

Gironés, L., A.H. Arias, J.E. Marcovecchio. 2019. Distribución de plaguicidas organoclorados (OCPs) en sedimentos costeros de América Latina. *JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático* 1(2): 41-62. doi 10.26359/52462.0819



# Distribución de plaguicidas organoclorados (OCPs) en sedimentos costeros de América Latina

*Lautaro Gironés<sup>1\*</sup>, Andrés H. Arias<sup>1,2</sup> y Jorge E. Marcovecchio<sup>1,3,4</sup>*

<sup>1</sup> Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), CCT-CONICET, Bahía Blanca. Argentina.

<sup>2</sup> Departamento de Química, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca. Argentina.

<sup>3</sup> Universidad FASTA, Mar del Plata.

<sup>4</sup> Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Regional Bahía Blanca (UTN-FRBB), Bahía Blanca. Argentina.

\* autor de correspondencia: [lgirones@iado-conicet.gob.ar](mailto:lgirones@iado-conicet.gob.ar)  
[gironeslautaro@gmail.com](mailto:gironeslautaro@gmail.com)

---

doi 10.26359/52462.0919

Recibido 10/septiembre/2019. Aceptado 10/diciembre/2019

*JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático*

Coordinación editorial de este número: Edgar Mendoza Franco

Este es un artículo bajo licencia Creative Commons CC BY-NC-ND.

---



### Resumen

Los plaguicidas organoclorados (OCPs) son compuestos que han sido prohibidos en la mayoría de los países del mundo por ser altamente tóxicos y persistentes. Por sus características intrínsecas, aún hoy, se lo puede hallar en casi cualquier ambiente. En este trabajo se propuso analizar su distribución en sedimentos de las costas Latinoamericanas sobre los Océanos Atlántico y Pacífico a partir del análisis de treinta y tres publicaciones científicas, que caracterizaron un total de cincuenta y cinco sitios. Se observó que las concentraciones generales dependían de las características propias de cada sitio, siendo mayores en la cercanía a grandes urbes o campos con agricultura intensiva y en ambientes semicerrados con mayor tiempo de permanencia del agua y, en consecuencia, mayor influencia del aporte continental. Asimismo se observó que la composición de la sumatoria de OCPs era similar entre los sitios ubicados dentro del mismo país o región..

**Palabras clave:** Plaguicidas organoclorados, sedimentos, costas, Latinoamérica, composición.

### Abstract

Organochlorine pesticides (OCPs) are compounds that have been forbidden in most of the World countries for been highly toxic and persistent. Due to their intrinsic characteristics, even today, they can be found in almost any environment. In this work it was aimed to analyze their distribution in Latin American coastal sediments, at Atlantic and Pacific oceans, through the analysis of thirty three scientific publications that characterized a total of fifty five sites. It was observed that general concentrations depended of the own characteristics of each site, being larger closer to big cities or intensive agricultural fields, as well as semi-closed environments with larger rates of water permanence and consequently larger influence from the continent. Likewise it was observed that the composed addition of OCPs was similar among sites located in the same country or region.

**Keywords:** Organochlorine pesticides, sediments, coasts, Latin America, composition.



## Introducción

Los plaguicidas organoclorados (OCPs) son compuestos que fueron utilizados durante muchos años con fines sanitarios y fitosanitarios en todo el mundo. Estos integran el grupo de los Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs) por ser altamente hidrofóbicos, liposolubles y resistentes a la degradación química física y biológica (Jayaraj *et al.*, 2016). Son semivolátiles y persistentes, por lo que pueden dispersarse por el aire y redistribuirse globalmente (Jacob, 2013; Zhang *et al.*, 2018) y hallarse en sitios donde nunca antes se hallan utilizado (Commendatore *et al.*, 2015). Además, se ha demostrado que pueden ser tóxicos para la biota y el ser humano, ya que pueden generar daño reproductivo, alteración endocrina, supresión inmunológica y cáncer, entre otros (Jayaraj *et al.*, 2016).

