

Relación de dieldrin y propiedades del suelo en la Comarca Lagunera, México*

Relationship of dieldrin and soil properties in Comarca Lagunera, Mexico

Mario García Carrillo¹, J. Guadalupe Luna Ortega^{2§}, Anselmo González Torres¹, Alberto González Zamora³, Miguel Ángel Gallegos Robles⁴, Cirilo Vázquez Vázquez⁴, María Gabriela Cervantes Vázquez⁴ y Uriel González Salas⁴

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Departamento de Suelos-Unidad Laguna. Periférico y Carretera a Santa Fe, Torreón, Coahuila, México. Tel. 871 7276291. (mge570118@hotmail.com; ansegonz@hotmail.com). ²Universidad Politécnica de la Región Laguna. Carretera a antiguo internado en Santa Teresa, San Pedro de las Colonias. Tel. 872 1030317. ³Universidad Juárez del estado de Durango-Núcleo de Ciencias Biológicas. Gómez Palacio, Durango. Tel. 871 2144630. (agzfc@ujed.mx). ⁴Facultad de Agricultura y Zootecnia-Universidad Juárez del estado de Durango. Ejido Venecia, carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 35, Durango. Tel. 871 7118918. (garoma64@hotmail.com; cirvaz60@hotmail.com; cevga@hotmail.com; urgosa87@hotmail.com). [§]Autor para correspondencia: lupe_lunao@yahoo.com.mx.

Resumen

Recientemente se han reportado residuos de plaguicidas en el ambiente como resultado de las aplicaciones de estos productos durante varias décadas. A nivel mundial se presentan problemas atribuidos a los efectos de la contaminación por plaguicidas sobre los recursos naturales; sin embargo, en México, no existen suficientes estudios de contaminación por plaguicidas. El objetivo fue evaluar la presencia de plaguicidas en suelos de siete localidades de cinco municipios de la Comarca Lagunera en el estado de Coahuila, se realizó un muestreo de suelos a cinco profundidades (0-8, 8-23, 23-38, 38-53 y 53-68 cm) a razón de una muestra compuesta por hectárea para determinar el grado de contaminación del suelo por plaguicidas. Se utilizó el método soxhlet para la extracción de plaguicidas en la muestra y un Kuderna Danish, para la concentración. Se utilizó un cromatógrafo de gases. Se encontró que el dieldrin fue el único plaguicida organoclorado presente en los suelos estudiados; las capas superficiales del suelo (0-8 y 8-23 cm) mostraron las mayores concentraciones de dieldrin. El

Abstract

Pesticide residues have recently been reported in the environment as a result of applications of these products for several decades. Globally, there are problems attributed to the effects of pesticide contamination on natural resources; however, in Mexico, there are not enough studies of pesticide contamination. The objective was to evaluate the presence of pesticides in soils of seven localities of five municipalities of the Comarca Lagunera in the state of Coahuila, a soil sampling at five depths (0-8, 8-23, 23-38, 38-53 and 53-68 cm) at the rate of a composite sample per hectare to determine the degree of soil contamination by pesticides. The soxhlet method was used for the extraction of pesticides in the sample and a Danish Kuderna for the concentration. Gas chromatography was used. It was found that dieldrin was the only organochlorine pesticide present in soils studied; the superficial layers of the soil (0-8 and 8-23 cm) showed the highest concentrations of dieldrin. The organic matter content, clay percentage and pH of the soil were the most influential characteristics on

contenido de materia orgánica, el porcentaje de arcilla y el pH del suelo fueron las características que más influencia tuvieron sobre la concentración del dieldrin en el suelo, presentando los coeficientes de determinación más altos ($r^2=0.99, 0.84$ y 0.96 , respectivamente). En los suelos de los predios particulares estudiados, se observaron las mayores concentraciones de dieldrin en la capa superficial (0-23 cm), esto en relación con los ejidos evaluados; estos valores fueron del orden de 2.57 y 1.22 ng g⁻¹, respectivamente.

Palabras claves: dieldrin, materia orgánica, profundidad.

Introducción

Cuando los plaguicidas son aplicados como aspersiones aéreas y polvos al follaje, grandes cantidades de ellos alcanzan el suelo, que actúa como un reservorio de esos productos químicos persistentes, desde el cual se mueven hacia el cuerpo de invertebrados terrestres (hormigas y escarabajos), pasando por el aire o el agua. Asimismo, menciona que el cultivo disminuye la cantidad de insecticidas organoclorados volatilizados desde el suelo.

Al estar debajo de la superficie, el plaguicida puede difundirse hacia la superficie o ser transportado por la humedad del suelo antes de que pueda escapar hacia la atmósfera, provocando daños ambientales a largo plazo, dentro de los cuales están la degradación de los suelos, la contaminación irreversible de los mantos freáticos, aguas continentales y costeras, la acumulación de los plaguicidas en las cadenas tróficas y el desarrollo de resistencia en los organismos como insectos, hongos o roedores (Edwards, 1976; Miglioranza *et al.*, 1999; Dan *et al.*, 2001; Barry y Warren 2004; Vives *et al.*, 2005; Albert *et al.*, 1989; Jiménez *et al.*, 2005; Helberg *et al.*, 2005; Ólafsdóttir *et al.*, 2005; Thomas *et al.*, 2012; Morales *et al.*, 2017; Varol *et al.*, 2017).

Algunos investigadores han realizado estudios para determinar las características del suelo que intervienen en la difusión, adsorción y retención de plaguicidas en el suelo. Al respecto, Ehlers *et al.* (1986) trabajaron en un suelo franco limoso para observar la difusión del lindano en el suelo. Encontraron que la difusión del lindano está influenciada por el contenido de agua del suelo, la densidad aparente y la temperatura del suelo. Por otra parte, la adsorción y retención

the concentration of dieldrin in the soil, presenting the highest determination coefficients ($r^2=0.99, 0.84$ and 0.96 , respectively). In the soils of the particular farms studied, the highest concentrations of dieldrin were observed in the surface layer (0-23 cm), in relation to the common evaluated; these values were of the order of 2.57 and 1.22 ng g⁻¹, respectively.

Keywords: depth, dieldrin, organic matter.

Introduction

When pesticides are applied as aerial sprays and powders to the foliage, large amounts of them reach the soil, which acts as a reservoir of these persistent chemicals, from which they move towards the body of terrestrial invertebrates (ants and beetles), passing by air or water. It also mentions that the crop decreases the amount of organochlorinated insecticides volatilized from the soil.

Under the surface, the pesticide may spread to the surface or be transported by soil moisture before it can escape into the atmosphere, causing long-term environmental damage, including soil degradation, irreversible contamination of groundwater, inland and coastal waters, accumulation of pesticides in trophic chains and the development of resistance in organisms such as insects, fungi or rodents (Edwards, 1976; Miglioranza *et al.*, 1999; Dan *et al.*, 2001; Barry and Warren 2004; Vives *et al.*, 2005; Albert *et al.*, 1989; Jiménez *et al.*, 2005; Helberg *et al.*, 2005; Ólafsdóttir *et al.*, 2005; Thomas *et al.*, 2012; Morales *et al.*, 2017; Varol *et al.*, 2017).

