

## Potencial de riesgo asociado al uso de pesticidas organoclorados en la Reserva de la Biosfera de la Barranca de Metztitlán, Hidalgo.

Potential risk associated with the use of organochlorine pesticides in the Biosphere Reserve of Metztitlan Canyon, Hidalgo.

Gaytán-Oyartzún Juan Carlos<sup>1</sup>✉, Pulido-Flores Griselda<sup>1</sup>, Cabrera-Cruz Rene<sup>2</sup>, López-Herrera Maritza<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Área Académica de Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, Tel: (771) 71 72 000, Ext. 6600.

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería “Arturo Narro Siller” Universidad Autónoma de Tamaulipas.

✉ Autor de correspondencia: [jcgaytan@uaeh.edu.mx](mailto:jcgaytan@uaeh.edu.mx)

**Recibido:** 13/07/2018

**Aceptado:** 12/09/2018

### RESUMEN

En el presente trabajo se determinó la presencia y concentraciones de los pesticidas organoclorados (PO), en agua y sedimentos de Laguna de Metztitlán, Hidalgo; con el objetivo de identificar el uso de estos compuestos como un factor de presión sobre la biodiversidad y un potencial de riesgo asociado a la salud, problemática que se acentúa debido a que inmerso en la reserva hay asentamientos humanos y que la principal actividad económica de la región es la agricultura. Para su evaluación se tomaron cinco muestras compuestas de agua en la Laguna de Metztitlán en el 2016 y una en la desembocadura del Río Metztitlán, tanto en época de sequía como de lluvia, bajo los lineamientos de la NMX-AA-003-1980. Se analizaron de manera individual por triplicado por cromatografía de gases y espectrofotometría de masas. Los resultados corroboran lo reportado bibliográficamente, además de que a las concentraciones observadas hay un potencial de riesgo para la salud y la biodiversidad, lo cual implica la necesidad de monitorear la zona permanentemente para evaluar la presencia y concentración de estos compuestos, así como su potencial impacto en el ambiente y en la población.

**Palabras clave:** Pesticidas organoclorados, potencial de riesgo, impacto ambiental

### ABSTRAC

In the present work, the presence and concentrations of organochlorine pesticides (PO) in water and sediments from Laguna de Metztitlán, Hidalgo; with the objective of identifying the use of these compounds as a factor of pressure on biodiversity and a risk potential associated with health, a problem that is accentuated due to the fact that immersed in the reserve there are human settlements and that the main economic activity of the region is agriculture. For its evaluation, 5 composite samples of water were taken in the Metztitlán Lagoon in 2016 and one in the outlet of the Metztitlán River in both dry and rainy seasons, under the guidelines of the NMX-AA-003-1980. They were analyzed individually in triplicate by gas chromatography and mass spectrophotometry. The results corroborate the reported bibliography, in addition to the observed concentrations there is a potential risk to health and biodiversity, which implies the need to monitor the area permanently to assess the presence and

concentration of these compounds, as well as their potential impact on the environment and on the population.

**Keywords:** Organochlorine pesticides, risk potential, environmental impact

---

## INTRODUCCIÓN

Los plaguicidas o pesticidas son los contaminantes de origen antrópico que con mayor frecuencia se liberan en los ambientes naturales, incluyen a cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se usa para controlar cualquier plaga, incluidos los vectores de enfermedades humanas y de animales, así como las especies no deseadas que causen perjuicio o que interfieran con actividades forestales, agropecuarias y de sanidad; son sustancias que están ampliamente diseminadas en los ecosistemas y representan un importante problema de contaminación y salud pública (Narváez *et al.*, 2012).

Estas sustancias representan un riesgo ambiental debido a que son sustancias tóxicas que pueden contaminar suelos, agua, sedimentos y aire; y por lo tanto manifestar efectos tanto biológicos como ambientales; riesgo que se ve potenciado por un uso inadecuado, masivo, de manera indiscriminada y poco monitoreado por autoridades.

