

---

## Niveles de plaguicidas organoclorados en sedimentos superficiales de un tramo del río Mololoa

I. Rodríguez C.<sup>1\*</sup>, M. de L. Robledo M.<sup>2</sup>, C. Jáuregui M.<sup>1</sup>, B. Quintero H.<sup>1</sup>, S. Ramírez H.<sup>3</sup>,  
R. Tovar R.<sup>1</sup>, M. A. Espinosa R.<sup>3</sup>

Universidad Autónoma de Nayarit.

<sup>1</sup> Unidad Académica de Ciencias Químico Biológicas y Farmacéuticas

<sup>2</sup> Secretaría de Investigación y Postgrado, <sup>3</sup> Área de Ciencias Básicas e Ingenierías

Blvd. Tepic-Xalisco, Cd. de la Cultura Amado Nervo, Tepic, Nayarit.

Tel. y Fax (01-311) 2-11-88-00 ext. 8755

Recibido 27 mayo 2007, revisado 19 septiembre 2007, aceptado 17 noviembre 2007

---

*Levels of organochlorine pesticides in sediment Surface of a section of the Mololoa river*

### Abstract

The main use of Mololoa River is to serve as an irrigation source, but for many years wastewater dump into to the River has come from industrial and domestic activities from the Tepic City, Nayarit, México, and livestock and agricultural origin as well. Recently, 16.2 km. from this river were rectified and channeled to compensate its hydraulic capacity deficiency. These actions resulted into the sediments stir up therefore this research implied the analysis of samples before and after the dredging looking for contaminants from anthropogenic activities. Considering these data, the aim of this work was to evaluate the contamination exposition level of these sediments with organochlorine pesticides (OCP) and with organic matter (OM). To do this, sediment samples were taken at four selected points (before and after river rectification), named E-1, E-2, E-3 and E-4 on the basis of the possible contaminant source: Agricultural, industrial, urban and suburban respectively. No OCP's were found in the sediments before the river was dredged, however alpha, beta, gamma and delta-HCH, dieldrin, endosulfan II, endrin aldehyde and p,p'-DDT were found in sediments after river dredging. These results imply that OCP's were used some years ago, and they were exposed when the river was dredged. OCP's concentrations were higher at E-1 < E-2 < E-3 < E-4, according to the flow, suggesting that OCP level at E-4 is due to an accumulative effect from sources located upstream. Significant correlation between organic matter and OCP's level was found. OCP's levels detected were significantly lower than those reported for other rivers in Mexico and the world.

*Key words:* organochlorine pesticides, sediments, Mololoa River.

### Resumen

El uso principal del río Mololoa es con fines de riego. Sin embargo, este cuerpo receptor ha recibido desde hace mucho tiempo las descargas de aguas residuales provenientes de la actividad doméstica e industrial de la ciudad de Tepic, Nayarit, México, así como las descargas de origen pecuario y las aguas de retorno agrícola generadas en su cuenca. Este río fue sometido a rectificación y encauzamiento, en un tramo de 16.2 km, debido a la deficiencia en su capacidad hidráulica. Las obras de rectificación implicaron la remoción de los sedimentos, por lo que en este estudio se analizaron las muestras de sedimento antes y después del dragado, con la finalidad de poner en evidencia posibles contaminantes, plaguicidas organoclorados (POC) y materia orgánica en particular, producto de actividades antropogénicas en el tramo mencionado. Para lograr esto, se muestrearon cuatro estaciones, antes y después de la rectificación del río, considerando la posible fuente de contaminantes, agrícola, industrial, urbano y rural, que fueron denominadas

---

\* Autor de correspondencia

E-mail: imelda.roca@hotmail.com., Tel. y Fax (01-311) 2-11-88-00 ext. 8755

E-1, E-2, E-3 y E-4 respectivamente. No se encontraron POC en el sedimento antes de la rectificación del río, debido probablemente a la disminución del uso de estos compuestos en los últimos años. Sin embargo, después del dragado del río se encontraron alfa, beta, gamma y delta-HCH; dieldrín, endosulfán II, endrín aldehído y p,p'-DDT, lo que evidencia su uso en años anteriores y su exposición debido a la rectificación del río. Asimismo, se encontró que la concentración de POC varía en las diferentes estaciones ( $E-1 < E-2 < E-3 < E-4$ ) y que esta variación va acorde con el flujo del río, sugiriendo que la concentración en el punto E-4 pueda deberse a la acumulación de los plaguicidas de las diferentes fuentes en el agua río arriba. Por otra parte, el contenido de materia orgánica mostró una correlación significativa con la concentración total de POC. Finalmente, las concentraciones de POC detectadas en sedimentos del río Mololoa se encuentran por abajo de las reportadas en sedimentos de ríos en otras áreas de México y el mundo.

*Palabras clave:* Plaguicidas organoclorados, sedimentos, río Mololoa.