Some researchers have conducted studies to determine soil characteristics involved in the diffusion, adsorption and retention of pesticides in the soil. In this regard, Ehlers *et al.* (1986) worked on a loamy loam soil to observe the spread of lindane in the soil. They found that the diffusion of lindane is influenced by soil water content, bulk density and soil temperature. On the other hand, soil adsorption and retention of herbicides is influenced by the cation exchange capacity, pH, organic matter, clay content and, to a lesser degree, by soil temperature and soil moisture content (Sullivan and Felbeck, 1967; Yu *et al.*, 2013; Cederlund *et al.*, 2017).

de herbicidas por el suelo está influenciada por la capacidad de intercambio de cationes, pH, materia orgánica, contenido de arcilla y, en menor grado, por la temperatura y el contenido de humedad del suelo (Sullivan y Felbeck, 1967; Yu *et al.*, 2013; Cederlund *et al.*, 2017).

Respecto al movimiento y persistencia de los plaguicidas en el suelo, los resultados reportados son variables, Voerman y Besemer (1986) determinaron residuos de dieldrin, lindano, DDT y paratión en un suelo arenoso, después de repetidas aplicaciones a través de un período de 15 años. Los resultados que encontraron en muestras de suelo analizado en capas de 10 cm hasta los 60 cm de profundidad indicaron que el DDT y el dieldrin fueron mucho más persistentes que el lindano. Por el contrario, el paratión desapareció muy pronto. Debajo de 20 cm solamente se encontraron trazas de dieldrin y DDT.

Asimismo, Jiménez y Arias (1992) estudiaron el movimiento y persistencia del atrazina en Luvisoles de la Fraylesca, Chiapas, México, aplicando lluvia simulada a pequeños lisímetros. Los resultados mostraron que para la dosis baja de atrazina (1.5 kg ha^{-1}), la mayor concentración se localizó en el primer estrato (2.5 cm de profundidad); sin embargo, para la dosis alta (3 kg ha^{-1}), la mayor concentración se encontró en el segundo estrato del suelo (5 cm de profundidad).

Harner *et al.* (1999) realizaron un estudio en 36 suelos agrícolas de Alabama para determinar residuos de plaguicidas organoclorados. Los compuestos determinados comprendieron el alfa y gama hexaclorociclohexanos (BHC), heptacloro, heptacloro epóxido, trans y cis-clordano, trans-nacloro, dieldrin, toxafeno, DDT y DDE. Las más altas concentraciones (medias aritmética en ng g^{-1} de suelo seco) fueron encontradas para el toxafeno (285 ± 390) y DDT's (p, p' DDE, 22.7 ± 21.4 ; p, p'-DDT, 24.6 ± 30.5 ; O, P'-DDT, 4 ± 5.86 ; p, p'-DDD, 2.4 ± 2.41) de uso frecuente en el sureste de los Estados Unidos de América. Los residuos de plaguicidas no fueron proporcionales al contenido de carbón orgánico del suelo, indicando que la concentración de residuos fue un reflejo de la histórica aplicación de plaguicidas.

En la Comarca Lagunera se han realizado pocos trabajos, al respecto, García *et al.* (1988) trabajaron en un monitoreo de suelos en localidades de la Comarca Lagunera para detectar residuos de insecticidas organoclorados. En sus resultados concluyeron que los insecticidas organoclorados detectados fueron: aldrín, lindano, clordano, 1, 1-diclorofenil-2, 2, 2-tricloroetano (DDT) y 1, 1-diclorofenil-2, 2-dicloroetano

Regarding the movement and persistence of pesticides in the soil, reported results are variable, Voerman and Besemer (1986) determined dieldrin, lindane, DDT and parathion residues in a sandy soil, after repeated applications over a period of 15 years. The results found in soil samples analyzed in layers of 10 cm to 60 cm depth indicated that DDT and dieldrin were much more persistent than lindane. On the contrary, the parathion disappeared very soon. Traces of dieldrin and DDT were found below 20 cm.

Also, Jimenez and Arias (1992) studied the movement and persistence of atrazine in Luvisols of the Fraylesca, Chiapas, Mexico, applying simulated rainfall to small lysimeters. The results showed that for the low dose of atrazine (1.5 kg ha^{-1}), the highest concentration was located in the first stratum (2.5 cm deep); However, for the high dose (3 kg ha^{-1}), the highest concentration was found in the second soil layer (5 cm depth).

Harner *et al.* (1999) conducted a study of 36 Alabama agricultural soils to determine organochlorine pesticide residues. Compounds determined comprised the alpha and gamma hexachlorocyclohexanes (BHC), heptachlor, heptachlor epoxide, trans and cis-chlordane, trans-nachlor, dieldrin, toxaphene, DDT and DDE. The highest concentrations (arithmetic averages in ng g^{-1} dry soil) were found for toxaphene (285 ± 390) and DDT's (p, p' DDE, 22.7 ± 21.4 ; p, p'-DDT, 24.6 ± 30.5 ; O, P'-DDT, 4 ± 5.86 ; p, p'-DDD, 2.4 ± 2.41) frequently used in the southeastern United States of America. Pesticide residues were not proportional to the organic carbon content of the soil, indicating that the concentration of residues was a reflection of the historical application of pesticides.

In the Lagunera Comarca there have been few studies, in this regard, García *et al.* (1988) worked on soil monitoring in localities of the Comarca Lagunera to detect residues of organochlorine insecticides. In their results, the organochlorine insecticides detected were: aldrin, lindane, chlordane, 1, 1-dichlorophenyl-2, 2, 2-trichloroethane (DDT) and 1, 1-dichlorophenyl-2, 2-dichloroethene (DDE); the detection range was 0.05 and 4.98 mg kg^{-1} of lindane and aldrin, respectively. With respect to DDT and DDE, the former as technical product and the second as its main metabolite, it was observed that DDE was found in greater quantity; this is reasonable because, due to degradation mechanisms, the amount of DDT decreases tends to increase that of DDE.

(DDE); el rango de detección fue de 0.05 y 4.98 mg kg⁻¹ de lindano y aldrín, respectivamente. Con respecto al DDT y DDE, el primero como producto técnico y el segundo como su principal metabolito, se observó que el DDE se encontró en mayor cantidad; esto es razonable, ya que debido a mecanismos de degradación, al reducirse la cantidad de DDT, tiende a incrementarse la de DDE.

Pese a que desde 1972, en EE.UU. se prohibió la producción de plaguicidas persistentes, como el DDT y el Paratión, entre otros, estos productos siguen teniendo impacto en el medio ambiente, ya que cantidades apreciables de sus residuos permanecen retenidos en el suelo, lodos, atmósfera y biota (Harrey *et al.*, 1995; Harner *et al.*, 1999; Williams y Guang, 2000; Zhang *et al.*, 2011; Mishra *et al.*, 2012; Yang *et al.*, 2012; Yingxin *et al.*, 2012; Yang *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2013; Niu *et al.*, 2017).

Aunque los países desarrollados están ahora más conscientes del peligro potencial de los plaguicidas persistentes, han impuesto grandes restricciones a su uso o están aplicando con mucho más cuidado pequeñas cantidades, a nivel mundial el uso total está incrementándose (Albert *et al.*, 1989).