En el ámbito científico existe una gran cantidad de reportes de efectos colaterales en la biota e incluso en el mismo ser humano, pese a que el uso de algunos de estos compuestos han sido prohibidos y/o restringidos en varias partes del mundo (Hernández-Antonio y Hansen, 2011).

Un análisis de potencial de riesgo asociado al uso, manejo y disposición de los pesticidas; implica contextualizar la variables que potenciarían el peligro inminente de estos compuestos químicos que se transforma en un “Potencial de Riesgo” cuando interactúa con las “Variables Situacionales” (tiempo y frecuencias

de exposición, concentración, vía de contacto, sector expuesto, etc.), conjugadas con las “Variables Ambientales” (temperatura, humedad, pH, etc.) y con las “Variables Biológicas” del sector expuesto o evaluar (estado de salud, edad, sexo, etc.) (Martínez-Valenzuela y Gómez-Arroyo, 2007; Rodríguez-Anaya, 2014; Gaytán-Oyarzún, 2017).

Esta problemática se potencializa, debido a que estos compuestos tienen propiedades físicas y químicas que hacen que su peligrosidad implícita se transforme en situaciones de alto potencial de riesgo, como por ejemplo: su alta persistencia, su biodisponibilidad y su toxicidad. Por lo anterior, el conocimiento de los procesos de degradación ambiental en cada área de estudio, así como los sectores expuestos es determinante (Martínez *et al.*, 2004; Narváez *et al.*, 2012).

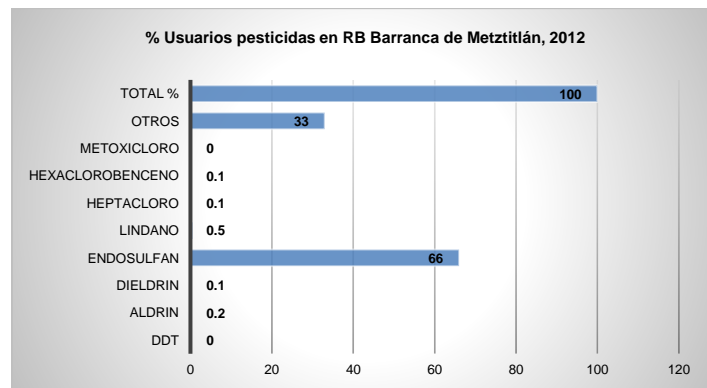
Los pesticidas organoclorados son compuestos orgánicos derivados de hidrocarburos complejos, en los que se ha sustituido un hidrógeno por un cloro y que pueden ser arilados, carbocíclicos o heterocíclicos, con pesos moleculares entre 291 y 545; y se dividen con base a su composición química en 5 grupos: 1) DDT y análogos, 2) HCH, 3) Ciclodienos y compuestos similares, 4) Toxafenos y compuestos relacionados y 5) Estructuras tipo mirex y clordecones (Torres y Capote, 2004), al ser compuestos orgánicos tienden a reducir su reactividad, que se traduce como estabilidad y persistencia ambiental, tienen presión de vapor reducida por su gran tamaño y masa atómica, por lo que se reduce su solubilidad en agua. El cloro los hace bioacumulables y liposolubles, acumulándose

en tejidos grasos como cerebro, hígado, médula ósea, entre otros; y cuando se exponen a reacciones de de clorinación sus metabolitos por lo general son más tóxicos.

Hay evidencia del uso de pesticidas el área de estudio, algunos de ellos son sustancias consideradas como contaminantes orgánicos persistentes (COP), que según el Convenio de Estocolmo, se les clasifica como sustancias de alta peligrosidad (UNEP 2007). En particular en la esta área de estudio, hay registro de peces que presentan en sus tejidos pesticidas organoclorados, provenientes de las zonas de cultivo aledañas a la laguna y/o transportados principalmente por la lluvia a través del río Metztlán (Fernández-Bringas *et al.*, 2008; Quiterio-Pérez, 2012).

