

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

DETERMINACIÓN DE HEXACLOROCICLOHEXANO Y ENDOSULFAN EN SUELOS AGRICOLAS DEL ESTADO DE CHIAPAS

*Daisy Escobar Castillejos¹
Jaime Rendón Von Osten²
Hugo A. Guillén Trujillo¹
Adriana Caballero Roque³
José A. Figueroa Gallegos²

ENDOSULFAN HEXACHLOROCYCLOHEXANE
DETERMINATION IN THE AGRICULTURAL SOILS OF
CHIAPAS, MEXICO

Recibido el 19 de marzo de 2014; Aceptado el 30 de septiembre de 2014

Abstract

The classification of persistent organic compounds include 12 highly toxic compounds harmful to humans and the environment. The following pesticides are included into the previous classification: The hexachlorocyclohexane, specifically gamma-HCH isomer (lindane), and endosulfan. Both are organochlorines compounds which are banned in other countries, but they are still used in Mexico. These compounds have physicochemical characteristics that allow them to have affinity for solid particles (adsorption), which will provide a permanence in different environmental matrices. Simultaneous exposure to organochlorine pesticides can cause health effects on remote areas where health systems are few or absent. Consequently, health systems do not track cases of malformations, presence of cancer or others diseases, which sometimes they may result from using of these substances. Rural communities are examples of this situation. The use of these substances in these areas are commonplace due to the fact that they are agricultural regions, or they have been malaria-Irrigation District No. 101, Cuxtepeques, Chiapas in order to assess the extent of the exposure of populations living in these areas. The determination of HCH and endosulfan in agricultural soils was performed by gas chromatography, coupled to an electron capture detector. The results from soils showed levels of these contaminants in the range of 159,357 ppm ND for HCH, and ND to 133.79 ppm for endosulfan. These results are higher than those reported for other agricultural regions in the Mexican republic, so that the knowledge of this situation shows the potential risk for the residents of the study areas.

Key Words: Irrigation District, Persistent compounds, Soils.

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chiapas, México.

² Instituto de Ecología, Pesquería y Oceanografía del Golfo de México (EPOMEX), Universidad Autónoma de Campeche, México.

³ Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México.

*Autor correspondiente: Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chiapas, Blvd. Belisario Domínguez, Km. 1081. Terán, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Email: daisyec@hotmail.com

Resumen

La clasificación de compuestos orgánico persistentes incluyen 12 compuestos tóxicos altamente dañinos para el ser humano y el medio ambiente, dentro de los que se encuentran los siguientes plaguicidas: El hexaclorociclohexano, específicamente el isómero gamma-HCH (lindano), así como el endosulfán, los cuales son compuestos organoclorados prohibidos en otros países pero que se siguen utilizando en México. Estos compuestos presentan características físico-químicas que les permiten ser atrapados o retenidos en la superficie del suelo, fenómeno denominado adsorción, lo que les proporcionan una permanencia en diferentes matrices ambientales. La exposición simultánea a plaguicidas organoclorados podría ocasionar afectaciones a la salud en aquellas regiones alejadas, en donde los sistemas de salud por ser escasos o nulos no dan seguimiento a los casos de malformaciones, presencia de cáncer entre otros los cuales en ocasiones podrían deberse al uso de estas sustancias. Las comunidades rurales son ejemplo de esta situación, ya que en ellas el uso de estas sustancias es cotidiano al ser regiones de vocación agrícola o haber sido áreas endémicas de paludismo. El objetivo de este trabajo fue conocer los niveles de HCH y endosulfán presentes en suelos del Distrito de Riego No. 101, Cuxtepeques, Chiapas con la finalidad de evaluar la magnitud de la exposición de las poblaciones que habitan estas zonas. La determinación de HCH y endosulfán se realizó en suelo agrícola, mediante Cromatografía de Gases acoplado a un detector de captura de electrones. Los resultados obtenidos en los suelos mostraron, niveles de estos contaminantes en un rango de N.D a 159.357 ppm para el HCH, y de N.D a 133.79 ppm para endosulfán. Estos resultados son mayores que los reportados para otras regiones agrícolas en la república mexicana, por lo que el conocimiento de esta situación evidencia el riesgo potencial de los pobladores de las zonas de estudio.