## Introducción

Los plaguicidas organoclorados (POC) son compuestos muy estables y por lo tanto persistentes, con una alta capacidad de dispersión en el ambiente, lo que ocasiona que sus residuos pueden llegar prácticamente a todos los sustratos ambientales: suelo, agua, aire y organismos (Albert, 1990). Estos compuestos, han sido usados desde los años 60 para el control de vectores transmisores de enfermedades y para el control de plagas que afectan la producción agrícola (Arias et al., 1990). Los POC han sido utilizados en agricultura para resolver problemas de salud, combatir plagas y para la conservación de alimentos, de tal forma que a los residuos de POC se les encuentra ampliamente distribuidos en diversos ecosistemas terrestres y acuáticos (PNUMA, 1978). Las corrientes superficiales muchas veces son afectadas por el hombre, ya que en ellas se vierte una gran cantidad de contaminantes provenientes de actividades doméstica, industrial, pecuaria y agrícola que se desarrollan en sus amplias cuencas de drenaje, alterando con esto sus características originales y modificando o restringiendo los usos a que se destinan. Por su parte, las corrientes superficiales de menor caudal no escapan a tal efecto y pueden ser las más afectadas en razón de que el grado con que el cuerpo receptor asimile el agente contaminante que se ha mezclado con él, está en función del volumen de agua que lleva el primero (Jáuregui, 2004). El río Mololoa, (Fig. 1) se localiza en la región hidrológica No.12 (Lerma-Santiago), cuenca F, subcuenca C y es el cuerpo de agua más importante que pasa por la ciudad de Tepic, capital del Estado de Nayarit. Nace en la vertiente sur y oeste del cerro Sangangüey a una altitud

aproximada de 2200 metros sobre el nivel del mar (msnm) y desemboca en el río Grande Santiago a una elevación de 265 msnm. Tiene un desarrollo de 70 km aproximadamente, ubicado entre las coordenadas geográficas  $21^{\circ} 33'$  y  $21^{\circ} 44'$  de latitud norte y  $104^{\circ} 54'$  y  $104^{\circ} 58'$  de longitud oeste. (SEMARNAT, 2002). Su cuenca de  $627 \text{ km}^2$  presenta una forma alargada, orientada hacia el noroeste, coincidiendo con la dirección que presenta el colector del río (SRH, 1973). La Comisión Nacional del Agua (CNA) reportó para el río Mololoa un gasto máximo de  $50.48 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  y un mínimo de  $0.085 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , manteniendo un gasto promedio de  $3.785 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , (CNA, 2000). Así mismo señala que sus aguas fueron dotadas por decreto presidencial para las unidades de riego de los ejidos de La Escondida, Bellavista, San Andrés, Francisco I. Madero, Atonalisco, El Rincón y la Resolana, utilizándose esta agua en el riego de hortalizas, caña, maíz, frijol y frutales. El río Mololoa en su paso por la ciudad de Tepic, recibe un volumen de descarga de  $0.637 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  de aguas residuales provenientes de la actividad municipal de Tepic,  $5.8 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  de descargas de tipo industrial, así como  $2.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  provenientes de la actividad pecuaria. Aunado a lo anterior, el río recibe las aguas de retorno agrícola de su cuenca, por lo que se considera que potencialmente podría ser afectado en sus aguas y sedimentos. En el año 2003, el río fue sometido a una obra de dragado para su rectificación y encauzamiento, que comprendió el desarrollo de obras y actividades tendientes a rehabilitar sus condiciones hidráulicas. El tramo rectificado de 16.2 km se localiza entre las coordenadas geográficas extremas mínimas  $21^{\circ}27'07''$  de latitud,  $104^{\circ}55'44''$  de longitud y máximas  $21^{\circ}31'46''$  de latitud y  $104^{\circ}49'40''$  de