Quiterio-Pérez (2012), reporta que el 50% de los agricultores encuestados en el área de estudio cultivan maíz, el 20% alfalfa y el

resto de los agricultores cultivan calabaza, frijol, trigo y chile; en cuanto a pesticidas se utiliza principalmente Endosulfan (66%), Aldrin, Dieldrin, Heptacloro, Lindano, y el Hexaclorobenceno en conjunto son del 1% del total, y un último grupo muy variado de 33% denominado otros, están representado en su mayoría por compuestos organofosforados (Figura 1), los cuales se aplican dos veces al año (80%) para eliminar las plagas y mejorar la calidad de las cosechas. Tomando en cuenta lo anterior, en el presente estudio se monitoreó a los pesticidas presentes en la zona de la vega de la RN de Metztlán, Hidalgo en el 2016 en periodo de secas (abril) y lluvias (Octubre) en agua y sedimento en la laguna de Metztlán y en la desembocadura del río, para comparar con estudios previos y verificar el comportamiento ambiental y por lo tanto estimar el potencial de riesgo asociado.



**Figura 1.** Pesticidas organoclorados utilizados en la vega de Metztlán, Hgo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La búsqueda de pesticidas en el área de estudio se basó en información proporcionada por los resultados del Estudio de Diagnóstico Sectorial en el Estado de Hidalgo 2010, de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (Islas-Ojeda, 2011), así como la información obtenida

por Quiterio-Pérez (2012) a través de un monitoreo químico y una encuesta dirigida a 50 agricultores elegidos aleatoriamente en el área de estudio, para identificar los pesticidas organoclorados de mayor uso en la zona de la Vega Metztlán, Hidalgo.

### Área de estudio

La Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán se encuentra al centro este del estado de Hidalgo. Comprende la cuenca de la Barranca de Metztitlán, entre los paralelos 98° 23' 00" y 98° 57' 08" longitud oeste y 20° 14' 15" y 20° 45' 26" latitud norte, con elevaciones entre 1,000 y 2,000 msnm. Cuenta con una extensión de 96,042.94 ha (CONANP 2003). La actividad económica de mayor importancia en Metztitlán, Hidalgo es la agricultura, en ella se ocupa el 73% de la población de los municipios que conforman el área de la vega y se desarrolla en la modalidad de riego y temporal. La región, es considerada una de las

zonas agrícolas de mayor importancia en el estado. Dada la gran productividad agrícola de los suelos aluviales de la reserva, el uso de agroquímicos es abundante (CONANP 2003).

#### *Toma de muestras en época de sequía y lluvia*

Se tomaron 12 muestras (seis por periodo), considerando los mismos sitios reportados por Quiterio-Pérez (2012). Cinco muestras de agua procedentes de la laguna y una de sedimento en la desembocadura del río. Las muestras fueron tomadas bajo los lineamientos de la NMX-AA-003-1980 (Figura 2).



**Figura 2.** Sitios de Muestreo, laguna de Metztitlán, Hidalgo; Amarillo época de secas, Verde época de lluvias.

### *Cromatografía de Gases-Masas*

#### *Agua*

Una vez tomadas las muestras de agua fueron analizadas, utilizando el método IMTA CAQAC6-O3, USEPA 8270D, 1998 cromatografía de gases - espectrometría de masas, el cual se describe a continuación.

#### *Extracción del pesticida de la muestra*

- Lavar el material a utilizar con jabón neutro y agua caliente; enjuagar con acetona grado reactivo; meter el material a la estufa a una temperatura arriba de 100°C por tres horas.
- Crear el blanco de vidriería lavando los embudos de separación a utilizar con 25

ml de diclorometano grado plaguicida tres veces, los dos primeros enjuagues se desechan y el tercero se coloca en un matraz bola.