Palabras claves: Compuestos Persistentes, Suelos, Distrito de Riego.

Introducción

En 1963, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, a raíz de un Congreso Mundial de la Alimentación, decidió impulsar un plan de desarrollo agrario a nivel mundial, el World Plan for Agricultural Development. La necesidad creciente de alimentos causada por el aumento de la población mundial fue la justificación para esta búsqueda de incremento de productividad agraria, la cual a su vez permitió el empleo de técnicas de producción moderna, concretada en la selección genética y la explotación intensiva permitida por el riego y basada en la utilización masiva de fertilizantes y plaguicidas (Pengue, 2005; Pichardo, 2006).

Los plaguicidas organoclorados como el hexaclorobenceno, DDT y sus productos de degradación, aldrín, dieldrín, clordano, heptacloro, toxafeno y mirex, fueron usados para el control de fauna nociva en la agricultura y de enfermedades como el paludismo y el dengue; extendiéndose su uso rápidamente por todo el planeta a partir de la Segunda Guerra Mundial. Antes de 1989, en México se utilizaron plaguicidas agrícolas que incluían al aldrín (1,000 ton/año), el endrín (15,000 ton/año), el dieldrín (en cantidades variables), el lindano (80 ton/año) y el DDT (200 ton/año). En 1999 se aplicaron 8,900.181 toneladas de DDT de los cuales, sólo en Chiapas se aplicaron el 15.3 % del total (González, 2008).

A partir de 1950 y hasta el año 2000, se registró en México un aumento constante en el consumo de plaguicidas (SEMARNAT-INE, 1999; Albert, 2005), el cual provocó una dependencia en el uso de estas sustancias en los cultivos agrícolas. Actualmente no hay datos sobre la cantidad real de plaguicidas que se usa en México, pero con toda seguridad esta tendencia seguirá vigente, incluso con mayor intensidad a fin de proteger la inversión de capital por parte de los agricultores (Albert, 2005).

Se ha establecido que sólo un 0.1% de la cantidad de plaguicidas aplicado alcanza su objetivo, mientras que el restante circula por el ambiente contaminando posiblemente en el suelo, agua y la biota; por lo que se hace necesario caracterizar el destino final y la toxicidad no prevista de estos plaguicidas para evaluar con certeza el riesgo asociado a su uso (Torres y Capote, 2004).

Los métodos de monitoreo y seguimiento de residuos de plaguicidas, han sido empleados en muchos análisis. Las fases básicas para la determinación son: muestreo, extracción del plaguicidas de la muestra, limpieza e identificación, y cuantificación de residuos de plaguicidas (Rodríguez *et al.*, 2009). El análisis químico juega un papel importante, y técnicas como la cromatografía, la espectrofotometría, la reflexión de rayos X o el uso de trazadores radiactivos han sido empleadas para la detección y cuantificación de agentes contaminantes en diversos ecosistemas (Concha y Barriada, 2003), del mismo modo, se emplean diversos métodos de modelación para representar el comportamiento de estos agentes contaminantes (Cardini y Zabalett, 2007). Entre los principales parámetros a determinar se encuentra la cantidad de carbono orgánico, y el método más empleado en investigaciones realizadas es el método Gaudette (Calva y Botello, 2005), esto debido a que tanto la materia orgánica (MO) como la fracción mineral fina de los suelos, funcionan como adsorbentes de los agroquímicos o sus productos de degradación, entonces el conocer las características de un suelo, entre ellas su contenido de partículas finas (arcillas y limos) y de MO, permite determinar si un residuo de agroquímico será retenido y si puede o no acumularse (Masís y Valdez, 2008).

El sureste Mexicano es considerado como una zona de naturaleza agrícola en donde se han utilizado ampliamente los plaguicidas por más de 50 años, particularmente en el control de las plagas del cultivo de algodón (CONAGUA, 2002). Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la concentración superficial de residuos organoclorados de HCHs y endosulfán en muestras de suelos del Distrito de Riego No. 101, Cuxtepeques, Chiapas por ser un área de intensa actividad agrícola (la agricultura ha sido durante 17 años la actividad económica principal de los ejidos de estudio y del municipio).