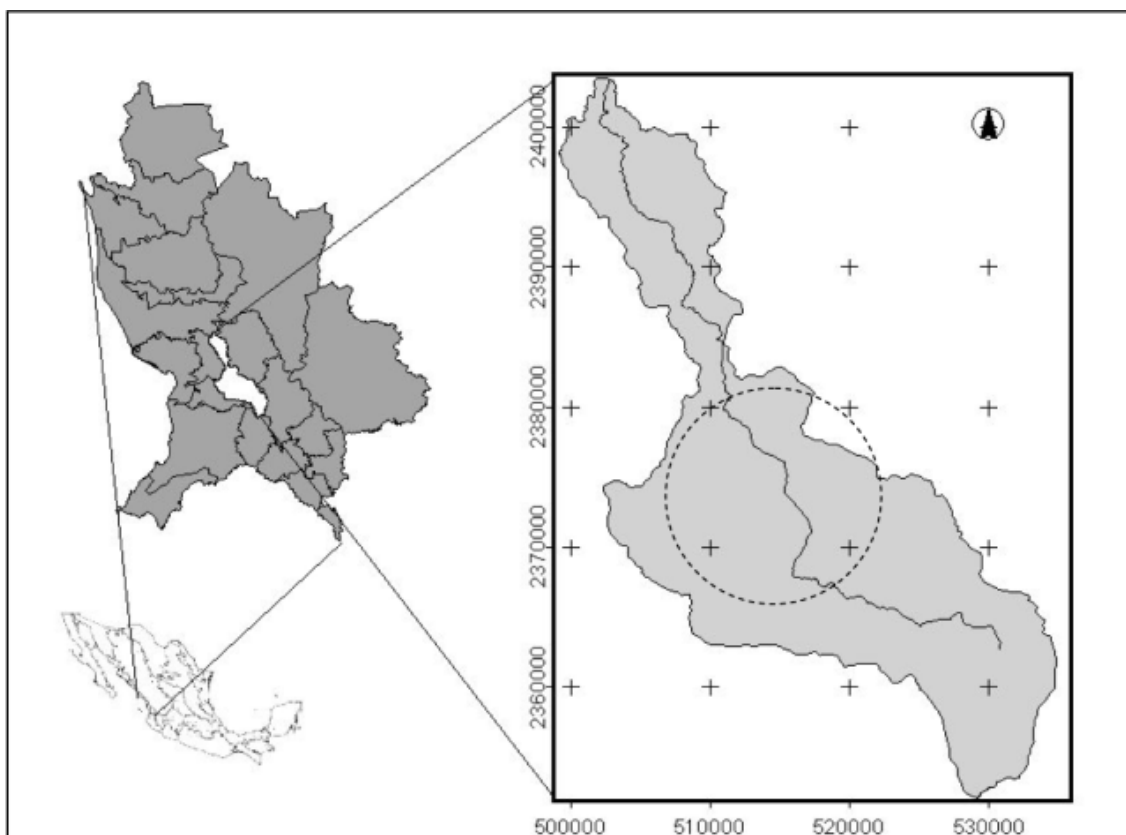


Figura 1. Ubicación del río Mololoa, Tepic Nayarit, México.

longitud.

Los tipos de agricultura que se practican en la zona son la de temporal, en las partes cerriles y, la de riego que se lleva a cabo principalmente en los valles, donde los suelos son más profundos permitiendo una mejor tecnificación y una más eficiente utilización del riego tanto por bombeo como por gravedad (CNA, 1996). La presencia en el ambiente de cantidades siempre mayores de compuestos xenobióticos y productos de transformación, provenientes de los métodos empleados en la agricultura y ganadería, implican un riesgo para la salud humana (Pramauro, 1990). Tal es el caso de los POC que además de ser persistentes son bioacumulables y biomagnificables, por lo que han sido prohibidos en un gran número de países y restringidos en otros, debido a la gran peligrosidad que representan para el ambiente (Turk et al., 1998). Al entrar en los sistemas acuáticos la mayoría de los POC tienen cortos tiempos de residencia en el agua y rara vez permanecen como sustancias puras, ya que

rápido se absorben al material particulado en suspensión o en la materia orgánica y se acumulan en sedimentos y organismos (Gold-Bouchout et al., 1995; González, et al., 1999). En los sedimentos, la adsorción y persistencia de los POC, dependen del tamaño de partícula, tipo de flora y fauna que estén presentes en éstos, así como el contenido de materia orgánica en los mismos (Ahmad et al., 1996). Los estudios realizados en diferentes partes del mundo, han reportado la presencia de POC en sedimentos de cuerpos de agua superficiales, ocasionadas principalmente por actividades antropogénicas y demuestran que uno de los factores más importantes que afectan la fijación de POC en el sedimento es la materia orgánica (Gold-Bouchot et al., 1993; Xu et al., 2000; Zhang et al., 2002; Doong et al., 2002; Batarseh et al., 2003). El río Mololoa, además de su importancia ecológica, es escenario esencial para el desarrollo en la entidad, debido a que ha contribuido de manera importante en las actividades agrícolas, concretamente por las unidades de riego de diversos ejidos aledaños a la ciudad de Tepic

(SEPLAN, 2003). Sin embargo el costo ambiental debido a la presión que ejerce la población creciente es notorio, ocasionando la modificación del entorno natural a través de la deforestación, extracción del agua con fines agrícolas y abastecimiento a la población, vertido de aguas residuales que potencialmente pudieran traer efectos en el ambiente y la salud humana. Resulta importante detectar los POC porque se han asociado con efectos adversos importantes en una amplia variedad de especies de prácticamente todos los niveles tróficos. Su bioacumulación, incluso a bajos niveles, puede estar asociada con graves efectos crónicos no letales, incluyendo inmunotoxicidad, efectos dérmicos, carcinogenicidad, daño a la capacidad reproductiva y disrupción endocrina. Por otra parte, existe una creciente preocupación mundial sobre estos contaminantes debido a que, por su persistencia y movilidad ambiental, aunque su producción y uso disminuyan o cesen completamente, sus concentraciones en el ambiente global no disminuirán en el corto plazo (Albert, 2004). Por ello, un estudio de la presencia de POC, sus concentraciones y la evaluación correspondiente, antes y después de una operación de dragado, permiten saber de su existencia en el área, ya que por esta operación pueden quedar expuestos en la interfase en concentraciones

diferentes de las anteriores, lo que modifica la dinámica de la transferencia de masa de los POC, y por su toxicidad podrían causar daño ecológico en la zona de dragado y sus alrededores, de tal forma que la información generada pueda contribuir en el sustento de políticas públicas para asegurar el buen aprovechamiento a corto plazo y preservación a largo plazo de esta corriente, la cual es de importancia ecológica y económica en el estado de Nayarit.