- Colocar 2 litros de las muestras en los embudos de separación.
- Medir pH, ajustarlo si es necesario a pH 7.
- A todas las muestras se les adiciona 50 µ/ml de 4,4'diclorobifenilo "Estándar subrogado" (compuesto que no se encuentra en las muestras).
- Colocar un matraz bola debajo del embudo de separación, dicho matraz deberá tener un embudo, el cual tendrá

un tapón de fibra de vidrio y una capa de sulfato de sodio.

- Adicionar a todas las muestras 100 ml de diclorometano grado plaguicida; agitar por dos minutos; esperar separación de fases; recibir en el matraz bola la fase orgánica.
- Realizar dos extracciones más de la misma forma.
- Una vez habiendo terminado las extracciones, se concentra la muestra en rotavapor de 3 a 5 ml aproximadamente.
- Envielar el concentrado de 1 a 1.8 ml.

De manera simultánea también se realizó el blanco de método (agua destilada), un duplicado al azar de una muestra, una muestra sintética con 9  $\mu$ /ml de terbutibutilmetil éter. Dichas muestras siguieron los mismos pasos de extracción que las anteriores. Se utilizaron 1  $\mu$ /ml, 10  $\mu$ /ml y 100  $\mu$ /ml de terbutibutilmetil éter para realizar la curva de calibración.

#### ***Cromatografía de gases espectrometría de masas***

Para el análisis de pesticidas organoclorados se utilizó un cromatografo de gases marca Varian modelo CP3800 con automuestreador modelo CP8400 con espectrómetro de masas Varian modelo Saturno 2200. La columna utilizada fue Capilar Factor Four VF-5ms de 30 m X 0.25 mm ID X 0.25 DF. Se inyectaron las diluciones del estándar para realizar la curva de calibración (1  $\mu$ /ml, 10  $\mu$ /ml y 100  $\mu$ /ml de terbutibutilmetil éter), posteriormente se inyectó 1  $\mu$ /ml de las muestras concentradas previamente, para identificar la presencia de pesticidas organoclorados, finalmente se determinó su concentración.

#### ***Sedimento***

Una vez tomada la muestra de sedimento fue analizada, utilizando el método IMTA CAQAC6-08, USEPA 3620B. Florisil

Cleanup. 1996, USEPA 8081B. Organochlorine pesticides by gas chromatography, 1996.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados obtenidos de la presencia de pesticidas organoclorados y su concentración en muestras del agua y sedimento de la laguna de Metztlán, Hidalgo en las dos épocas del año muestran que no se encuentran en concentraciones mayores a 0.01  $\mu$ /ml de ninguna de los pesticidas analizados; sin embargo a través de las encuestas, hay evidencia indirectas en la zona de estudio del uso de varios tipos de pesticidas, principalmente Endosulfan, los cuales al no encontrarse en las muestras, significa que no se buscaron en el lugar y momento adecuado, debido a que estos compuestos se mueven rápidamente del agua al sedimento y/o a la biota como la marca la bibliografía, así mismo, se puede deber a que las muestras que se tomaron son de manera puntual representando un periodo, por lo tanto a futuro se puede ampliar el monitoreo con más muestras en diferentes fechas (INE, 2004).

Los compuestos organoclorados presentes en sedimentos que presentaron una concentración significativa temporada de sequías fue Lindano (0.4  $\mu$ /kg), DDE (3.0  $\mu$ g/kg) y DDD (1.8  $\mu$ /ml), mientras que en temporada de lluvias fueron los mismos pesticidas pero a concentraciones menores: Lindano (0.1  $\mu$ /kg), DDE (2.1  $\mu$ g/kg) y DDD (1.2  $\mu$ /ml), estos resultados corroboran lo reportado por Fernández-Bringas *et al.*, (2008) y por Quiterio-Pérez (2012) por otra parte apareció en pequeñas cantidades Aldrin, que si lo había detectado Fernández-Bringas *et al.*, en el 2008, pero no Quiterio-Pérez en el 2012 (Tabla 1).