En México, durante la década de 1950, se emplearon alrededor de 1 000 t de DDT al año para uso agropecuario. Su utilización y producción tuvo su pico máximo en la década de 1960, durante la cual se llegó a producir, en 1968, más de 80 000 t al año. Debido a 50 años de uso, a su persistencia y acumulación en la cadena alimenticia, la dieta podría ser la mayor fuente de exposición entre la población general; sin embargo, otras vías de exposición pueden ser a través del aire, suelo y agua (Luévano *et al.*, 2003; Nakata *et al.*, 2005; Hangxin *et al.*, 2011; Kuranchie *et al.*, 2012 N; Barakat *et al.*, 2013; Hellar *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2014; Yu *et al.*, 2014; Buah y Humhires, 2017).

Por lo tanto, es necesario tener más información acerca de la ocurrencia de dichos residuos de plaguicidas persistentes en los diferentes componentes (suelo, agua) del medio ambiente, preferentemente en aquellas regiones o áreas sometidas a un sistema de producción agrícola intensivo, como es el caso de la Comarca Lagunera, en el estado de Coahuila, México, región que ha sido explotada intensamente durante muchos años a través del monocultivo del algodón, con el establecimiento de hasta 65 000 ha por ciclo y con aplicación sistemática de grandes cantidades de agroquímicos, pues se han llegado a efectuar hasta ocho aplicaciones de insecticidas en un ciclo (Tijerina y Byerly, 1977).

Although since 1972, in the USA the production of persistent pesticides, such as DDT and Parathion, among others, continues to have an impact on the environment, since appreciable amounts of their residues are retained in the soil, sludge, atmosphere and biota (Harrey *et al.*, 1995; Harner *et al.*, 1999; Williams and Guang, 2000; Zhang *et al.*, 2011; Mishra *et al.*, 2012; Yang *et al.*, 2012; Yingxin *et al.*, 2012; Yang *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2013; Niu *et al.*, 2017).

Although more advanced countries are now more aware of the potential danger of persistent pesticides, have imposed major restrictions on their use, or are applying more carefully small amounts, global use is increasing (Albert *et al.*, 1989).

In Mexico, during the 1950s, about 1 000 t of DDT were used per year for agricultural use. Its use and production peaked in the 1960s, during which, in 1968, more than 80 000 t were produced per year. Due to its 50 years of use, its persistence and accumulation in the food chain, diet could be the major source of exposure among the general population; however, other pathways of exposure may be through air, soil, and water (Luévano *et al.*, 2003; Nakata *et al.*, 2005; Hangxin *et al.*, 2011; Kuranchie *et al.*, 2012 N; Barakat *et al.*, 2013; Hellar *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2014; Yu *et al.*, 2014; Buah and Humhires, 2017).

Therefore, it is necessary to have more information about the occurrence of such persistent pesticide residues in the different components (soil, water) of the environment, preferably in those regions or areas subject to an intensive agricultural production system, such as case of the Comarca Lagunera, in the state of Coahuila, Mexico, a region that has been intensively exploited for many years through monoculture of cotton, with the establishment of up to 65 000 ha per cycle and systematic application of large quantities of agrochemicals, since up to eight applications of insecticides have been carried out in one cycle (Tijerina and Byerly, 1977).

Although there is no adequate documentation, serious health problems such as allergies, cancers and malformations are reported in the region, among others, caused by contamination of natural resources by pesticides (Wolff *et al.*, 1993; Costabeber *et al.*, 2000; Luévano *et al.*, 2003; Kunisue *et al.*, 2004; Polanco *et al.*, 2017). In addition, it is important to note that, however, there is not enough evidence to indicate the origin and magnitude of this problem, not

Aunque no existe una documentación adecuada, en la región se están reportando problemas serios de salud como alergias, cánceres y malformaciones, entre otros, ocasionados por la contaminación de los recursos naturales por plaguicidas (Wolff *et al.*, 1993; Costabeber *et al.*, 2000; Luévano *et al.*, 2003; Kunisue *et al.*, 2004; Polanco *et al.*, 2017). No obstante, no existen suficientes evidencias que indiquen el origen y la magnitud de este problema, ni siquiera el relativo a los suelos donde se practica la agricultura antes mencionada. Por lo cual, el presente trabajo plantea detectar los niveles de plaguicidas que más se utilizaron en la Comarca Lagunera, los organoclorados, a cinco profundidades en siete localidades de la Comarca Lagunera en el estado de Coahuila, México.

Materiales y métodos

Localización general. El estudio se realizó en la Comarca Lagunera en el estado de Coahuila, la cual tiene una ubicación geográfica de 25° 30' 00" latitud norte y 103° 30' 00" longitud oeste, a una altura de 1 100 msnm.

Delimitación de las áreas de estudio. Se realizaron muestreos en siete localidades correspondientes a cinco municipios de la Comarca Lagunera de Coahuila, éstas fueron las siguientes: El Paredón, municipio de Fco. I. Madero; El Lequeitio, municipio de Fco. I. Madero; San Roque, municipio de San Pedro; El Consuelo, municipio de Matamoros; Ejido la Partida, municipio de Torreón; Ejido Buenavista, municipio de Viesca; Ejido San Manuel, municipio de Viesca.

Muestreo del suelo. Una vez ubicados los predios, se realizó un muestreo aleatorio en forma de zig-zag sobre el terreno, tomando una muestra compuesta de suelo por hectárea. Se tomaron muestras individuales de suelo de los primeros ocho centímetros de profundidad, debido a la posible presencia de un mayor contenido de materia orgánica y posteriormente a intervalos de cada 15 cm de profundidad hasta 68 cm, formando muestras compuestas, dando un total de cinco submuestras por hectárea y por sitio.

Las muestras compuestas fueron analizadas en el laboratorio de ecología del Instituto de Fitosanidad del Colegio de Posgraduados y las características físicas y químicas, en el laboratorio de la sección de química del Instituto de Recursos Naturales del Colegio de Posgraduados en Montecillos Estado de México.

even the one related to the soils where the aforementioned agriculture is practiced. Therefore, the present work aims to detect the levels of pesticides that were most used in the Comarca Lagunera, the organochlorines, at five depths in seven localities of Comarca Lagunera in the state of Coahuila, Mexico.

Materials and methods

General location. The study was carried out in the Comarca Lagunera in the state of Coahuila, which has a geographical location of 25° 30' 00" north latitude and 103° 30' 00" west longitude, at a height of 1 100 meters above sea level.

Delimitation of study areas. Samplings were carried out in seven localities corresponding to five municipalities of the Comarca Lagunera of Coahuila. These were the following: The Paredon, municipality of Fco I. Madero; The Lequeitio, municipality of Fco I. Madero; San Roque, municipality of San Pedro; The Consuelo, municipality of Matamoros; Ejido the Partida, municipality of Torreón; Ejido Buenavista, municipality of Viesca; Ejido San Manuel, municipality of Viesca.

Soil sampling. Once the farms were located, a random zig-zag sampling was carried out on the land, taking a sample composed of soil per hectare. Individual soil samples were taken from the first eight centimeters deep, due to the possible presence of a higher content of organic matter and later at intervals of every 15 cm of depth up to 68 cm, forming composite samples, giving a total of five subsamples per hectare and per site.