### Material y métodos

Las muestras de sedimentos superficiales del tramo en estudio fueron colectados en dos periodos, uno antes de la rectificación del río (octubre de 2002) y el segundo después de la rectificación (junio de 2003). Se seleccionaron cuatro estaciones, que de acuerdo a su influencia, su ubicación fue: E-1 (con influencia agrícola), E-2 (industrial), E-3 (urbana) y E-4 (rural) (Fig. 2). Con base a la metodología propuesta por la UNEP/IAEA (1982) método de referencia No. 17, en cada estación se tomó aproximadamente un kg de sedimento superficial por medio de una draga tipo Van Veen ( $0.01 \text{ m}^2$ ), mismo que se homogeneizó para extraer una submuestra de 300 g; estas muestras fueron almacenadas en frascos de vidrio previamente

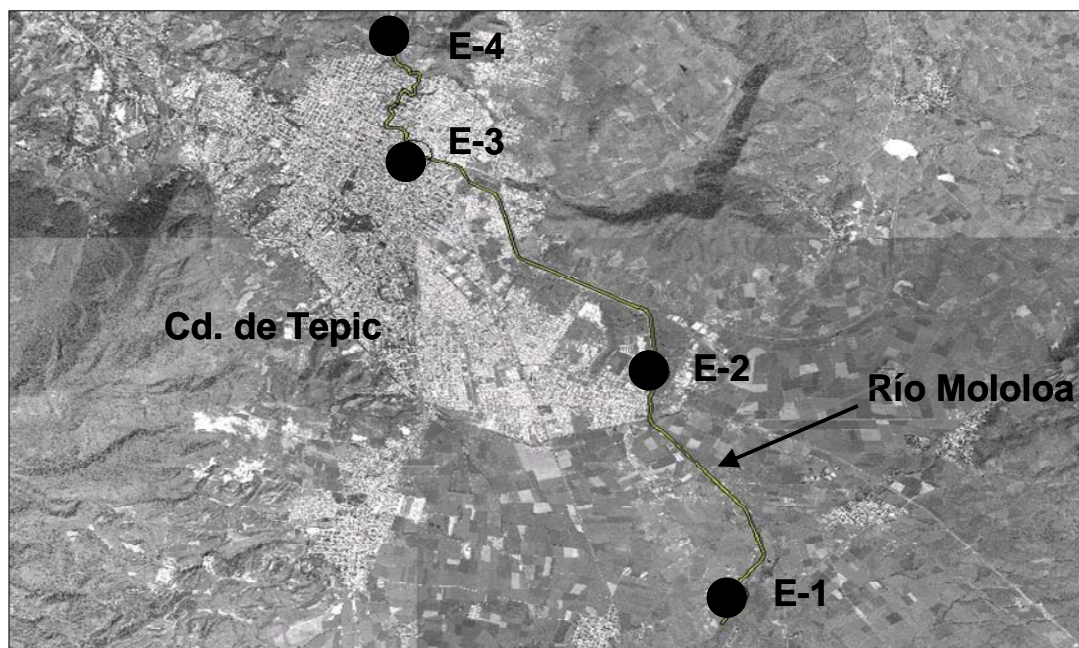


Figura 2. Ubicación de las estaciones de muestreo en el río Mololoa, Tepic Nayarit, México.

lavados con hexano grado plaguicida (gp) y transportadas en hieleras al laboratorio para su análisis de plaguicidas y materia orgánica. Posteriormente las muestras de sedimentos se descongelaron a temperatura ambiente y se secaron a 60 °C en una estufa hasta obtener un peso constante, se molieron y tamizaron en un tamiz con apertura de malla de 250 µm. Para la extracción se pesaron 10 g de sedimentos tamizados y colocados en equipo soxhelt durante 8 h con hexano gp. La purificación fue por cromatografía de adsorción utilizando columnas empacadas con florisil (60-100 mesh) desactivado al 1.25% y sulfato de sodio anhidro mediante la separación con una mezcla de hexano:éter etílico en proporción 9:1 y 8:2 (v/v). En cada lote de muestras se utilizó el blanco de referencia correspondiente.