**Tabla 1.** Concentraciones de pesticidas organoclorados presentes en sedimento de la Laguna de Metztitlán, Hidalgo (secas y lluvias).

Pesticida Organoclorado	Secas	Lluvias
Clordanos	<0.333 $\mu$ /kg	<0.333 $\mu$ /kg
Dieldrín	<0.333 $\mu$ /kg	<0.333 $\mu$ /kg
DDT isómeros	<0.333 $\mu$ /kg	<0.333 $\mu$ /kg
Metoxicloro	<0.333 $\mu$ /kg	<0.333 $\mu$ /kg
Hexacloro-benceno	<0.333 $\mu$ /kg	<0.333 $\mu$ /kg
Lindano $\mu$ /ml	0.4 $\mu$ /kg	0.1 $\mu$ /kg
Heptacloro $\mu$ /ml	<0.333 $\mu$ /kg	<0.333 $\mu$ /kg
Aldrín $\mu$ /ml	<0.333 $\mu$ /kg	0.2 $\mu$ /kg
Epoxido de Heptacloro $\mu$ /ml	<0.333 $\mu$ /kg	<0.333 $\mu$ /kg
DDE $\mu$ /ml	3.0 $\mu$ /kg	2.1 $\mu$ /kg
DDD $\mu$ /ml	1.8 $\mu$ /kg	1.2 $\mu$ /kg

Los resultados del presente trabajo, junto con los estudios reportados previamente en la zona de estudio, manifiestan un potencial de riesgo, debido a que se usan y se han estado usando de manera permanente en una reserva de la biosfera pesticidas organoclorados, por lo que no solo la biodiversidad de este sitio está en peligro sino también el sector poblacional que habita y labora en la zona (Fernández-Bringas *et al.*, 2008; Quiterio-Pérez, 2012).

Como actualmente no existen Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que establezcan límites permisibles que se puedan tomar como referencia de un potencial de riesgo asociado al uso manejo y disposición de estos compuestos, estos resultados se pueden comparar con normas internacionales como la de Canadá "Guidance for Sediment Quality Evaluations NJDEP" (Site Remediation Program, 2015), en donde los resultados obtenidos están por encima de los niveles máximos sin efecto y por debajo de los niveles máximos permisibles, pero los tres pesticidas tiene un potencial de riesgo alto tanto para efectos biológicos y como para la salud, debido a que al no estar bien normados su uso es indiscriminado y no monitoreado, también porque hay evidencia de

que se mueven a la biota y está puede ser otra fuente de contaminación a través de las cadenas tróficas o sufrir daños tóxicos o secundarios por consumo directo o indirecto.

Por otra parte también es relevante mencionar que se encontró Lindano, seguramente el isómero  $\beta$ , el cuál es el más hidrofóbico y estable de todos los isómeros del Lindano (HCH), el cuál es peligroso, debido a que se asocia a suelos, tejidos vegetales y fluidos animales (Calvelo, 2008); por otra parte Fernández-Bringas y colaboradores en el 2008 en sus monitoreos hechos en el 2002, reportaron como principales contaminantes a dos isómeros del Lindano ( $\beta$ -HCH y  $\alpha$ -HCH) lo que corrobora los registro del presente trabajo, evidenciando su uso en esta Reserva de la Biosfera como insecticida, pese a que su uso está restringido o prohibido en legislaciones internacionales, porque el tóxico se acumula en las grasas de los organismos y es cancerígeno.