Estas características le valieron su inclusión en el grupo denominado la “docena sucia” del Convenio de Estocolmo del 2001 (UNEP, 2017). En éste se estableció que los contaminantes que integran ese grupo deben ser monitoreados y eliminados en todos los países signatarios, entre ellos todos los latinoamericanos. Además, la mayoría de los países de la región ya contaba con legislación propia anterior a este convenio internacional, la cual suele ser más restrictiva. No obstante, varios OCPs fueron in-

corporados recientemente en la lista del Convenio de Estocolmo (CE) y en la legislación propia de varios países, estos son los Hexaclorociclohexanos (isómeros  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ ), el Endosulfan y el Dicofol, incorporados en 2009, 2011 y 2019 al Convenio de Estocolmo, respectivamente; y la prohibición de varios OCPs tiene excepciones de uso tanto en normativas nacionales como internacionales. Además, se considera que otras fuentes actuales de OCPs al ambiente serían el uso ilegal de alguno de estos plaguicidas y el mal manejo de los residuos y stocks de OCPs (UNEP, 2002).

A pesar de su masiva prohibición, los OCPs fueron hallados en casi todos los sitios y compartimentos ambientales que se estudiaron, incluida América Latina. En este trabajo buscaremos analizar la distribución espacial de plaguicidas organoclorados en sedimentos costeros de Latinoamérica a partir de la revisión de publicaciones de los últimos 25 años; Evaluar la composición de la sumatoria total de plaguicidas organoclorados y su relación con su ubicación geográfica; Y, por último, evaluar el interés de las administraciones en el estudio de las concentraciones ambientales de los plaguicidas organoclorados.

## Revisión general de la literatura

Se analizaron artículos científicos y tesis doctorales o de grado de los últimos 25 años disponibles en la web a través de buscadores como Google Scholar, Scopus y ScienceDirect. Las palabras claves de búsqueda estuvieron relacionadas con el monitoreo de plaguicidas organoclorados en sedimentos costeros de Latinoamérica: “organochlorine pesticides”; “OCPs”; “sediment”; “Persistent organic pollutant”; “Sea”; “Brazil”; “Caribbean Sea”; “pollution” entre otras.

Se extrajeron los valores publicados en cada trabajo y se confeccionó una tabla que permitiera comparar los distintos trabajos. Se establecieron como columnas: año de muestreo; sitio de muestreo; país; % de carbono orgánico; % arena; limo y arcilla; niveles de OCPs: p,p'-DDE; p,p'-DDD; p,p'-DDT;  $\Sigma$ DDXs;  $\alpha$ -HCH;  $\beta$ -HCH;  $\delta$ -HCH;  $\gamma$ -HCH;  $\Sigma$ HCHs; Aldrin; Dieldrin; Endrin; Endrin aldehído;  $\Sigma$ Drines;  $\alpha$ -Endosulfan;  $\beta$ -Endosulfan; Endosulfan sulfato;  $\Sigma$ Endosulfanes;



Heptacloro; Heptacloro epoxido; Trans-clordano; Cis-clordano; Trans-nonacloro; Cis-nonacloro;  $\Sigma$ Clordano; Mirex; Metoxicloro; HCB;  $\Sigma$ OCPs; N° de analitos; N° de sitios; Unidad; Referencia.

Como algunas publicaciones estudiaron sitios muy distantes entre sí o con características ambientales disímiles, como distintas bahías o estuarios, se desglosaron y se estableció una fila por cada sitio.

Para comparar los sitios se utilizaron diversas funciones de Excel (Microsoft Office 2013) y el programa estadístico InfoStat (versión 2018).

A cada sitio se le asignó un código y se georeferenciaron para realizar el análisis espacial con ArcMap 10.3. En este programa se utilizó el mapa de base World Light Gray Canvas Base y se ubicaron los puntos en él. Luego se unió la tabla de Excel

(Microsoft Office 2013) a la tabla de atributos de la capa creada en ArcMap 10.3.