The composite samples were analyzed in the ecology laboratory of the Phytosanitary Institute of the Graduate School and the physical and chemical characteristics in the laboratory of the chemistry section of the Institute of Natural Resources of the College of Postgraduates in Montecillos State of Mexico.

Soil characteristics analyzed. The following physical determinations were made: Klute (1986) and chemical Page (1982) to soil samples: texture, by the Bouyoucos hydrometer method; the moisture content of the soil, by the gravimetric method; the pH, with the potentiometer

Características del suelo analizadas. Se realizaron las siguientes determinaciones físicas Klute (1986) y químicas Page (1982) a las muestras de suelo: textura, por el método del hidrómetro de Bouyoucos; el contenido de humedad del suelo, por el método gravimétrico; el pH, con el potenciómetro y una relación agua-suelo 2:1; conductividad eléctrica con el conductímetro y la relación 2:1 y materia orgánica por el método de Walkey y Black.

Preparación y extracción de las muestras de suelo. Para realizar las extracciones de compuestos en los suelos, se utilizó el método 3540B propuesto por la EPA (Environmental Protection Agency) de Estados Unidos de América en 1990, siguiendo el procedimiento que a continuación se describe: se pesaron 5 g de suelo seco cribado en una malla de 2 mm, previamente secado al aire y se colocó en un cartucho de celulosa supelco 25*80 mm previamente lavado con acetona, introduciéndolo en la columna de extracción; posteriormente, se lavó la muestra de suelo durante 24 h con 80 ml de una mezcla de hexano-acetona de alta pureza para cromatografía (HPLC) en una relación 1:1.

Concentración de las muestras. Para la concentración de las muestras se utilizó un equipo Kuderna Danish, dando los pasos siguientes: las muestras líquidas, derivadas de la extracción del suelo, se colocaron en el Kuderna Danish a una temperatura de 65 °C por 2 h, teniendo al final un volumen concentrado de 10 ml.

Limpieza de las muestras de suelo. Se introdujo un centímetro de fibra silanizada dentro de la columna de limpieza, empacándola perfectamente bien, lavándola posteriormente con 2 ml de hexano y 2 ml de acetona. Se adicionaron 13 g de florisil (Merck de 60-100 mesh) y 4 g de sulfato de sodio. Se agregaron a la columna 40 ml de hexano para acondicionar el sulfato de sodio y el florisil, descartado el eluato. Se transfirió el extracto concentrado de la muestra problema a la columna de limpieza. Después se adicionaron 60 ml de hexano, recibiendo el eluato en un matraz Erlenmeyer. Se añadieron posteriormente 50 ml de una mezcla de hexano-éter dietílico en una relación 9:1. Se diluyó con 20 ml de hexano-éter dietílico en una relación 8:2. Se concentró la muestra en un rotavapor hasta un volumen de aproximadamente 5 ml.

Estándares utilizados. En este trabajo se usó un estándar de 17 plaguicidas organoclorados Hewlett Packard y un estándar interno (dibutil clorendato) en acetona, para probar la eficiencia de recuperación del método. Las determinaciones se realizaron en dos repeticiones.

and a water-soil ratio of 2:1; electrical conductivity with the conductivity meter and the 2:1 ratio and organic matter by the method of Walkey and Black.

Preparation and extraction of soil samples. In order to carry out the extraction of compounds in soils, the method 3540B proposed by EPA (Environmental Protection Agency) of the United States of America was used in 1990, following the procedure that is described below: 5 g of dry soil screened in a 2 mm mesh, previously air-dried and placed in a 25*80 mm supelco cellulose cartridge previously washed with acetone, introduced into the extraction column; subsequently, the soil sample was washed for 24 h with 80 ml of a high purity hexane-acetone mixture for chromatography (HPLC) in a 1:1 ratio.

Concentration of samples. For the concentration of the samples a Kuderna Danish kit was used, taking the following steps: the liquid samples, derived from the extraction of the soil, were placed in the Kuderna Danish at a temperature of 65 °C for 2 h, concentrated volume of 10 ml.

Cleaning soil samples. One centimeter of silanized fiber was introduced into the cleaning column, packing it perfectly well, then washing it with 2 ml of hexane and 2 ml of acetone. 13 g of florisil (60-100 mesh Merck) and 4 g of sodium sulfate were added. 40 ml of hexane was added to the column to condition the sodium sulfate and florisil, discarding the eluate. The concentrated extract of the test sample was transferred to the cleaning column. 60 ml of hexane was then added, the eluate being received in an Erlenmeyer flask. The 50 ml of a hexane-diethyl ether mixture was then added in a 9:1 ratio. It was diluted with 20 ml of hexane-diethyl ether in an 8:2 ratio. The sample was concentrated on a rotary evaporator to a volume of approximately 5 ml.

Standards used. In this work a standard of 17 Hewlett Packard organochlorine pesticides and an internal standard (dibutyl chlorendate) in acetone were used to test the recovery efficiency of the method. The determinations were performed in two replicates.

Equipment and method used. The gas chromatograph used was a Hewlett Packard 5890 series, equipped with electron capture detector. A column HP 608 of 30 m and 0.53 mm in diameter was used. The thermal conditions of the analysis were: injector at 280 °C, column at 290 °C and detector at 280 °C, using nitrogen as auxiliary gas and helium as carrier gas.

Equipo y método utilizado. El cromatografo de gases usado fue un Hewlett Packard serie 5890, equipado con detector de captura de electrones. Se utilizó una columna HP 608 de 30 m y 0.53 mm de diámetro. Las condiciones térmicas del análisis fueron: inyector a 280 °C, columna a 290 °C y el detector a 280 °C, utilizando nitrógeno como gas auxiliar y helio como gas acarreador.

Se utilizaron dos rampas de temperatura con tres niveles con el objeto de asegurar la identificación de los compuestos, estas fueron.

Primer rampa de temperatura. Primer nivel: temperatura inicial 80 °C, temperatura final 190 °C durante un minuto, a 30 °C por minuto. Segundo nivel: temperatura inicial 190 °C, temperatura final 280 °C durante un minuto a 6 °C por minuto. Tercer nivel: temperatura inicial 280 °C, temperatura final 290 °C durante cinco minutos y velocidad de 20 °C por minuto.

Segunda rampa de temperatura. primer nivel: temperatura inicial 80 °C, hasta 210 °C durante un minuto y 40 °C por minuto de velocidad. Segundo nivel: temperatura inicial 210 °C, hasta 280 °C durante un minuto a una velocidad de 4 °C por minuto. Tercer nivel: temperatura inicial 280 °C, temperatura final 290 °C durante un minuto y una velocidad de 20 °C por minuto.

Análisis estadístico. Se realizaron análisis de regresión múltiple para cada localidad tomando como variable dependiente la concentración de dieldrin en el suelo y como variables independientes las características del suelo. Se evaluó el efecto de cada variable independiente a partir de los coeficientes de regresión, y se utilizó el coeficiente de determinación (r^2) para evaluar el efecto conjunto de todas las variables.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en los análisis físicos y químicos del suelo realizados en las siete localidades correspondientes a los cinco municipios de la Comarca Lagunera se presentan en el Cuadro 1.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de las concentraciones del dieldrin (ng g^{-1}) en cada sitio y profundidad del suelo estudiada.

Two temperature ramps with three levels were used in order to ensure the identification of the compounds, these were.

