzo 2016 y agosto 2016, época seca y época lluviosa, expresado en ng·g-1



Nota. Elaboración propia.

El endosulfán I y el endosulfán II únicamente se encontraron en la época seca en tres de los sitios muestreados con un valor máximo de 2.20 ng·g-1 en el sitio XOL-13 (frente a Momotombo) y un valor mínimo de 0.38 ng·g-1, en el sitio XOL-16 (río Pacora) (tabla 3). El endosulfán se usa contra ácaros e insectos chupadores, masticadores y barrenadores en muchos cultivos (IRET-UNA, 2026). En Nicaragua, se prohibió su uso desde el 27 de febrero del año 2014 (Resolución, 2017).

En lo que respecta al etil paratión, únicamente se encontró en el sitio XOL-09 (entre la Bahía Sur y Norte) en concentración de 4.60 ng·g-1 (tabla 3). En el caso de la cipermetrina, se detectó en época seca, en los sitios XOL-09 (entre la Bahía Sur y Norte), XOL-13 (frente a Momotombo) y XOL-16 (río Pacora) en concentraciones de 8.63 ng·g-1, 5.17 ng·g-1 y 8.47 ng·g-1, respectivamente, y en época lluviosa, se detectó en el sitio XOL-13 (Frente a Momotombo) en concentración de 468.4 ng·g-1 (tabla 3).

La cipermetrina es un insecticida utilizado para el control de una variedad de insectos, como los lepidópteros, coleópteros, dípteros y hemíptera en varios cultivos, en el ámbito doméstico, salud pública y para control de ectoparásitos en animales. Se hidroliza en medios alcalinos, termoestable, estable a la luz en condiciones de campo (IRET-UNA, 2026).

Las Directrices Canadienses de Calidad de Sedimentos en Agua Dulce han establecido valores guías para una variedad de compuestos orgánicos, con el objetivo de proteger la vida acuática (tabla 4). No se han establecido valores guías para el endosulfán I, endosulfán II, etil paratión y

cipermetrina. Estos plaguicidas son muy tóxicos para organismos acuáticos, pueden causar efectos adversos a largo plazo en el ambiente acuático. Extremadamente tóxico para anfibios. Provoca efectos negativos en la reproducción de las aves. Incluido en la lista del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) de plaguicidas reportados como disruptores endocrinos y/o con efectos reproductivos (IRET-UNA, 2026).

Tabla 4.
Plaguicidas encontrados en sedimentos del lago Xolotlán, tercero y cuarto período de muestreo (marzo 2016 y agosto 2016, época seca y época lluviosa respectivamente), expresados en n·g-1 (peso seco).

Contaminantes orgánicos	Directrices Canadienses de calidad de sedimentos de agua dulce para la protección de la vida acuática (CCME, 2002), ($ng \cdot g^{-1}$) *	
	ISQG	PEL
pp-DDT	1.19	4.77
pp-DDE	1.42	6.75
Endosulfán I	NE	NE
Endosulfán II	NE	NE
Heptacloro epóxido	0.60	2.74
Etil paratión	NE	NE
Cipermetrina	NE	NE

ISQG: guía de calidad interino de sedimentos de agua dulce, que puede ser interpretada como la concentración por debajo de la cual raramente ocurren efectos adversos sobre la biota (nivel umbral de efecto).
PEL: nivel de efecto probable, que es la concentración por encima de la cual se prevé que los efectos adversos sobre la biota ocurren frecuentemente.
NE: no establecido.
* 1 ng. g-1 equivale a 1 µg.kg-1

Nota. Elaboración propia..

Al comparar este trabajo con investigaciones realizadas en años anteriores, se observó que en el estudio "Evaluación del impacto de la calidad de agua del lago Xolotlán sobre el río Tipitapa y el área inmediata en el lago Cocibolca", realizado por el CIRA/UNAN en 2011, en el sedimento estudiado del sitio identificado como desembocadura del lago Xolotlán al río Tipitapa, se encontraron tres plaguicidas organoclorados, pp-DDT, pp-DDD y pp-DDE en valores de 0.23 ng·g-1, 0.15 ng·g-1 y 0.96 ng·g-1, respectivamente. A pesar de que este sitio no fue seleccionado para el presente trabajo, los sitios XOL-04 y XOL-09 aledaños a este reportan niveles de pp-DDE de 1.10 ng·g-1 a 2.19 ng·g-1 y 0.82 ng·g-1 a 1.00 ng·g-1 respectivamente.