Con la función “Charts, Pie” en las propiedades de la capa, se seleccionaron distintas configuraciones para determinar objetivos de análisis distinto, por ejemplo: se seleccionó  $\Sigma$ DDXs;  $\Sigma$ HCHs;  $\Sigma$ Drines;  $\Sigma$ Endosulfanes;  $\Sigma$ Clordanos para determinar el predominio y los niveles de cada grupo de OCPs en los sitios donde se habían evaluado los 5 grupos de plaguicidas en simultáneo;

Para comparar las concentraciones generales de OCPs ( $\Sigma$ OCPs) de todos los sitios y publicaciones evaluados se realizó una comparación espacial con la función “Quantities, graduated symbols” de ArcMap 10.3 con la que se realizó una graduación por tamaño de la sumatoria de OCPs.

## Resultados

En total se revisaron 33 publicaciones, entre tesis y artículos científicos, que informaban valores de plaguicidas organoclorados en sedimentos costeros en Latinoamérica en muestras tomadas a partir de 1994. Se analizaron 11 publicaciones de Brasil (Bicego *et al.*, 2006; Cesar *et al.*, 2014; Combi *et al.*, 2013; Neves *et al.*, 2018; Petrus *et al.*, 2014; Rizzi *et al.*, 2017; Santos de Souza *et al.*, 2008; Souza, 2015; Souza *et al.*, 2012; Yogui *et al.*, 2018), 8 de Argentina (Arias *et al.*, 2011; Commendatore *et al.*, 2015, 2018; Díaz-Jaramillo *et al.*, 2018; Isla *et al.*, 2010; Menone *et al.*, 2004, 2006; Tombesi *et al.*, 2018), 8 de América Central (Alonso-Hernández *et al.*, 2014, 2015; Carvalho *et al.*, 1999; Jaffé *et al.*, 2003; Mohammed *et al.*, 2011; Robinson y Mansingh, 1999; Sbriz *et al.*, 1998; Tolosa *et al.*, 2010), 5 de México México (Carvalho *et al.*, 1996; Galindo-Reyes *et al.*, 1999; González-Farías *et al.*, 2002; Montes Nava, 2008; Osuna-Flores y Riva, 2002) y 1 de Colombia (Castro, 1997). Las publicaciones de Brasil y Argentina mostraron datos más actuales (muestreados entre el año 2000 y 2016 con media en 2008), en cambio las de México, Colom-

bia y Centroamérica, en promedio, muestran datos más antiguos (muestreados entre 1994 y 2007 con media en 1999). No se hallaron publicaciones referidas a niveles de OCPs en sedimentos sobre las costas sudamericanas sobre el Océano Pacífico.

Todos los trabajos informaron al menos tres grupos de OCPs. Treinta y dos de ellos informaron concentraciones de los congéneres del DDT (p,p'-DDE, p,p'-DDD, p,p'-DDT) o la sumatoria de estos ( $\Sigma$ DDXs). Treinta publicaciones analizaron algún congénere de Hexaclorociclohexano (HCH), de estas el 93% analizó los niveles de Lindano ( $\gamma$ -HCH) y el 60% los niveles de todos los congéneres en simultáneo ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$  y  $\gamma$ -HCH). Veintisiete analizaron algún plaguicida del grupo de los Drines (Aldrin, Dieldrin, Endrin y Endrin aldehído), de estas, seis analizaron todos los compuestos y 24 estudiaron, al menos, Aldrin y Dieldrin. En cuanto a los Endosulfanes, 23 publicaciones los tuvieron en cuenta y evaluaron al menos uno de sus congéneres ( $\alpha$ -Endosulfan;  $\beta$ -Endosulfan; Endosulfan sulfato). Solo el 43% de estas contempla a la totalidad de los congéneres, y el 87% y el 74% analizan



$\alpha$ -Endosulfan y  $\beta$ -Endosulfan, respectivamente. El grupo de los Clordanos es el más diverso, en este trabajo solo se tuvieron en cuenta seis compuestos que lo integran: Heptacloro, Heptacloro epóxido, Trans-clordano, Cis-clordano, Trans-nonacloro y Cis-nonacloro. Veintinueve publicaciones estudiaron al menos un compuesto del grupo de los Clordanos y solo tres todos los compuestos. MenCIÓN aparte merecen los plaguicidas Mirex, HCB y

Metoxicloro por no estar incluidos en ninguno de los grandes grupos mencionados. De los 33 trabajos analizados, dieciséis incluyeron HCB entre sus analitos, quince Mirex y siete Metoxicloro. El 82% de las publicaciones que los consideran fueron publicadas en años posteriores al 2008, lo que demuestra que el interés en sus concentraciones ambientales es reciente, al menos en Latinoamérica.