First temperature ramp. First level: initial temperature 80 °C, final temperature 190 °C for one minute, at 30 °C per minute. Second level: initial temperature 190 °C, final temperature 280 °C for a minute at 6 °C per minute. Third level: initial temperature 280 °C, final temperature 290 °C for five minutes and speed of 20 °C per minute.

Second temperature ramp. first level: initial temperature 80 °C, up to 210 °C for one minute and 40 °C per minute of speed. Second level: initial temperature 210 °C, up to 280 °C for one minute at a speed of 4 °C per minute. Third level: initial temperature 280 °C, final temperature 290 °C for one minute and speed of 20 °C per minute.

Statistic analysis. Multiple regression analysis was performed for each locality, taking as a dependent variable the concentration of dieldrin in the soil and as independent variables the soil characteristics. The effect of each independent variable was evaluated from the regression coefficients, and the coefficient of determination (r^2) was used to evaluate the joint effect of all variables.

Results and discussion

The results obtained in the physical and chemical analyzes of the soil realized in the seven localities corresponding to the five municipalities of the Comarca Lagunera are presented in Table 1.

In the Table 2 presents the results of the concentrations of dieldrin (ng g^{-1}) at each site and depth of soil studied.

With the information in Tables 1 and 2, multiple regressions were performed in order to determine the influence of the content of organic matter, the percentage of clay and the pH of the soil on the concentration of dieldrin for each studied locality, these results are shown in Table 3. The analysis performed emphasized the coefficients of determination (r^2) of the regression and in the coefficients of multiple regression (weight coefficients) of each variable, independent of the same.

Cuadro 1. Resultados obtenidos en los análisis físicos y químicos de siete localidades estudiadas.
Table 1. Results obtained in the physical and chemical analyzes of seven localities studied.

Localidades	Características del suelo	Profundidad del suelo (cm)				
		0-8	8-23	23-38	38-53	53-68
El Paredón	MO (%)	1.57	1.38	0.52	0.39	0.39
	pH	8.15	8.15	8.35	8.35	8.4
	CE (dS m ⁻¹)	0.73	0.56	0.31	0.34	0.28
	Arena (%)	36.8	32.8	38.9	14.8	48.8
	Limo (%)	33.4	35.4	34.7	51.4	25.4
	Arcilla (%)	29.8	31.8	26.4	33.8	25.8
El Lequeitio	MO (%)	1.04	1.04	0.5	0.71	0.71
	pH	7.65	7.2	8.05	8.5	8.4
	CE (dS m ⁻¹)	1.02	0.96	0.79	0.68	0.79
	Arena (%)	40.9	46.8	45.5	28.9	22.8
	Limo (%)	30.7	29.4	31.3	44.7	45.4
	Arcilla (%)	28.4	23.8	23.2	26.4	31.8
San Roque	MO (%)	1.05	1.05	1.04	0.79	0.79
	pH	8.25	8.3	8.3	8.4	8.3
	CE (dS m ⁻¹)	0.42	0.42	0.42	0.34	0.34
	Arena (%)	39.5	32	38.9	24	37.5
	Limo (%)	39.3	45.4	41.7	53.4	47.3
	Arcilla (%)	21.2	22.5	20.4	22.5	15.2
El Consuelo	MO (%)	1.4	1.4	1.12	0.92	0.92
	pH	8.1	8	8	7.9	7.95
	CE (dS m ⁻¹)	1.9	2.3	2.6	2.7	2.7
	Arena (%)	15.5	14	17.5	16.2	10.8
	Limo (%)	35.3	33.4	25.3	26.3	31.4
	Arcilla (%)	49.2	52.5	57.2	57.4	57.8
Ejido la Partida	MO (%)	1.38	1.3	0.7	0.46	0.46
	pH	8.1	8.15	8.3	8.35	8.35
	CE (dS m ⁻¹)	1.3	1.2	0.8	0.82	0.74
	Arena (%)	17.5	22.8	20.9	20.8	22
	Limo (%)	47.3	39.4	38.7	41.4	41.4
	Arcilla (%)	35.2	37.8	40.4	37.8	36.5
Ejido Buenavista	MO (%)	0.72	0.66	0.58	0.52	0.4
	pH	8.55	8.7	8.65	8.65	8.3
	CE (dS m ⁻¹)	0.53	0.42	0.4	0.53	0.79
	Arena (%)	24	22	32.9	28.8	16.9
	Limo (%)	51.4	55.4	44.7	45.4	46.7
	Arcilla (%)	24.5	22.5	22.4	25.8	36.4
Ejido San Manuel	MO (%)	0.92	0.72	0.85	0.86	0.73
	pH	8.3	8.25	8.25	8.1	8.05
	CE (dS m ⁻¹)	0.91	0.74	0.62	1.4	1.8
	Arena (%)	23.5	22	31.5	11.5	28.9
	Limo (%)	57.3	53.4	47.3	45.3	4.7
	Arcilla (%)	19.2	24.5	21.2	43.2	66.4

Cuadro 2. Concentración (ng g⁻¹= µg kg⁻¹= ppb) de dieldrin para cada profundidad y sitio estudiado.
Table 2. Concentration (ng g⁻¹= µg kg⁻¹= ppb) of dieldrin for each depth and site studied.

Localidades	Profundidad del suelo (cm)				
	0-8	8-23	23-38	38-53	53-68
El Paredón	0.92	2.17	0.53	0.08	0.01
El Lequeitio	1.35	1.78	0.33	0.67	0.76
San Roque	0.81	0.12	0.77	0.24	0
El Consuelo	2.46	2.57	0.87	0.17	0.07
Ejido la Partida	1.22	0.66	0.54	0.04	0.04
Ejido Buenavista	0.04	0.15	0.66	0.14	0.31
Ejido San Manuel	0.09	0.12	0.06	0.02	0

Con la información de los Cuadros 1 y 2, se realizaron regresiones múltiples, con el objeto de determinar la influencia del contenido de la materia orgánica, el porcentaje de arcilla y el pH del suelo sobre la concentración del dieldrin para cada localidad estudiada, estos resultados se muestran en el Cuadro 3. El análisis realizado puso énfasis en los coeficientes de determinación (r^2) de la regresión y en los coeficientes de regresión múltiple (coeficientes ponderales) de cada variable, independiente de la misma.

Los resultados del Cuadro 1, muestran la diversidad de las características físicas y químicas de los suelos bajo estudio, debido a que éstos corresponden a cinco municipios de la Comarca Lagunera. Asimismo, destaca que los predios particulares presentan los porcentajes más altos de materia orgánica, principalmente en la profundidad 0-8 cm, esto es debido a las mejores prácticas de manejo del suelo y a las aplicaciones de materiales orgánicos, que generalmente llevan a cabo en las pequeñas propiedades.

Los predios no presentaron problemas de salinidad; por el contrario, CE generalmente fue baja, debido al buen manejo y calidad del agua de riego, por otra parte los sitios El Lequeitio y el Ejido Buenavista presentaron un pH relativamente alto en algunas de sus profundidades (8.5 y 8.7 respectivamente), lo que indica la presencia de exceso de sodio intercambiable, ya que los suelos sódicos generalmente presentan un pH mayor de 8.5.