El análisis se efectuó en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard modelo 5890 equipado con detector de captura de electrones Ni<sup>63</sup> y columna capilar de 30 m por 0.25 mm de diámetro interno y 0.25 µm de grosor de capa empacada con SPB-5 (Chrompack, USA). El gas acarreador fue helio con flujo de 1 ml/min y nitrógeno con 30 ml/min como gas auxiliar. Las condiciones del equipo fueron: temperatura del inyector 260 °C, detector 320 °C y rampa de 90-279 °C por 35 minutos. La identificación de los POC se basó en los tiempos de retención de un estándar externo (Chem. Service Inc. USA) de 16 plaguicidas (alfa, beta, gamma y delta-HCH, aldrin, dieldrin, heptacloro, heptacloro-epoxi, endosulfan I, endosulfan II, endosulfán sulfato, endrin, endrin-aldehído, p,p'-DDE, p,p'-DDD y p,p'-DDT) y su cuantificación se hizo por medio de un integrador de áreas Hewlett Packard modelo 33968 comparando los tiempos de retención y el área bajo la curva de los picos de las muestras con los obtenidos en el estándar de plaguicidas. Finalmente, la concentración de POC se calculó al aplicar la fórmula:

$$C = (A_m / A_e) (V_e / V_m) (C_e) (V_{am} / W_m) \quad (1)$$

Donde:

C = concentración de plaguicida organoclorado (ng g<sup>-1</sup>).

A<sub>m</sub> = área de la muestra.

A<sub>e</sub> = área del estándar.

V<sub>m</sub> = volumen de la muestra inyectada (µl).

V<sub>e</sub> = volumen del estándar inyectado (µl).

C<sub>e</sub> = concentración del estándar (ng ml<sup>-1</sup>).

V<sub>am</sub> = volumen del aforo de la muestra (ml).

W<sub>m</sub> = peso de la muestra (g).

Se fortificaron las muestras y los porcentajes de recuperación fueron entre 90 y 92%. La metodología utilizada en este trabajo fue validada por el laboratorio de Contaminación Marina del ICMYL de la UNAM, a través de un ejercicio de intercalibración con la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA, 1997). Adicionalmente se analizó la materia orgánica en los sedimentos, para lo que se utilizó la técnica de calcinación descrita por la Asociación Oficial de Química Analítica (AOAC, 1975); la cual consiste en el secado de las muestras a 105 °C hasta obtener un peso constante, posteriormente las muestras fueron calcinadas a 550 °C por 24 horas y la concentración se calculó por diferencia de peso en porcentaje. Para establecer la posible correlación entre el contenido de materia orgánica (%) y la concentración total de POC presente en el sedimento en cada una de las estaciones de muestreo, se utilizó la prueba de correlación de Pearson con el software Sigmastat versión 2.03.

## Resultados y Discusión

Los resultados muestran que no se encontraron POC en el sedimento obtenido antes de la rectificación del río Mololoa, probablemente debido a la disminución del uso de estos compuestos en los últimos años, los que sin embargo, se han acumulado en los estratos sedimentarios inferiores debido a la acumulación de nuevo sedimento. Se ha reportado que los plaguicidas con daños menos severos al ambiente han ido sustituyendo a los POC como es el caso de los plaguicidas organofosforados (Klassen y Watkins, 2001). Sin embargo, después de la rectificación del río se encontraron un total de ocho POC (alfa, beta, gamma y delta-HCH; dieldrin, endosulfán II, endrin aldehído y p,p'-DDT) de los 16 analizados con el estándar (tabla 1), lo que evidencia que estos compuestos fueron usados en años anteriores y por la remoción de algunas de las capas quedaron expuestos. Particularmente, en la estación E-1 (con influencia agrícola) después de la rectificación del río, la concentración más alta de POC fue para dieldrin con 0.90 ng g<sup>-1</sup> y la menor correspondió al gamma-HCH con 0.64 ng g<sup>-1</sup>. Estudios similares en ríos con influencia agrícola reportan intervalos de concentración mayores al encontrado en esta

estación del río Mololoa. Gold-Bouchot et al., (1993) reportaron para el río Palizada en Campeche, México, un intervalo de concentración de POC de 0.24 a 17.56 ng g<sup>-1</sup>; por otra parte, en el río Minjian, ubicado en el sureste de China, Zhang et al., (2003) reportaron concentraciones de POC en un intervalo de 28.79-52.07 ng g<sup>-1</sup>. En la estación E-2 (con influencia industrial), se encontraron en total cuatro POC, de ellos, los de mayor y menor concentración fueron delta-HCH con 0.92 ng g<sup>-1</sup> y beta-HCH con 0.36 ng g<sup>-1</sup> respectivamente. Las concentraciones detectadas para esta estación fueron menores comparadas con las reportadas por Ruey et al., (2002) en ríos con influencia de actividad industrial, como es el caso del río ErhJen (0.08-8.20 ng g<sup>-1</sup>) y el río Da-han (0.06-7.42 ng g<sup>-1</sup>) en Taiwán, en donde mencionan que el primero, está contaminado por endosulfan-sulfato y por compuestos del grupo del DDT, mientras que en el segundo río, se encontró beta-HCH y también compuestos del grupo del DDT. Con respecto a la estación E-3, ubicada en la zona urbana, se encontraron en total seis POC. El dieldrín presentó la mayor concentración con 1.58 ng g<sup>-1</sup> y el p,p'-DDT la menor con 0.24 ng g<sup>-1</sup>. Las concentraciones de POC encontrados en la estación E-3 en el río Mololoa son inferiores a las reportadas por Ahmad et al., (1996) en el río Ganges en la India (1.2-18 ng g<sup>-1</sup>) el cual presenta contaminación por descargas doméstica e industrial. En la estación E-4, ubicada en la zona rural de la ciudad de Tepic, se encontró el mayor número de POC, con un total de ocho. La concentración más alta correspondió al delta-HCH con 2.43 ng g<sup>-1</sup>, mientras que el beta-HCH, presentó la concentración más baja con 0.02 ng g<sup>-1</sup>. Las concentraciones encontradas en esta estación están por debajo de las reportadas (2.0-12.0 ng g<sup>-1</sup>) por Ahmad et al., (1996) para muestras del río Ganges en la India. Sobre la base de CICOPLAFEST (2000) de los ocho compuestos detectados, alfa, beta y delta-HCH, dieldrín y endrín aldehído están prohibidos, mientras que el gamma-HCH y p,p'-DDT, están restringidos y sólo el endosulfán está autorizado para uso agrícola. Los compuestos encontrados con mayor frecuencia fueron dieldrín y delta-HCH, los cuales se presentaron en las cuatro estaciones, mientras que, el endosulfán II sólo se detectó en la estación E-4. La concentración promedio más alta fue para el delta-HCH, con un valor de 1.30 ng g<sup>-1</sup>, mientras que, p,p'-DDT presentó la concentración promedio mínima con