## Distribución del total de OCPs

Como se indicó en la sección anterior, son pocas las publicaciones en las que se estudiaron todos los compuestos seleccionados, por lo que la comparación de la sumatoria de todos los OCPs entre estas resulta impropia. Para minimizar los errores se tomaron, únicamente, las sumatorias de los 5 grandes grupos ( $\Sigma$ DDXs,  $\Sigma$ HCHs,  $\Sigma$ Drines,  $\Sigma$ Endosulfanes y  $\Sigma$ Clordanos) ya que, al menos el 75% de los sitios de muestreo presentaban datos para cada uno de ellos. La ubicación de cada punto de muestreo y su correspondiente concentración media de  $\Sigma$ OCPs se muestra en la figura 1.

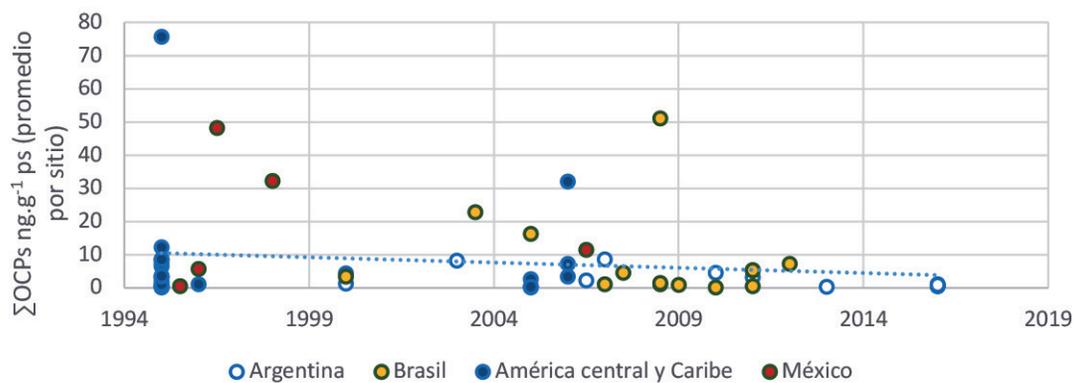
A partir del análisis de la figura 1, se puede determinar que la distribución de la  $\Sigma$ OCPs en sedimentos costeros de Latinoamérica presenta escasa influencia de los factores que habitualmente se consideran determinantes de la distribución global de COPs en los sedimentos oceánicos como la temperatura, las corrientes marinas y la circulación atmosférica (Jin *et al.*, 2017; Ohkouchi *et al.*, 1999), se esperaría, por ejemplo, que las concentraciones generales sean mayores hacia latitudes más altas. Sin embargo, otros factores determinantes en los niveles de OCPs en el sedimento, tales como su capacidad de adsorción, dada por el contenido de carbono orgánico total (Lohmann *et al.*, 2007), material orgánica refractaria como carbón negro o querógeno (Xiao *et al.*, 2004, Lohmann *et al.*, 2005, 2007), y la granulometría (Opel *et al.*, 2011), no son tenidas en cuenta en la mayoría de

las publicaciones. Por este motivo, con el fin de reducir la variabilidad en los niveles de OCPs producida por distintas características físico-químicas del sedimento de cada punto de muestreo, para el análisis espacial se utilizaron los niveles promedio de cada sitio.