Metodología

Área de Estudio

El distrito de Riego No. 101 Cuxtepeques se encuentra localizado en el municipio de La Concordia, Chiapas, en la región agrícola de la Depresión Central de Chiapas en la vertiente interior de la Cuenca Superior del Río Grijalva. Queda comprendido entre las coordenadas 16° 05´ 06.86" y 15° 59´ 40.80" de latitud norte y 92° 50´ 17.48" y 92° 53´ 51.27" de longitud oeste, con una elevación media de 531 m sobre el nivel del mar (msnm). El sistema de riego aprovecha los escurrimientos superficiales del Río Custepec, el cual nace en la Sierra Madre de Chiapas y drena sus aguas en su valle inferior; cuenta con una presa de almacenamiento (El Portillo II), con capacidad de 100 millones de m³ para el riego de 10, 410 ha que conformaron el proyecto inicial del distrito de riego. Con 132.59 km en su red de distribución y 52 km en su red de drenaje (Arellano, 1995) en el distrito se ha logrado la productividad de 10,066 hectáreas, favoreciéndose a 1674 usuarios localizados dentro de las ocho comunidades que conforman el distrito, estas son: El Paraíso (Nva. Libertad), Guadalupe Victoria, Juan Sabinés, Independencia, La Tigrilla, Ntra. Señora Benito Juárez, El Ámbar y El Diamante.

Suelos

En el Distrito de Riego No. 101 Cuxtepeques, los suelos son aluviales y tienen de origen problemas de drenaje. Los suelos recientes se localizan en las orillas de los ríos, son terrenos planos o ligeramente ondulados, con pendientes menores del 6% y proceden de depósitos aluviales, profundos con texturas medias y gruesas. En las partes altas de los lomeríos, los suelos se formaron in situ, mientras que en las partes bajas, los suelos son de formación mixta (in situ y aluvial). Los suelos recientes representan además poco más de un 73 % de la superficie del Distrito de Riego y son derivados de depósitos aluviales antiguos, ligeramente desarrollados en terrenos planos profundos, con texturas que van de medias a finas (Helbig, 1964). En cuanto a la textura de la capa arable, un 59 % de la superficie del Distrito es de textura media, un 29 % ligera y un 12 % pesada. Finalmente, un 82 % de los terrenos de riego tienen pendientes menores al 5 % , sin embargo, cuentan con un microrelieve muy accidentado que disminuye significativamente la eficiencia de riego superficial a nivel parcelario (Arellano, 1995). La cantidad de materia orgánica presente en los suelos que caracterizan al Distrito de Riego facilita la adsorción de los plaguicidas.

Muestreo y análisis de suelos

Debido a que no existe una marcada diferencia de altitud dentro de las 8 localidades que comprenden el Distrito de Riego No. 101, Cuxtepeques, Chiapas (536- 575 m.s.n.m), se decidió considerar para la toma de muestras, aquellas localidades que la Asociación de Usuarios productores del Distrito de riego Cuxtepeques A.C. tiene registradas como las de mayor

producción agrícola: El Ámbar de Echeverría, El Diamante de Echeverría, Nueva Libertad, Independencia, Benito Juárez y la Tigrilla. Una vez que se eligieron las localidades se procedió a recolectar las muestras compuestas por localidad, correspondientes al área de cultivo destinada en cada localidad para la producción agrícola. Se obtuvieron muestras compuestas por cada localidad a partir de 15 muestras puntuales cada una, de acuerdo a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000.

Las muestras se procesaron en el laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas, tomando una porción de cada una para la identificación y composición de los suelos. Los parámetros de materia orgánica, pH y conductividad del suelo fueron realizados en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería ambiental, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Determinación del contenido de la materia orgánica.