0.14 ng g<sup>-1</sup> (tabla 1).

En general, las concentraciones detectadas de POC en sedimentos del tramo del río Mololoa analizado se encuentran en un intervalo de 0.02 a 2.43 ng g<sup>-1</sup>, valores inferiores a los reportados en sedimentos de ríos en otras áreas de México y el mundo, cuyos valores van de 0.03 a 52.07 ng g<sup>-1</sup> (Gold-Bouchot et al., 1993; Ahmad et al., 1996; Botello et al., 1998; Castilho et al., 1999; Nobuyoshi et al., 2000; Xu et al., 2000; Ruey et al., 2002; Zhang et al., 2003; Gary et al., 2003). La variación en la concentración total de POC fue de mayor a menor acorde con el sentido de la corriente del río. De esta manera, la estación E-1 fue en la que se encontró la menor concentración total, con un valor de 2.41 ng g<sup>-1</sup>; mientras que en la E-4 se encontró una concentración de POC de 5.85 ng g<sup>-1</sup>, lo que representa un gradiente de 3.42 ng g<sup>-1</sup> con respecto a la estación E-1. Lo anterior sugiere que la concentración detectada en la estación E-4, probablemente se deba al efecto acumulado de las fuentes de plaguicidas (agrícola, industrial y urbana) en agua río arriba (Fig. 3). Con respecto al contenido de materia orgánica, las concentraciones más altas y con mayor variación se encontraron en el muestreo realizado antes de la rectificación del río, con un promedio de 7.7 ± 2.2; mientras que en los sedimentos obtenidos después de la rectificación, el contenido promedio de materia orgánica fue menor así como su variación entre estaciones (6.8 ± 0.6) comparado con el muestreo anterior (Tabla 2). No se encontraron POC en el sedimento del río antes de la rectificación, sin embargo, después de la rectificación se encontró una correlación significativa entre el contenido de materia orgánica y la concentración total de plaguicidas ( $r = 0.78$  a  $p > 0.05$ ) relación que ha sido descrita ampliamente en la literatura (Gold Bouchot et al., 1993; Xu et al., 2000; Zhang et al., 2002; Doong et al., 2002; Batarseh et al., 2003). La relación encontrada entre POC y materia orgánica sugiere que los desechos orgánicos contribuyeron a la acumulación de los POC en los estratos sedimentarios inferiores, cuando estos compuestos fueron usados con mayor frecuencia.

Tabla 1. Concentración, promedio y desviación estándar de POC en sedimentos superficiales del río Mololoa después de la rectificación (ng g<sup>-1</sup> base seca).

POC	Concentración por estación				Concentración promedio y desviación estándar
	E-1	E-2	E-3	E-4	
Alfa-HCH	-	0.87	0.53	0.68	0.69±0.67
Beta-HCH	-	0.36	-	0.02	0.19±0.24
Gama-HCH	0.64	-	0.49	0.19	0.44±0.23
Delta-HCH	0.87	0.92	1.00	2.43	1.30±0.75
Heptacloro	-	-	-	-	-
Aldrín	-	-	-	-	-
Heptacloro epóxido	-	-	-	-	-
Endosulfán I	-	-	-	-	-
Dieldrín	0.90	0.60	1.58	1.03	1.03±0.41
P,p'-DDE	-	-	-	-	-
Endrín	-	-	-	-	-
Endosulfán II	-	-	-	1.39	1.39
P,p'-DDD	-	-	-	-	-
Endrín aldehído	-	-	0.29	0.08	0.19±0.15
Endosulfán sulfato	-	-	-	-	-
P,p'-DDT	-	-	0.24	0.03	0.14±0.15
TOTAL POC	2.41	2.75	4.13	5.85	-

- Concentración por abajo del límite de detección (< 0.01 ng/g).