Al comparar los niveles de  $\Sigma$ OCPs en cada sitio con el año de muestreo se observó una tendencia con pendiente negativa, aunque poco evidente, desde los estudios más antiguos a los más actuales (figura 2). Al comparar las concentraciones medias de  $\Sigma$ OCPs de cada región o país, se pudo determinar que las costas mexicanas y caribeñas muestran mayores concentraciones que Argentina y Brasil. Además, son varios los sitios de México y el Caribe que presentaron niveles medios de  $\Sigma$ OCPs superiores a los 30 ng.g<sup>-1</sup> ps (peso seco), entre ellos se destacan la bahía Ohuira y Jitzamuri en el Golfo de California (Galindo-Reyes *et al.*, 1999; Gozález-Farías *et al.*, 2002), los esteros Naranjo-Paso Caballos, en Nicaragua (Carvalho *et al.*, 1999) y Puerto España en Trinidad y Tobago (Mohammed *et al.*, 2011). No obstante, en Brasil se destacan algunos puntos que mostraron niveles elevados de  $\Sigma$ OCPs como la Bahía de Guanabara, Rio de Janeiro, con concentraciones medias de 51 ng.g<sup>-1</sup> ps (Petrus *et al.*, 2014) y 22.8 ng.g<sup>-1</sup> ps (Santos de Souza *et al.*, 2008) y el estuario del Rio Amazonas con 16.17 ng.g<sup>-1</sup> ps (Neves *et al.*, 2018). Una apreciación a destacar es que todos los sitios que mostraron con-



**Figura 1.** Distribución de la sumatoria de plaguicidas organoclorados ( $\Sigma$ DDXs,  $\Sigma$ HCHs,  $\Sigma$ Drines,  $\Sigma$ Endosulfanes y  $\Sigma$ Clordanos) en sedimentos costeros de América Latina. Valores promedio por sitio, expresados en  $\text{ng.g}^{-1}$  ps.



**Figura 2.** Relación entre país/región, año de muestreo y concentración promedio de la sumatoria de OCPs calculada para cada sitio.



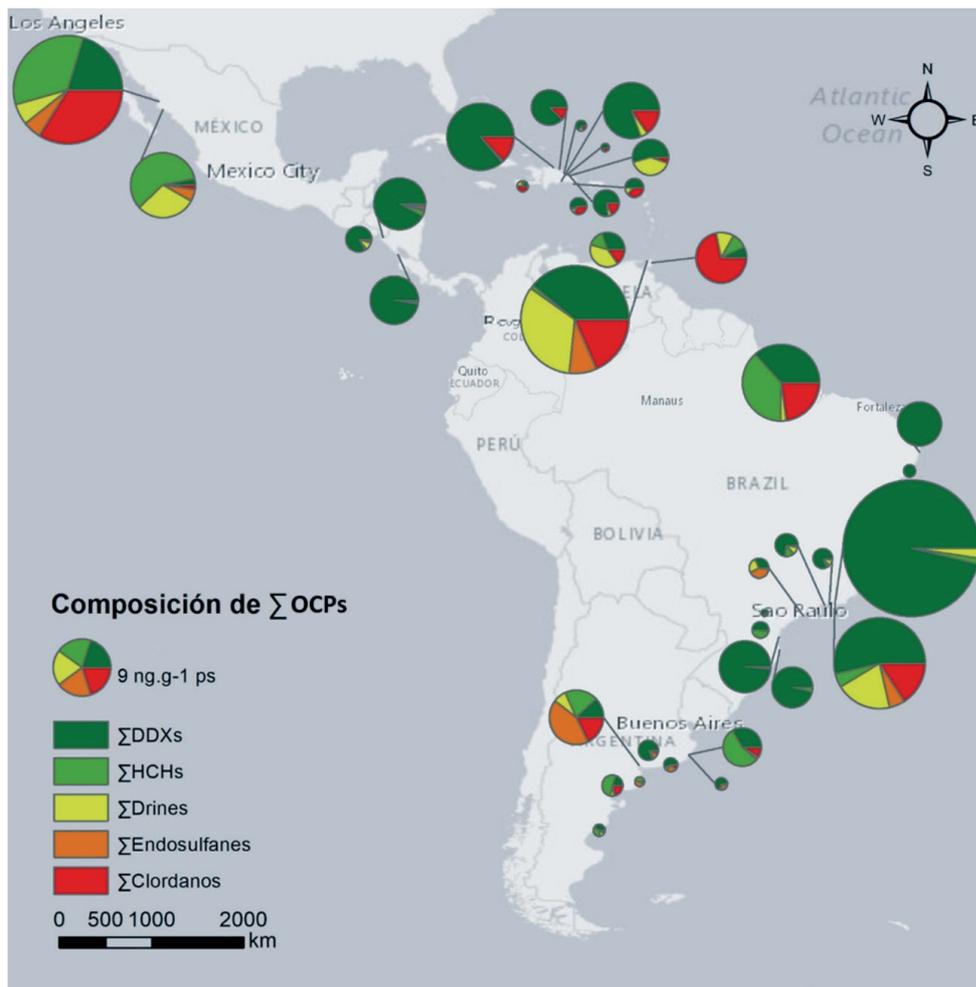
centraciones mayores a la media general,  $8.09 \text{ ng.g}^{-1} \text{ ps}$ , presentan elevada influencia antrópica por cercanía a grandes ciudades o campos de cultivo y/o son ambientes semicerrados que reciben aportes