Por otra parte Fernández-Bringas *et al.*, (2008) también reportaron en la zona de estudio, entre los principales compuestos detectados a metabolitos del DDT (DDD) al igual que en el presente trabajo, aunque él no reporta el DDE, lo cual depende del momento y lugar de monitoreo, aunque al estar presentes en

las muestras de sedimento no se evidencia su uso en la zona de estudio, lo cual se puede explicar debido a por sus propiedades fisicoquímicas de alta persistencia en el ambiente con una potencial cinética ambiental y por ser poco solubles en agua, son capaces de adherirse a tejidos vegetales y acumularse en suelos. También encontraron Endosulfán II (<0,01 ng/g), el cual no se detectó en este trabajo ni en el de Quiterio-Pérez en el 2012, pero si se evidencio a través de encuestas su uso, la detección mencionada fue probablemente debido a que su monitoreo se realizó en fechas cercanas a una reciente aplicación; por lo tanto, no había transcurrido suficiente tiempo para su degradación, como indica Fernández-Bringas (2008) en sus encuesta realizada sobre el uso de agroquímicos en la vega de Metztitlán.

### CONCLUSIONES

El monitoreo de este tipo de compuestos es importante, y aún más en áreas protegidas que por su importancia biológica y ambiental tienen un valor agregado; lo anterior se sustenta en que se sabe que una vez que estos compuestos son introducidos al ambiente, tienden a distribuirse en los diferentes compartimentos ambientales (suelo, agua, aire y biota), lo cual implica su cinética ambiental y biodisponibilidad; por otra parte debido a sus propiedades fisicoquímicas con el tiempo tienden a acumularse en el ambiente, bioacumularse en la biota o biomagnificarse a través de redes tróficas, lo que en última instancia representa una amenaza para la biota e incluso para el mismo ser humano.

En este sentido, es importante estudiar de manera más amplia el comportamiento de estos compuestos en los diferentes compartimentos ambientales de manera integral y no por separado, para obtener una visión

global de su cinética ambiental, biodisponibilidad, potencial de riesgo y efectos, tanto en la biota como en los mismos pobladores, porque se debe recordar que en esta reserva de la biosfera hay asentamientos humanos y actividades antrópicas.

Por otra parte, un gran número de publicaciones, consideran que los procesos de degradación, son determinantes en la persistencia y toxicidad de plaguicidas en la fase ambiental, los cuales se pueden aplicar en el tratamiento de aguas residuales y en la eliminación de plaguicidas que llegan o están presentes en área de estudio minimizando el impacto en la biota (Ballesteros *et al.*, 2009).

Así mismo, el contenido de materia orgánica, la porosidad, la capacidad de intercambio iónico del suelo y la transformación de plaguicidas; influyen en la movilidad y transferencia entre compartimentos. Por lo tanto, una interacción débil suelo-plaguicida en la zona de estudio, permite la migración de sustancias con altos valores del *log K<sub>ow</sub>* y del *log K<sub>oc</sub>* hacia cuerpos de agua a pesar de su carácter lipófilo: por lo que en áreas naturales protegidas en donde hay impacto de la actividad agrícola de manera directa o indirecta, se deben de realizar estudios de suelos, para sugerir el uso de pesticidas de menor impacto (Narváez *et al.*, 2012).

Finalmente, se concluye que los pesticidas son los principales contribuyentes de la pérdida de la biodiversidad y la agricultura en general es la principal actividad económica relacionada; la biota principalmente afectada es la cercana a cuerpos de agua (riveraña) y los sectores poblacionales humanos con mayor potencial de riesgo son las personas que se dedican al campo y que consumen productos de la zona afectada; potenciándose la exposición y contacto con estos compuestos, lo que genera

preocupación debido a que pueden manifestarse efectos adversos aun a concentraciones permitidas.