En el Cuadro 2 se observa que el dieldrin fue el único plaguicida encontrado consistentemente en las siete localidades estudiadas de la Comarca Lagunera, de un total de 17 posibles que contenía el estándar usado, lo cual difiere con el trabajo realizado por García *et al.* (1988) en la

The results of Table 1 show the diversity of the physical and chemical characteristics of the soils under study, since these correspond to five municipalities of the Comarca Lagunera. It also emphasizes that private farms have the highest percentages of organic matter, mainly in the depth 0-8 cm, due to the best practices of soil management and the applications of organic materials, which generally carry out in the small properties.

Cuadro 3. Resultados de los análisis de regresión.
Table 3. Results of regression analysis.

Localidades	Regresión	r^2
El Paredón	Y= 193.1 -3.027(MO) - 0.02(arcilla) -22.7(pH)	0.77
El Lequeitio	Y= 2.4 + 1.74(MO) + 0.004(arcilla)- 0.366(pH)	0.96
San Roque	Y= -0.31 + 1.13(MO) + 0.008(arcilla)- 0.07(pH)	0.56
El Consuelo	Y= 14.3 + 4.62(MO) - 0.06(arcilla)- 1.92(pH)	0.99
Ejido la Partida	Y= 55.9 - 0.86(MO) + 0.014(arcilla)- 6.67(pH)	0.99
Ejido Buenavista	Y= 51.58 - 6.996(MO) - 0.251(arcilla) - 4.74(pH)	0.93
Ejido San Manuel	Y= -0.194 -0.25(MO) - 0.002(arcilla) + 0.07(pH)	0.89

The farms did not present problems of salinity; on the contrary, CE was generally low due to the good management and quality of irrigation water. On the other hand, the sites Lequeitio and Ejido Buenavista presented

Región Lagunera, en el cual reportan presencia de aldrín en concentraciones considerables. Esto se explica debido a que el aldrín se transforma a través del tiempo por efecto de la luz solar en díeldrin, ésta es la causa principal por la cual no se detectó el aldrín. Otro aspecto importante es que las mayores concentraciones de díeldrin se presentaron en los predios particulares, en contraste con las bajas concentraciones que se encontraron en el Ejido La Partida.

Esto se debe a que en los predios particulares aplican mayores dosis y más frecuentes aplicaciones de plaguicidas, debido a las malas condiciones socioeconómicas. Asimismo, el Cuadro 2 indica que los predios particulares presentan las mayores concentraciones de díeldrin en la segunda profundidad (8-23 cm) y el Ejido Buenavista, en la tercera profundidad (23-38 cm). Estos resultados coinciden con lo reportado por Voerman y Besemer (1986) quienes mencionan que debajo de los primeros 20 cm de profundidad del suelo sólo se encuentran trazas de díeldrin.

Las concentraciones más altas en los suelos superficiales de las pequeñas propiedades y ejidos analizados fueron 2.57 y 1.22 ng g⁻¹ (ppb) respectivamente. En México, no existe una norma que establezca límites máximos permisibles para este producto; sin embargo, la EPA (Environmental Protection Agency) establece 0.04 mg kg⁻¹ (Romero *et al.*, 2009).

El Cuadro 3 muestra que los r² altos corresponden a la pequeña propiedad El Consuelo, municipio de Matamoros, Coahuila, y al Ejido La Partida, municipio de Torreón, Coahuila (r²= 0.99). Dichas localidades fueron las únicas con diferencia significativa en cuanto al peso de la materia orgánica: en el primer caso, se observó un valor positivo y en el ejido un valor negativo; era de esperarse un valor positivo para ambos casos; sin embargo, debido posiblemente que la pequeña propiedad presentó los valores más altos de materia orgánica y concentración de díeldrin, aunado a que en el Ejido La Partida tuvo diferencia significativa para el coeficiente ponderal de pH (r²= 0.96), diluyó el efecto de la materia orgánica. Para el resto de las localidades no existieron diferencias significativas en los coeficientes ponderales, lo cual indica que las características del suelo (materia orgánica, contenido de arcilla y pH) contribuyen en forma semejante en los respectivos coeficientes.

Asimismo, de acuerdo con las regresiones lineales realizadas, los mayores coeficientes de determinación para el contenido de materia orgánica del suelo corresponden a la pequeña propiedad El Consuelo (r²= 0.99) y al Ejido

a relatively high pH in some of their depths (8.5 and 8.7 respectively), indicating the presence of excess of interchangeable sodium, since the sodium soils generally have a pH greater than 8.5.

In Table 2, it can be observed that dieldrin was the only pesticide consistently found in the seven localities studied in the Comarca Lagunera, out of a total of 17 that contained the standard used, which differs with the work done by García *et al.* (1988) in the Lagunera Region, in which they report the presence of aldrin in considerable concentrations. This is explained by the fact that aldrin is transformed over time by the effect of sunlight on dieldrin, this is the main cause for which aldrin was not detected. Another important aspect is that the higher concentrations of dieldrin occurred in the particular properties, in contrast to the low concentrations that were found in the Ejido the Partida.

This is due to the fact that in private farms they apply higher doses and more frequent applications of pesticides, due to poor socioeconomic conditions. Also, Table 2 indicates that the particular farms have the highest concentrations of dendrin in the second depth (8-23 cm) and the Buenavista Ejido, in the third depth (23-38 cm). These results coincide with those reported by Voerman and Besemer (1986) who mention that below the first 20 cm of soil depth only traces of dieldrin are found.

The highest concentrations in the surface soils of the small properties and ejidos analyzed were 2.57 and 1.22 ng g⁻¹ (ppb) respectively. In Mexico, there is no Standard that establishes maximum permissible limits for this product; however, the EPA (Environmental Protection Agency) establishes 0.04 mg kg⁻¹ (Romero *et al.*, 2009).

In the Table 3 shows that the highest r² corresponds to the small property El Consuelo, Municipality of Matamoros, Coahuila, and to Ejido The Partida, Municipality of Torreón, Coahuila (r²= 0.99). These localities were the only ones that presented significant difference in the weight of the organic matter: in the first case, a positive value was observed and in the ejido, a negative value; it was expected a positive value for both cases; however, possibly due to the fact that the small property presented the highest values of organic matter and concentration of dieldrin, coupled with the fact that in the Ejido The Partida presented significant difference for the weight coefficient of pH (r²= 0.96), diluted the effect of organic matter. For the rest of the localities there were no significant differences in the weight coefficients,

La Partida ($r^2= 0.83$), lo cual indica un efecto mayor de la materia orgánica sobre la concentración de dieldrin en los predios particulares que en los ejidos.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Seybold *et al.* (1994); Yang *et al.* (2005), quienes indican que el contenido de carbón orgánico de los horizontes del suelo correlaciona significativamente con la distribución de atrazina ($r^2= 0.84$) y DDT ($r^2= 0.71$) y con lo encontrado por Mishra *et al.* (2012); Yu *et al.* (2013).

Conclusiones

En los suelos y profundidades estudiadas sólo se encontró el plaguicida organoclorado dieldrin. En general, la capa superficial de los suelos (profundidad de 0-8 cm) presenta las más altas concentraciones del producto citado. Las características del suelo que más correlacionaron con su concentración fueron el contenido de materia orgánica, el pH y el contenido de arcilla. Los suelos de los predios particulares estudiados presentaron mayor concentración de dieldrin que los de los ejidos evaluados.