La materia orgánica es el principal parámetro que permite considerar la posibilidad de encontrar presencia de los compuestos orgánicos persistentes dado su propiedad de adherencia a ésta. Por lo anterior, el porcentaje de materia orgánica indica un resultado preliminar de la posible existencia y concentración de estos compuestos en las muestras. El análisis del carbono orgánico se realizó por el método de titulación o volumétrico, oxidando el carbono orgánico del suelo con un volumen conocido de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) 1 N, en ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) y en presencia de sulfato ferroso ($FeSO_4$) 0.5 N, fluoruro de sodio NaF(s) y difenilamina como indicador (Gaudette *et al.*, 1974). Las muestras fueron analizadas por triplicado, utilizando una masa de 0.1 g de suelo seco, tratándolas con 5 ml de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) 1.0 N en 10 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. Se dejó reposar 30 minutos y una vez finalizada la oxidación del carbono presente en el suelo, se agregaron 100 ml de agua destilada, 5 ml de ácido fosfórico concentrado (H_3PO_4), 0.2 g de fluoruro de sodio en cristales (NaF) y 3 gotas de difenilamina. El exceso de $K_2Cr_2O_7$ se tituló con disolución de $FeSO_4$ 0.5 N, llevando a cabo en paralelo la titulación de los blancos bajo las mismas condiciones de análisis. El contenido de carbono orgánico se determinó a partir de las ecuaciones de Gaudette *et al.*, 1974; Loring y Rantala, 1977.

Determinación de compuestos organoclorados

Para sustentar los resultados de los análisis de residuos de plaguicidas, es primordial emplear técnicas y metodologías sistemáticas que permitan la extracción, separación, identificación y cuantificación. Además, es importante validar los métodos considerando varios parámetros de calidad, entre ellos, precisión (repetitividad y reproducibilidad), límites de detección (LDD) y límites de cuantificación (LDC), también puede considerarse el uso de adición estándar o emplear un estándar interno (Wang *et al.*, 2007).

El análisis para la determinación de compuestos organoclorados se realizó en el Centro de Ecología Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México (EPOMEX) de la Universidad Autónoma de Campeche. El control analítico y el análisis de las muestras se efectuó de acuerdo a métodos estandarizados de UNEP/IOC/IAEA, (1998). Las muestras se inyectaron en un cromatógrafo marca Varian modelo 3800, equipado con una columna DB-5 (5% fenil) Metilpolisiloxano de 30 m x 0.25 mm x 0.32 mm y un detector de captura de electrones (DCE) con una fuente de Ni⁶³. La temperatura inicial del inyector fue de 150 °C y la del detector 300 °C. La temperatura del horno se mantuvo a 60 °C/min y luego aumentó hasta 320 °C con incrementos de 2 °C/min que se mantuvieron por 5 min. El flujo de nitrógeno, como gas acarreador, fue de 2 ml/min y un make-up de 30 ml/min.

Los datos cuantitativos se obtuvieron del cálculo de las áreas bajo la curva de los picos mediante el uso del software Star Chromatography Workstation versión 6 y el empleo del método de estándar interno. Para la identificación de los plaguicidas (compuestos orgánicos persistentes) se usó una mezcla de estándares con α , β , δ y γ -HCH, heptacloro, aldrín, epóxido de heptacloro, endosulfán I, endosulfán II, endosulfán sulfato, dieldrín, *p,p*, DDE, endrín, endrín aldehído, *p,p*, DDD y *p,p*, DDT (SUPELCO[®] 47426-U CLP Organochlorine Pesticida Mix). La extracción fue asistida por microondas (MAE) Marsxtraction, CEM corporation Matthews, modelo 907501, siguiendo la técnica descrita por Wang *et al.* (2007). Los reactivos silica gel, alúmina, florisil[®] y sulfato ferroso, fueron purificados de acuerdo a los protocolos establecidos para análisis de plaguicidas en la NMX-AA-071-1981. Todos los disolventes empleados fueron de grado de alta pureza para cromatografía líquida y de gases (HPLC) 98%.

La muestra obtenida con los analitos extraídos se colocó en viales cromatográficos de 2 ml (12 x 32 mm clear glass red polypropylene cap with PTFE/ silicone septa), evaporando con una corriente de nitrógeno, hasta obtener un concentrado de 2 ml., para su inyección en el cromatógrafo de gases. Para determinar el límite de detección del cromatógrafo para los compuestos orgánicos persistentes, así como los porcentajes de recuperación para cada compuesto en particular se realizaron cinco inyecciones de un estándar de concentración conocida y se procedió a la obtención promedio.