continentales a través de ríos o descargas cloacales/pluviales, que, además de aportar contaminantes, proveen nutrientes y materia orgánica, que aumentan la capacidad de adsorción del sedimento.

## Composición del total de OCPs

A partir del análisis de la configuración espacial de las concentraciones de cada tipo de OCP en América se pudo determinar que la predominancia de un tipo de compuesto por sobre otro depende en

gran medida, del país o región donde se ubique el sitio de estudio. Razón por la cual, cada país presenta una “huella” de contaminación por OCPs particular (figura 3).



**Figura 3.** Distribución de la composición de la sumatoria de OCPs ( $\Sigma$ DDXs,  $\Sigma$ HCHs,  $\Sigma$ Drines,  $\Sigma$ Endosulfanes y  $\Sigma$ Clordanos) en sedimentos costeros de América Latina. Diametro del gráfico circular representa la  $\Sigma$ OCPs de cada sitio, como referencia se muestra un grafico modelo que presenta un  $\phi=9 \text{ ng.g}^{-1} \text{ ps}$ .



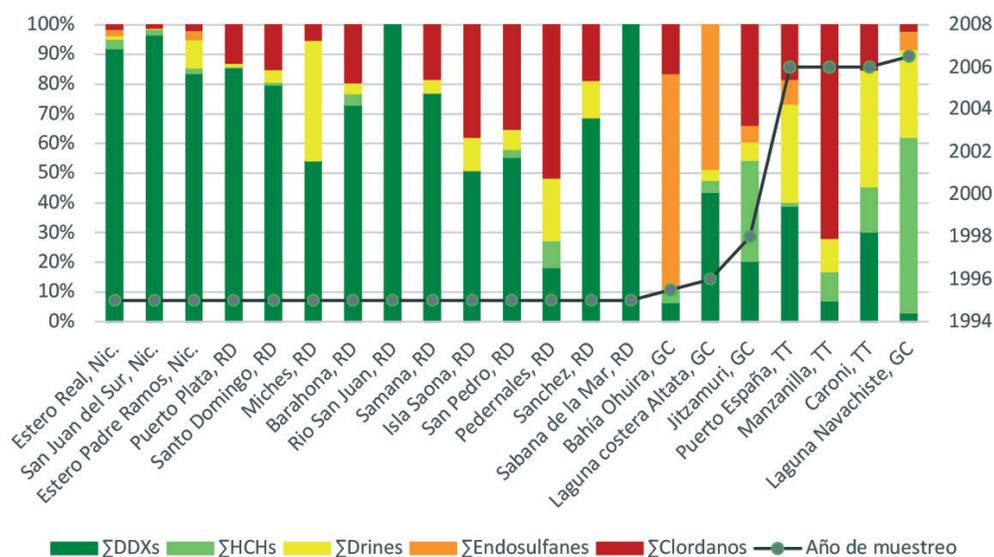
En los estudios realizados en Argentina la proporción de los DDXs fue baja, en todos los casos menor al 20%, excepto en la laguna Mar Chiquita, donde la proporción fue del 38% (Menone *et al.*, 2006). Las concentraciones de Drines calculadas para Argentina fueron muy bajas, y su proporción en las composiciones de  $\Sigma$ OCPs también lo fue, mostrando un valor máximo de 7,6% (0,62 ng.g<sup>-1</sup> ps) en el Estuario de Bahía Blanca (Menone *et al.*, 2004). Los grupos de compuestos hallados en mayores concentraciones relativas fueron los HCHs, Endosulfanes y Clordanos, que representaron un 30%, 21% y 25% respectivamente, en promedio.