Las concentraciones más altas del producto en los suelos superficiales de las pequeñas propiedades y ejidos analizados fueron 2.57 y 1.22 ng g⁻¹, respectivamente. No obstante que estas concentraciones son menores a los límites máximos permisibles establecidos por la EPA, existe la posibilidad de la incorporación de este plaguicida a las cadenas tróficas y su bioacumulación en los organismos vivos.

Literatura citada

- Albert, L.; Aranda, E.; Rincón, J. F. y Loera, R. 1989. Situación de los plaguicidas en México y sus efectos en la salud y el medio ambiente. Ecología, política y cultura. Ed. Regina de los Angeles S. A. México, D. F.
- Barakat, A. O.; Khairy, M. and Aukaily, I. 2013. Persistent organochlorines pesticide and PCB residues in surface sediments of Lake Qarun, a protected area of Egypt. *Chemosphere*. 90:2467-2476.
- Barry, M. J. and Warren, D. 2004. Effects of invertebrate predators and a pesticide on temporary pond microcosms used for aquatic toxicity testing. *Environ. Pollution*. 131:25-34.
- Buah-Kwofie, A. and Humphries, M. S. 2017. The distribution of organochlorines pesticides in sediments from iSimangaliso Wetland Park: ecological risks and implications for conservation in a biodiversity hotspot. *Environ. Pollution*. 229:715-723.

which indicates that the soil characteristics (organic matter, clay content and pH) contribute similarly in the respective coefficients.

Also, according to the linear regressions, the highest coefficients of determination for the organic matter content of the soil correspond to the small property El Consuelo ($r^2= 0.99$) and to the Ejido The Partida ($r^2= 0.83$), which indicates a greater effect of the organic matter on the concentration of dieldrin in the particular farms than in the ejidos.

These results coincide with that reported by Seybold *et al.* (1994); Yang *et al.* (2005), who indicate that the organic carbon content of soil horizons correlates significantly with the distribution of atrazine ($r^2= 0.84$); DDT ($r^2= 0.71$) and with that found by Mishra *et al.* (2012); Yu *et al.* (2013).

Conclusions

In the soils and depths studied only the organochlorine pesticide dieldrin was found. In general, the surface layer of the soils (depth of 0-8 cm) has the highest concentrations of the product mentioned. The soil characteristics that most correlated with their concentration were organic matter content, pH and clay content. The soils of the particular farms studied had a higher concentration of dendrin than those of the ejidos evaluated.

The highest concentrations of the product in the surface soils of the small properties and ejidos analyzed were 2.57 and 1.22 ng g⁻¹, respectively. Although these concentrations are lower than the maximum permissible limits established by the EPA, there is a possibility of incorporating this pesticide into the food chain and its bioaccumulation in living organisms.

End of the English version



- Cederlund, H.; Börjesson, E. and Stenström, J. 2017. Effects of a wood-based biochar on the leaching of pesticides chlorpyrifos, diuron, glyphosate and MCPA. *J. Environ. Manag.* 191:28-34.
- Costabeber, I.; Angulo, R. y Jodral, M. 2000. Residuos organoclorados en tejido adiposo mamario y su relación con el cáncer de mama.