Conclusiones

En este estudio se confirmó la presencia generalizada de plaguicidas organoclorados y piretroides (pp-DDT, pp-DDE, endosulfán I y II, heptacloro epóxido, etil paratión y cipermetrina) en todos los sitios de muestreo. La presencia del pp-DDE acentúa la estabilidad química y la resistencia a la degradación de estos xenobióticos, los cuales, pese a las prohibiciones vigentes, continúan representando una amenaza latente debido a su capacidad de biomagnificación a través de la cadena trófica.

Los niveles de pp-DDE y pp-DDT detectados en los puntos XOL-04, XOL-11, XOL-12 y XOL-13 superan los niveles umbral de efecto (ISQG) de las directrices canadienses, lo cual es un riesgo ecotoxicológico crítico, ya que dichas concentraciones están asociadas con efectos adversos crónicos en la biota bentónica, alteraciones en el crecimiento, reproducción y supervivencia de organismos que habitan el sedimento.

Se destaca la presencia de cipermetrina, endosulfán y etil paratión con valores máximos en el sitio XOL-13; sin embargo, aunque presentan toxicidad para los organismos acuáticos, la incertidumbre regulatoria derivada de la ausencia de valores guía internacionales para sedimentos dificulta una gestión precisa del riesgo. Esta carencia de normativa no implica que el ecosistema esté libre de impactos negativos, sino que oculta el daño real sobre la biodiversidad local por la falta de valores guía para su comparación.

La presencia de estos plaguicidas sugiere un proceso de acumulación histórica en el ecosistema y pone en peligro la integridad ecológica de los sitios estudiados, además, representa un riesgo indirecto para la salud humana si estos compuestos ingresan en especies de consumo comercial.

Recomendaciones

Monitorear este cuerpo de agua, dando seguimiento a plaguicidas que han registrado concentraciones altas y que pueden llegar a tener un efecto adverso para la biota de este sitio.

Referencias

Aburto, I. M. (2018). Evaluación de la migración de contaminantes desde el Lago Xolotlán hacia el lago Cocibolca. Repositorio Institucional UNAN-Managua. https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/11010/1/1783.pdf

CIRA/UNAN. (2011). Evaluación del Impacto de la Calidad de agua del lago Xolotlán sobre el río Tipitapa y el área inmediata en el lago Cocibolca. CIRA/UNAN.

CNRCST. (2026, 25 de marzo). Comisión Nacional de Registro y Control de Sustancias Tóxicas. https://cnrcst.gob.ni/

Comisión Nacional de Registro y Control de Sustancias Tóxicas. (2017, 27 de febrero. Resolución 01-2014 de la Comición Nacional de Registros y Control de Sustencias Toxicas de Nicaragua. Prohibición y restricción a la importancia de sustancias toxicas.

IRET-UNA. (2026, 15 de diciembre. Manual de plaguicidas de Centroamérica. Instituto Regional de Estudios de Sustancias Tóxicas (IRET). Universidad Nacional de Costa Rica. https://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php

Montenegro, K. (2004). Ecotoxicological effects of DDT and glyphosate on aquatic organism: a case study. CIRA/UNAN.

Montenegro, S. (1992). La contaminación del lago Xolotlán. CIRA/UNAN Managua.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (Sader), Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica). (2019). Manual para el Buen Uso y Manejo de Plaguicidas en el Campo. 1.a edición.

Suárez, T. S. (1997). Presencia de residuos de plaguicidas organoclorados y carbamatos en el río Ochomogo y efectos sobre la comunidad macrozoobentica.

UNA, U. N. y IRET, I. R. (2025, 11 de diciembre). Manual de Plaguicidas de Centroamérica. https://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php

UNAN-Managua/CIRA. (2016). Monitoreo de los dos grandes lagos nicaraguenses, lago Xolotlán y lago Cocibolca, con el fin de establecer un sistema de teleobservación por sateéite para evaluaciones futuras de la calidad de agua. Revista Agua y Conocimiento, 2(1), 67-68.

Cómo citar este artículo

Matus Rodríguez, G. P. (2026). Evaluación de contaminantes orgánicos en los sedimentos provenientes del lago Xolotlán. *Citas 12* (2), 90-102.

https://doi.org/10.15332/24224529.11625