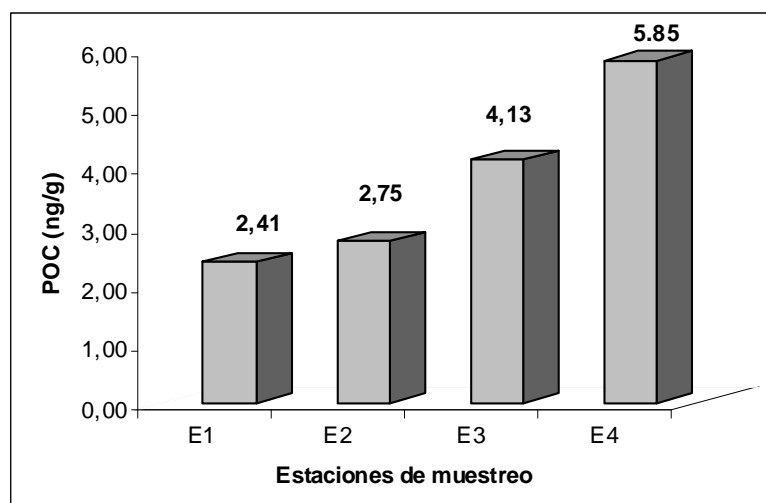


Figura 3. Concentración total de POC, por estación de muestreo en sedimentos superficiales del río Mololoa (ng g<sup>-1</sup> base seca).

Tabla 2. Concentración de materia orgánica (%), promedio y desviación estándar en sedimentos superficiales del río Mololoa antes y después de la rectificación.

Muestreo	Concentración por estación				Concentración promedio y desviación estándar
	E-1	E-2	E-3	E-4	
Antes de la rectificación	9.9	8.5	7.5	4.7	7.7±2.2
Después de la rectificación	5.9	6.8	7.1	7.2	6.8±0.6

## Conclusiones

No se encontraron POC en el sedimento previo a la rectificación del río Mololoa, sin embargo, el dragado contribuyó al descubrimiento de POC posiblemente depositados en años anteriores. En total se encontraron ocho POC: alfa, beta, gamma y delta-HCH; dieldrín, endosulfán II, endrín aldehído y p,p'-DDT, de los cuales actualmente el DDT y gamma-HCH están restringidos para uso sanitario y sólo el endosulfán II está autorizado para uso agrícola. La concentración total de POC siguió un patrón de menor a mayor en sentido de la corriente del río: E-1 < E-2 < E-3 < E-4, lo que sugiere que la concentración detectada en la estación E-4, probablemente se deba al efecto acumulado de las fuentes de plaguicidas (agrícola, industrial y urbana) en agua río arriba. En lo que respecta a la materia orgánica, se encontró una correlación significativa con la concentración total de POC. Las concentraciones detectadas de POC en sedimentos del río Mololoa se encuentran por debajo de las reportadas en sedimentos de ríos en otras áreas de México y el mundo.