Análisis estadístico de los datos

Se realizó la estadística descriptiva para cada compuesto y su sumatoria, como se observa en la siguiente tabla (tabla 1). Se comprobó la normalidad de los datos con una prueba de Lilliefors en el programa StatSoft, Inc. (2001) STATISTICA (data analysis software system), versión 7; si bien con las siguientes variables de estudio se cumple el supuesto de normalidad: materia orgánica (D 0.224, $p= 0.074$), Σ HCH (D 0.211, $p= 0.118$) y Σ Endosulfán (D 0.172, $p= 0.370$). Respecto a la homocedasticidad ésta se verificó realizando la prueba de Levene, este supuesto no se cumple para ninguna de las variables de estudio: materia orgánica (F 5.9562, $p=0.01836$),

Σ HCH (F 4.805, $p= 0.0317$) y Σ Endosulfán (F 5.314, $p= 0.0246$). Una vez verificados los supuestos, se procedió al análisis de los datos mediante pruebas no paramétricas, utilizando la prueba de Kruskal-Wallis se compararon los niveles de concentración de contaminantes y la localidad. Los valores de la prueba de Kurskal-Wallis indican que no existe una diferencia significativa entre la concentración de los compuestos orgánicos persistentes y la localidad de origen de la muestra Σ HCH (K-W 3.86, $p= 0.570$) y Σ Endosulfán (K-W 3.760, $p= 0.584$). La correlación de Sperman (Rs) se realizó con la finalidad de determinar si existía una relación significativa entre la altitud y las concentraciones de los compuestos orgánicos persistentes detectados en los suelos.

Tabla 1. Estadística descriptiva para los compuestos orgánicos persistentes estudiados ($n^{\circ}=13$)

	Materia orgánica*	Σ HCH	Σ endosulfán
Media	0.119	24.605	36.748
Mínimo	0.010	0.000	0.000
Máximo	0.328	87.086	133.796
Desviación típica	0.113	30.622	38.764

% de Carbono Orgánico. >0.5 se consideran adecuados

Resultados y Discusión

Los suelos del Distrito de Riego son arcillas inorgánicas de baja compresibilidad, prácticamente impermeables, lo que favorece a que las corrientes de aire arrastren las partículas superficiales de los mismos, esto incluye a los plaguicidas que puedan quedar en la materia sólida. Los contaminantes fueron agrupados por familias de contaminantes (Σ).

El hexaclorociclohexano es un plaguicida usado en frutas y hortalizas, actualmente en México su uso se encuentra restringido, la concentración de Σ HCH encontrada en los suelos analizados estuvo desde no detectado (N.D) a 87.086. Estos valores son superiores a los reportados por Waliszewski e Infanzón (2003) para zonas agrícolas (α -HCH=0.7 μ /kg, γ -HCH=3.9 μ /kg), y a los presentados por Rodríguez *et. al.* (2006) en suelos de la Comarca Lagunera (valores máx. β -HCH=14.46 ng/g, δ -HCH=52.42 ng/g).

En las muestras de suelo se encontró que el Lindano (γ - HCH) está presente en las muestras ($n=5$), esto se debe a que es un plaguicida comúnmente utilizado en el DDR de manera clandestina, ya que entran vía la frontera con Guatemala diversos productos que todavía lo contienen. El β -HCH tiene una baja presión de vapor y es más lentamente degradado comparado con los otros HCHs. En el estudio, β - HCH fue uno de los isómero dominantes

detectado en los suelos comparado con los otros HCH. Tanto el α como el γ -HCH pueden ser lentamente transformados a β -HCH (Willett *et al.*, 1998). La razón entre α -HCH / γ -HCH puede ser utilizado como un indicador químico de la fuente y edad de la misma. La nula presencia de α -HCH con respecto al β -HCH indica que la aplicación del compuesto no es reciente y que el α -HCH se ha evaporado a la atmósfera con el tiempo (Walker *et al.*, 1999). Referente al uso del endosulfán, no existen muchos estudios sobre la presencia de éste y otros plaguicidas organoclorados en suelos. La presente investigación encontró endosulfán en los suelos del DDR con un valor promedio para la Σ endosulfán de 36.75 ppm, valor superior a los encontrados en estudios a nivel nacional realizados en suelos y cuyo promedio es de 0.16 ng.g⁻¹ (ppb) de Σ endosulfán (Rendón, 2010). Los resultados muestran que las concentraciones encontradas en la mayoría de los casos, están por arriba de las guías ambientales propuestas por la organización mundial de la salud, representando un riesgo para las poblaciones humanas, debido a que si se encuentran presentes en los suelos se debe a que son aplicados en el medio ambiente, ya sea para el cuidado de los cultivos, el ganado o para la eliminación de vectores.