#### LITERATURA CITADA

- Ballesteros-Martín, J., Sánchez-Pérez, J., Casas-Lopez, J., Oller, I. y Malato-Rodríguez, S. 2009. Degradation of a four-pesticide mixture by combined photo-Fenton and biological oxidation. *Water Research* 43: 653-660.  
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.11.020>
- Cálvelo, P. R. 2008. Estudio del comportamiento del Hexaclorociclohexano en el sistema de suelo-planta-aire para su aplicación en técnicas de fitocorrección. Universidad de Santiago Compostela. España.
- CONANP. 2003. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. Dirección General de Manejo para la Conservación, D.F., México.
- CONANP. 2013. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Monitoreo de Avifauna en la laguna de Metztitlán y bosque de sabino (*Juniperus flaccida*) en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo.
- Fernández-Bringas, L., Ponce-Vélez, G., Calva, L., Salgado-Ugarte, I., Botello, A. y Díaz, G. 2008. Organochlorine pesticides in lacustrine sediments and tilapias of Metztitlán, Hidalgo, Mexico. *Revista de Biología Tropical (International Journal of Tropical Biology and Conservation)* 56(3): 1381-1390.  
<https://doi.org/10.15517/rbt.v56i3.5716>
- Gaytán-Oyarzún, J. C. 2017. Evaluación ecotoxicológica de estradiol como contaminante emergente. Editorial Académica Española. España. ISBN 13: 978-365965229.
- Hernández-Antonio, A. y Hansen, A. 2011. Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 27(2): 247-26.
- INE. 2004. Instituto Nacional de estadística, Uruguay. <http://www.ine.gub.uy/344>
- Islas-Ojeda, E. 2011. Resultados del estudio de Diagnóstico Sectorial en el Estado de Hidalgo 2010. SAGARPA. México.
- Martínez, J., González-Rodríguez, J., Belmonte, A. y Garrido, A. 2004. Estudio de la contaminación por pesticidas en aguas ambientales de la provincia de Almería. *Ecosistemas: Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente* 13(3): 30-38.
- Martínez-Valenzuela, C. y Gomez-Arroyo, S. 2007. Riesgo genotóxico por exposición a plaguicidas en Trabajadores Agrícolas. *Revista Internacional de Contaminantes* 4(23): 50-60.
- Método IMTA CAQAC6-O8, USEPA 3620B. 1996. Florisil Cleanup. USEPA 8081B. En: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/.../8081b.pdf>, última consulta: enero de 2018.
- Método CAQAAC6-03 USEPA 8270D, 1998. Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (gc/ms). En: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015.../epa-8270d.pdf>, última consulta: enero de 2018.
- Narváez-Valderrama, J., Palacio-Baena, J. y Molina-Pérez, F. 2012. Persistencia de plaguicidas en el ambiente y su ecotoxicidad: Una revisión de los



- procesos de degradación natural. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. *Gestión y Ambiente* 15(3): 27-37.
- NMX-AA-003-1980. Aguas residuales - muestreo – Agua.org.mx. Normas Oficiales Mexicanas. En: <https://agua.org.mx/biblioteca/nmx-aa-003-1980-aguas-residuales-muestreo/>, última consulta: enero de 2018.
- Quiterio-Pérez, M. 2012. Evaluación del efecto biológico de los principales pesticidas organoclorados presentes en el agua y sedimento de la laguna de Metztitlán, Hidalgo, México con base a su “Potencial de Riesgo”. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.
- Rodríguez-Anaya, A. 2014. Model for estimation the environmental risk potential per presence of drug noesteroidal anti inflammatory cosumption high, *Ciencia e Tecnica Vitivinicola* 29(11): 5179-5184.
- Site Remediation Program. 2015. Ecological Evaluation Technical Guidance. En: [http://www.nj.gov/dep/srp/guidance/srra/ecological\\_evaluation.pdf](http://www.nj.gov/dep/srp/guidance/srra/ecological_evaluation.pdf), última consulta: enero de 2018.
- Torres, D. y Capote, T. 2004. Agroquímicos un problema ambiental global: uso del análisis químico como herramienta para el monitoreo ambiental. *Ecosistemas: Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente* 13 (3): 2-6.
- UNEP. 2007. United Nations Environment Programme. Annual report: Informe anual del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. En: <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7647>, última consulta: enero de 2018.

Copyright (c) 2018 Juan Carlos Gaytán Oyarzún, Griselda Pulido Flores, René Cabrera Cruz y Maritza López Herrera



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)