## Bibliografía

- AIEA. 1997., Agencia Internacional de Energía Atómica. Word-wide and Regional Intercomparison for the Determination of Organochlorine Compounds and Petroleum Hydrocarbons in focus Sample. Report 63, Marine Environment Laboratory. Monaco, Italia.
- Ahmad, S., Ajmal, M. and Nomani, A., 1996. Organochlorines and polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediments of Ganges River (India). *Environmental Contamination and Toxicology Bulletin*, 57: 794-802.
- Albert, L.A., 1990. Los Plaguicidas, el Ambiente y la Salud. Centro de Ecodesarrollo, México, pp. 331.
- Albert, L.A., 2004. Toxicología Ambiental. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Albert, L.A., (Eds). México, pp 378 y 391.
- AOAC., 1975. Association of Official Analytical Chemists. William Horwitz, Editor. 20va edition, pp 1338.
- Arias, V., Rojas, C.D., Dierkmeier, C.G., Riera, B.C. y Cabrera, C.N., 1990. Plaguicidas Organoclorados. Serie Vigilancia. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Cuba, pp. 91.
- Batarseh, I.B., Kreuzsz, R., Al-Nasir, F. and Bahadir, M., 2003. Residue analysis of organic pollutants in sediments from the Amman/Zarqa area in Jordan. Part II: Organochlorine Compounds. *Fresenius Environmental Bull.* 12: 979-982.
- Botello, A.V. and Calva, L.G., 1998. Polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from Pueblo Viejo, Tamiahua, and Tampamachoco Lagoons in the sediment gulf of Mexico. *Environmental Contamination and Toxicology Bulletin*, 60: 96-103.
- Castilho, J.A.A., Fenzl, N., Guillen, S.M. and Nascimento, F.S., 1999. Organochlorine and organophosphorus pesticide residues in the Atoya river basin, Chinandega, Nicaragua. *Environmental Pollution*, 110: 523-533.
- CICOPLAFEST., 2000. Comisión Intersecretarial para el Control de Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. Guía de plaguicidas autorizados de uso agrícola. SAGAR, México, pp. 504.
- CNA., 2000. Comisión Nacional del Agua. Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales. Región Hidrológica No. 12. Volumen 2. Gobierno Federal, México.
- CNA., 1996. Comisión Nacional del Agua. Estudio de Clasificación del Río Mololoa. Gobierno Federal, Gerencia Estatal en Nayarit, México. pp 8 y 14.
- Díaz, G.G. y Rueda, Q.L., 1996. Niveles de Concentración de Plaguicidas Organoclorados en las Lagunas del Carmen, Machona y Alvarado. En: Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias, Botello y col (Eds). México, pp. 178-185.
- Doong, R.A., Sun, Y.C., Liao, P.L., Peng, C.K. and Wu, S.C., 2002. Distribution and fate of organochlorine pesticide residues in sediments from the selected rivers in Taiwan. *Chemosphere* 48: 237-246.
- Gold-Bouchot, G., Silva-Herrera, T. and Zapata-Pérez, O., 1993. Chlorinate pesticides in the Rio Palizada, Campeche, México. *Marine Pollution Bulletin*. 26: 648-650.
- Gold-Bouchot, G., Silva-Herrera, T. and Zapata-Pérez, O., 1995. Organochlorine pesticides residue concentration in biota and sediment from Rio Palizada, Campeche, México. *Environmental Contamination and Toxicology Bulletin*, 61: 80-87.
- González, R.S., De la Lanza, E.G. y Márquez, G.A., 1999. Relación del tipo de sedimento y la concentración de materia orgánica en el Lago Huayamilpas, Delegación Coyoacán, D.F. Memorias II Congreso Nacional de la Asociación Mexicana de Limnología. México, pp. 16.
- Jáuregui-Medina, C., 2004. Evaluación de la capacidad de asimilación del río Mololoa con respecto a la descarga en el emisor de aguas residuales municipales. Tesis de Maestría, Unidad Académica de Ciencias e Ingenierías de la Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit, México, pp. 88.
- Klassen, C. y Watkins, J., 2001. Manual de Toxicología. McGraw-Hill (Eds), México, pp. 981.
- PNUMA., 1978. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. El Estado del Medio Ambiente. Informe anual de 1977-78, pp. 13.
- Pramauero, E., 1990. Los Pesticidas y el Medio Ambiente. Cultura Universitaria (Eds). Valencia, España, pp. 100.
- Rand, G.M., Carriger, J.F., Lee, T.A. and Pfeuffer, R.J., 2004. Sediment Toxicity in the St. Lucie River Watershed and Everglades Agricultural Area. Kluwer Academic Publishers Manufactured in Netherlands. *Ecotoxicology*, 13: 261-274.
- S.R.H., 1973. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Boletín Hidrológico No. 52. Región Hidrológica No. 12. Tomo 1. Gobierno Federal. México, pp. 31-32.
- SEMARNAT., 2002. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Proyecto de Rectificación y Encauzamiento del Río Mololoa. Reporte Técnico. Tepic, Nayarit. Reporte Técnico. Gobierno Federal, México, Delegación Estatal, pp. 5 y 6.
- SEPLAN., 2003. Secretaria de Planeación del Gobierno del estado de Nayarit. Agenda Económica de Nayarit, México, pp. 131.



- Turk, A., Turk, J. y Wittes, T. 1998. *Ecología Contaminación-Medio Ambiente*. Interamericana (Eds). México, pp. 115.
- UNEP/IAEA., 1982. United Nations Environment Programme/International Atomic Energy Agency. Determination of DDT's and PCB's and other hydrocarbons in marine sediments by gas liquid chromatography. Reference Methods for Marine Pollution Studies No. 17. Geneva, pp 10.
- Xu, S., Jiang, X., Wang, X., Tan, Y., Sun, C., Feng, J., Wang, L., Martens, D. and Gawlik, B.M., 2000. Persistent Pollutants in Sediments of the Yangtse River. *Environmental Contamination and Toxicology Bulletin*. 64: 176-183.
- Yamashita, N., Urushigawa, Y., Masunaga, S., Mohamed, I., Miyazaki, W. and Miyazaki, A., 2000. Organochlorine Pesticides in Water, Sediment and Fish from the Nile River and Manzala Lake in Egypt. *Intern. Journal Environmental Analytical Chemistry*. 77: 289-303.
- Zhang, G., Parker, A., House, A., Mai, B., Li, X., Kang, Y. and Wang, Z., 2002. Sedimentary Records of DDT and HCH in the Pearl River Delta, South China. *Environmental Science Technology*. 36: 3671-3677.
- Zhang, Z.L., Hong, H.S., Zhou, J.L., Huang, J. and Yu, G., 2003. Fate and Assessment of Persistent Organic Pollutants in Water and Sediment from Minjian River Estuary, Southeast China. *Chemosphere*. 52: 1423-1430.