Conclusiones

Los resultados indican que en el gradiente altitudinal en que se encuentran las localidades dentro del DDR, no presenta un factor importante en la distribución de estos compuestos. De acuerdo a las concentraciones obtenidas se observó que la utilización y aplicación de estos compuestos dentro de la zona agrícola se sigue realizando. Debido a las características propias del terreno como lo es la composición natural de los suelos y la poca materia orgánica presente en ellos permite que los compuestos organoclorados migren a través de procesos como la volatilización y la movilización con la materia particulada. La presencia de plaguicidas en concentraciones superiores a los límites establecidos, sugiere la necesidad de realizar la vigilancia ambiental de los alimentos y cuerpos de agua dentro del distrito de riego. Por ello se recomienda implementar programas de monitoreo dirigidos a la protección de la salud humana y el ambiente. Asimismo, se recomienda restringir el uso de productos con endosulfán principalmente en aquellas zonas cercanas a las poblaciones y fuentes de abastecimiento.

Referencias bibliográficas

- Albert, L.A. (2005) Panorama de los plaguicidas en México. *Revista de toxicología*. Consultada el 12 de noviembre del 2007, desde <http://www.sertox.com.ar/retel/n08/01.pdf>
- Arellano, J.L. (1995) Análisis de las condiciones de drenaje en el distrito de riego núm. 101 Custepeques, Chiapas. *Agua-Sur Chiapas*, **2**, 16-39.
- Calva-B., L.G., Botello, A.V. (2005) Composición de hidrocarburos alifáticos en sedimentos de la laguna Sontecomapan, Ver., México. *Hidrobiológica*, **15**(1), 98-107.
- Cardini, J., Zabalett, J. (2007) Modelación de la contaminación bacteriológica del río Uruguay en el tramo Concordia-Colón. *XXI Congreso Nacional del Agua 2007*. Tucumán, Uruguay.

- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua (2009) *Plan de riego 2008-2009. Organismo de cuenca frontera sur. Distrito de Riego núm. 101, Cuxtepeques, Chiapas*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- CONAGUA, Comisión Nacional del Agua (2002) Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Fraylesca, Estado de Chiapas. Subgerencia técnica, *Gaceta de Aguas Subterráneas*.
- Concha-Graña, E., Barriada-Pereira, M. (2003) Microwave extraction of organochlorine pesticides from soils. *Anal Bioanal Chem*, **375**(8), 1225-8.
- Díaz-Barriga, F., Borja-Aburto V., Waliszewski S., Yañez I. (2003) DDT in Mexico. In: Fiedler, h. (ED). *The handbook of environmental chemistry vol. 3, Persistent Organic Pollutants*, Springer-Verlag, Berlin, 371-388.
- García, E. (2004) *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*, Instituto de Geografía, Universidad Autónoma de México, México, D.F.
- Gaudette, H., Flight, W., Toner, I., Folger, D (1974) An inexpensive titration method for the determination of organic carbon in recent sediments. *Journal of Sediments and Petrology*. **44**(1), 249-253.
- González-Jáuregui, M. (2008) *Relación de concentraciones residuales de una mezcla de plaguicidas organoclorados y policlorobifenilos con la concentración de hormonas sexuales de dos poblaciones de Crocodylus moreletii*. Tesis de Maestría, Programa en Ciencias en Manejo de Fauna Silvestre, Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México, 82pp. Disponible en:
<http://www1.inecol.edu.mx/posgrado/Documentos/tesis/2008/Tesis%20Maestria%20Mauricio%20Gonzalez%20Jauregui.pdf>
- Helbig, K. (1964) *La cuenca superior del río Grijalva. Un estudio regional de Chiapas, Sureste de México*, Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas (ICACH). Primera edición. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México, 247pp.
- Herrera, C., Franco, G., Reyes, K., Rodríguez, M.A. (2008) Niveles de DDT Y DDE en mujeres en edad reproductiva de Tapachula, Chiapas (México), *Higiene y Sanidad Ambiental*, **8**, 315-319
- ISAT, Instituto de Salud, Ambiente y Trabajo S.C. (2003) *Diagnostico situacional del uso del DDT y el control de la Malaria*. Instituto de Salud Ambiente y Trabajo de México (ISAT), Organización Panamericana de la Salud, 60pp.
- Loring, D.H., Rantala, R.R.T. (1977) *Geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. Fisheries and marine service*, Technical report 700, 44pp.
- Masis, F., Valdez, J. (2008) Residuos de agroquímicos en sedimentos de ríos, Póas, Costa Rica, *Agronomía Costarricense*, **32**(1), 113-123.
- Miranda, F. (1998) *La vegetación en Chiapas. 3a. edición. Gobierno del estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*. Gobierno de Chiapas-Conaculta, 596pp.
- Pengue, W. (2005) Agricultura industrial y transnacionalización en América Latina. La transgénesis de un continente. Universidad Autónoma de la Ciudad de México – PNUMA, México.
- Pichardo, B. (2006) La revolución verde en México. *Revista agrária de Sao Paulo*, **4**, 40-68
- Rendón, J. (2010) *Residuos de endosulfan en diversos compartimentos ambientales de México*, Centro EPOMEX-Universidad Autónoma de Campeche. Consultado el 10 de noviembre 2011, desde:
http://www.inecc.gob.mx/descargas/sqre/2010_taller_endosulfan2_art_jrendon.pdf
- Rodríguez, J., López, J.D., García, M., Salazar, E., Zuñiga, R., Vázquez, C. (2006) Evaluation of Organochloride Pesticides in Soils of the Comarca Lagunera, Mexico. *Revista AGROFAZ*, **6**, (1), 77-84.
- SEMARNAT-INE, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación e Instituto Nacional de Ecología (1999) *Lo que usted debe saber sobre los plaguicidas. Serie plaguicidas No. 1*. México. 11pp.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (1981) *NMX-AA-071-1981. Análisis de agua - Determinación de plaguicidas organoclorados - Método de cromatografía de gases*, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/NMX-AA-071-1981.pdf>
- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2000) *NOM--021-RECNAT-2000. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis*.

- Torres, D., 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. España*. **13**(3), 2-6.
- UNEP, United Nations Environment Programme (2001) Stockholm convention on pops, text and annexes. Interim Secretariat for the Stockholm convention on persistent organic pollutants. UNEP Chemical, Geneva, Switzerland.
- UNEP/IOC/IAEA (1998) Reference methods and technical bulletins for marine pollution studies.
- Valdivia, M. (1951) *Estudio agrológico preliminar del proyecto de riego de "La Tigrilla", Municipio de la Concordia, Estado de Chiapas*. Secretaria De Recursos Hidráulicos, México, D.F., 41pp.
- Waliszewski, S., Infazón, R. (2003) Diferencias en concentración de plaguicidas órganoclorados persistentes en suelo, paja y granos de trigo. *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*, **19**(1), 5-11
- Walker, K., D.A. Vallerio, Lewis R.G. (1999) Factors influencing the distribution of lindane and otherhexachlorocyclohexanes in the environment. *Environ. Sci. Technol*,**33**, 4373-4378.
- Wang, W., Meng, B., Lu, X., Liu, Y., Tao, S. (2007) Extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorine pesticides from soils: a comparison between soxhlet extraction, microwave-assisted extraction and accelerated solvent extraction techniques, *Analytica Chimica Acta*, **602**(2), 211-222. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003267007015607>
- Willett, K.L., Ulrich, E.M., Hites, R.A (1998) Differential toxicity and environmental fates of hexachlorocyclohexane isomers, *Environmental Sciences Technology*, **32**, 2197-2207.