- Dan-Duc, N.; Carvalho, F. P.; Nguyen, M.; Nguyen, Q.; Nguyen, T.; Hai, Y.; Villenveve, J. P. and Cattini, C. 2001. Chlorinated pesticides and PCB'S in sediments and molluscs from freshwater canals in the Hanoi region. *Environ. Pollution*. 112: 311-320.
- Edwards, C. A. 1976. Persistent pesticides in the environment. 2nd Edition. Ed. Pree. Cleveland. Ohio. 166 p.
- Ehlers, W. W.; Farmer, J.; Spenser, W. F. and Letey, J. 1986. Lindane diffusion in soils: water content, bulk density, and temperature effects. *Pesticides in Soil*. Ed. Van Nostrand Reinhold Company Inc.
- EPA (Environmental Protection Agency). 1990. Method 3540B Soxhlet extraction. Revision 2 November. 3540 B-1 3540 B.
- García, G. F.; Segura, M. A. y Vélez, C. 1988. Residuos de insecticidas organoclorados en suelos de la Comarca Lagunera, México. *In: XXI congreso nacional de la ciencia del suelo*. Cd. Juárez, Chihuahua.
- Harner, T.; Wideman, J. L.; Jantunen, L.; Bidleman, T. F. and Parkhurst, W. J. 1999. Residues of organochlorine pesticides in Alabama soils. *Environ. Pollution*. 106:323-332.
- Hangxin, C.; Linglin, M.; Chuandong, Z.; Xinghong, L.; Xiaofei, W.; Yinghan, L. and Ke, Y. 2011. Characterization of HCHs and DDTs in urban dustfall and prediction of soil burden in a metropolis-Beijing, China. *Chemosphere*. 85:406-411.
- Harrey, N. W.; Davies, D. and Doucet, J. 1995. PCB and organochlorine pesticides in Canadian Human Milk. *Chemosphere*. 30:2143-2153.
- Helberg, M.; Jan, O. B.; Kjell, E. E.; Kai, O. K. and Janneche, U. S. 2005. Relationships between reproductive performance and organochlorine contaminants in great black-backed gulls (*Larus marinus*). *Environ. Pollution*. 134: 475-483.
- Hellar, K. H.; De Wael, K.; Lugwisha, E.; Malarvannan, G.; Covaci, A. and Van Grieken, R. 2013. Spatial monitoring of organohalogen compounds in surface water and sediments of a rural-urban river basin in Tanzania. *Sci. Total Environ*. 447:186-197.
- Jiménez, B. R.; Rodríguez, E. R.; Merino, G. G.; Rivera, L.; González, J.; Abad, E. and Rivera, J. 2005. Results and evaluation of the first study of organochlorine contaminants (PCDDs, PCDFs, PCBs and DDTs), heavy metals and metalloids in birds from Baja California, Mexico. *Environ. Pollution*. 133:139-146.
- Jiménez, V. y Arias, H. R. 1992. Persistencia y movimiento de Atrazine en suelos de la Fraylesca, Chiapas. *Agrociencia*. 3:20-25.
- Klute, A. 1986. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. Second edition. American Society of America, Inc. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin USA.
- Kunisue, T.; Masayuki, S.; Fujio, K.; Yihe, J. and Shinsuke, T. 2004. Persistent organochlorines in human breast milk collected from primiparae in Dalian and Shenyang, China. *Environ. Pollution*. 131: 381-392.
- Kuranchie, M. H.; Manukure, A. S.; Naa-Dedei, P. L. M. and Blankson, S. 2012. Determination of organochlorines pesticide residue in sediment and water from the Densu river basin, Ghana. *Chemosphere*. 86:286-292.
- Li, Y.; Niu, J.; Shen, Z.; Zhang, C.; Wang, Z. and He, T. 2014. Spatial and seasonal distribution of organochlorine pesticides in the sediments of the Yangtze Estuary. *Chemosphere*. 114:233-240.
- Luévano, F. S.; Farias, P.; Hernández, M.; Riquer, R. P.; Weber, P. J.; Dewailly, E.; Alpuche, C. J. y Romieu, I. 2003. Concentraciones de DDT / DDE y riesgo de hipospadias. Un estudio piloto de casos y controles. *Salud pública de México*. 45:431-438.
- Medicina, Ribeirao Preto. 33:506-514.
- Miglioranza, K. S. B.; Aizpun de Moreno, J. E.; Moreno, V. J.; Osterrieth, M. L. and Escalante, H. 1999. Fate of organochlorine pesticides in soil and terrestrial biota of "Los Padres" pond watershed, Argentina. *Environ. Pollution*. 105: 91-99.
- Mishra, K.; Ramesh, C.; Sharma, P. and Sudhir, K. 2012. Contamination levels and spatial distribution of organochlorines pesticides in soils from India. *Ecotoxicology Environ. Safety*. 76: 215-225.
- Morales, P. N.; Pueyo, C. and Abril, N. 2017. Validation of commercial real-time PCR-arrays for environmental risk assessment: Application to the study of p, p'-DDE toxicity in *Mus spretus* mice liver. *Environ. Pollution*. 230:178-188.
- Nakata, H.; Yuko, H.; Masahiro, K.; Tetsuji, N.; Koji, A. Shin-Ichi, A.; Takeshi, K.; Hideaki, S.; Izumi, W.; Weihua, L. and Xucheng, D. 2005. Concentrations and compositions of organochlorine contaminants in sediments, soils, crustaceans, fishes and birds collected from Lake Tai, Hangzhou Bay and Shanghai city region, China. *Environ. Pollution*. 133:415-429.
- Niu, L.; Xu, C.; Zhang, C.; Zhou, Y.; Zhu, S. and Liu, W. 2017. Spatial distributions and enantiomeric signatures of DDT and its metabolites in tree bark from agricultural regions across China. *Environ. Pollution*. 229:111-118.
- Ólafsdóttir, K.; Evar, P.; Elín, V. M.; Thorvaldur, B. and Torkell, J. 2005. Temporal trends of Black Guillemots in Iceland from 1976 to 1996. *Environ. Pollution*. 133:509-515.
- Page, A. L. 1982. Methods of soil analysis. Part. 2. Chemical and microbiological properties. Second edition. American Society of America, Inc. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin USA.
- Polanco, R. A. G.; Riba, L. M. I.; DelValls, C. T. A.; Araujo, L. J. A.; Mahjoub, O. and Kumar, P. A. 2017. Monitoring of organochlorine pesticides in blood of women with uterine cervix cancer. *Environ. Pollution*. 220:853-862.
- Romero, T. T. C.; Cortinas, N. y Gutiérrez, A. V. J. 2009. Diagnóstico nacional de los contaminantes orgánicos persistentes en México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Instituto Nacional de Ecología (IE). México, D. F.
- Seybold, C. A.; Sweeney, K. C. and Lowery, B. 1994. Atrazine adsorption in sandy soils of Wisconsin. *J. Environ. Qual*. 23:1291-1297.
- Sullivan, D. J. and Felbeck, T. G. 1967. A Study of the interaction of atrazine herbicides with humic acids from three different Soils. *Soil Sci*. 106:42-52.
- Tijerina, C. H. A. y Byerly, F. M. 1977. Informe de investigación agrícola de algodónero. Campo Agrícola Experimental Laguna. SARH, INIA, CIAN. 201 p.
- Thomas, M.; Lazartigues, A.; Banas, D.; Brun-Bellut, J. and Feidt, C. 2012. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in sediments and fish from freshwater cultured fish ponds in different agricultural contexts in north-eastern France. *Ecotoxicology Environ. Safety*. 77:35-44.
- Varol, M. and Sünbül, M. R. 2017. Organochlorine pesticide, antibiotic and heavy metal residues in mussel, crayfish and fish species from a reservoir on the Euphrates River, Turkey. *Environ. Pollution*. 230:311-319.
- Vives, I.; Grimalt, J. O.; Ventura, M.; Catalan, J. and Rosseland, B. O. 2005. Age dependence of the accumulation of organochlorine pollutants in brown trout (*Salmo trutta*) from a remote high mountain lake (Redó, Pyrenees). *Environ. Pollution*. 133:343-

- Voerman, S. and Besemer, F. H. 1986. Residues of dieldrin, lindane, DDT and Parathion.
- Williams, B. and Guang-Guo, Y. 2000. Dissipation of herbicides in soil and grapes in a South Australian Vineyard. *Agriculture, ecosystem and environment*. 78:283-289.
- Wolff, M. S.; Toniolo, P. G.; Lee, E. W.; Rivera, M. and Dubin, N. 1993. Blood levels of organochlorine residues and risk of breast cancer. *J. National Cancer Institute*. 85:648-652.
- Yang, D.; Qi, S.; Zhang, J.; Tan, L.-Zhi.; Zhang, J. P.; Zhang, Y.; Xu, F.; Xing, Xi-Li.; Hu, Y.; Chen, W.; Yang, Jun-Hua. and Xu, Mei-Hui. 2012. Residues of organochlorine pesticides (OCPs) in agricultural soils of Zhangzhou City, China. *Pedosphere*. 22:178-189.
- Yang, D.; Qi, S.; Zhang, J.; Wu, Ch. and Xing, X. 2013. Organochlorine pesticides in soil, water and sediment along the Jinjiang River mainstream to Quanzhou Bay, southeast China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 89:59-65.
- Yang, R. Q.; Jiang, J.; Zhou, Q.; Chungan, Y. and Shi, J. 2005. Occurrence and distribution of organochlorine pesticides (HCH and DDT) in sediments collected from east China sea. *Environment International*. 31:799-804.
- 350.
- Yingxin, Y.; Chunlei, L.; Xiaolan, Z.; Xinyu, Z.; Yuping, P.; Shaohuan, Z. and Jiamo, F. 2012. Route-specific daily uptake of organochlorine pesticides in food, dust, and air by Shanghai residents, China. *Environ. Intern.* 50:31-37.
- Yu, Huan-Yu.; Fang-Bai, Li.; Wei-Min, Yu.; Yong-Tao, Li.; Guo-Yi, Y.; Shun-Gui, Z.; Tian-Bin, Z.; Yuan-Xue, G. and Hong-Fu, W. 2013. Assessment of organochlorine pesticide contamination in relation to soil properties in the Pearl River Delta, China. *Sci. Total Environ.* 447:160-168.
- Yu, Y.; Li, Y.; Shen, Z.; Yang, Z.; Mo, L.; Kong, Y. and Lou, I. 2014. Occurrence and possible sources of organochlorines pesticides (OCPs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) along the Chao River, China. *Chemosphere*. 114:136-143.
- Zhang, J.; Qi, S.; Xing, X.; Tan, L.; Gong, X.; Zhang, Y. and Zhang, J. 2011. Organochlorine pesticides (OCPs) in soils and sediments, southeast China: a case study in Xinghua Bay. *Marine Pollution Bulletin*. 62:1270-1275.
- Zhang, J.; Xing, X.; Qi, S.; Tan, L.; Yan, D.; Chen, W.; Yang, J. and Xu, M. 2013. Organochlorine pesticides (OCPs) in soils of the coastal areas along Sanduao, B. and Xinghua, B. southeast China. *J. Geochem. Exploration*. 125:153-158.