En Brasil la proporción de los DDXs fue sobresaliente, representaron en promedio el 78% del total de OCPs hallados, con predominio absoluto en las costas de Pernambuco (Yogui *et al.*, 2018) y mayor al 95% en la Bahía de Guanabara (Rio de Janeiro) (Petrus *et al.*, 2014), Bahía de Florianópolis (Souza *et al.*, 2012) y Bahía de Babitonga (Rizzi *et al.*, 2017)

En las bahías y costas situadas entre Rio de Janeiro y Paranaguá el predominio de DDXs fue menor, en promedio representaron el 72% de la  $\Sigma$ OCPs

de la zona, y otros OCPs completaron la composición, como los HCHs, los Drines y los Endosulfanes, que representaron el 9.6%, 8.5% y 6.5% en promedio, respectivamente. Los HCHs alcanzaron un máximo del 46% de la composición en el estuario de Paranaguá (Souza *et al.*, 2015) y los Drines y los Endosulfanes alcanzaron un 25% y 41%, respectivamente, en muestras de sedimentos de la plataforma continental tomadas cerca de Santos, San Pablo, Brasil (Cesar *et al.*, 2014).

Pocas son las publicaciones que estudiaron los 5 grupos de compuestos en el resto de Latinoamérica, solo examinaron cuatro. Esta situación, no permite analizar correctamente la composición de la sumatoria de OCPs de la zona. Por este motivo, se utilizaron aquellas publicaciones que estudiaron al menos cuatro grupos de plaguicidas: cuatro en México (Carvalho *et al.*, 1996; Gozález-Farías *et al.*, 2002; Montes Nava, 2008; Osuna-Flores y Riva, 2002), uno en Nicaragua (Carvalho *et al.*, 1999), uno en Trinidad y Tobago (Mohammed *et al.*, 2011) y uno en República Dominicana (Sbriz *et al.*, 1998) (figura 3 y 4).



**Figura 4.** Relación entre sitio y año de muestreo con la composición de la sumatoria de OCPs en sedimentos costeros de América Central y México. Nic.: Nicaragua; RD: República Dominicana; GC: Golfo de California; TT: Trinidad y Tobago.



La composición de la sumatoria de OCPs en sedimentos costeros de América Central, Caribe y México varió según los años de muestreo y el país analizado (figura 4). En general los estudios anteriores al año 2000 presentaron elevadas proporciones de DDXs en relación a las publicaciones posteriores. Una explicación posible a este fenómeno puede ser la prohibición temprana del uso de DDXs y su degradación natural.

En República Dominicana (RD) las proporciones de DDXs fueron muy altas, con un promedio de 69,4% y dos sitios donde solo se detectaron compuestos de este grupo. El segundo grupo dominante en la composición fue el de los Clordanos, que representa un 19.4% del total, en promedio. Los HCHs y Drines estuvieron muy mal representados y no se analizó ningún congénere de Endosulfan.

En oposición a la composición de  $\Sigma$ OCPs de República Dominicana, en el Golfo de California (GC) no dominaron los DDXs, que solo representan el 18.5% del total, en promedio, sino que las mayores proporciones fueron las de los Endosul-

fanos y los HCHs, que representaron el 33.2% y 25.4% de la composición, en promedio. Aquí, los Endosulfanes alcanzaron proporciones del 72% y 48.6% en la bahía Ohuira y la laguna costera Altata-Ensenada del Pabellón, respectivamente (Carvalho *et al.*, 1996; Osuna-Flores y Riva, 2002), y los HCHs 59% y 34% en la laguna costera Navachiste y Jitzamuri, respectivamente (González-Farías *et al.*, 2002; Montes Nava, 2008).

En Trinidad y Tobago las composiciones de las muestras del lado occidental de la isla fueron similares a las de México, es decir, no hubo algún grupo de OCPs dominante. Los DDXs, Drines y Clordanos, en partes casi iguales, sumaron un 87.7% del total y los Endosulfanes y HCHs estuvieron mal representados. A pesar de la gran diferencia en las concentraciones de  $\Sigma$ OCPs entre Caroni y Puerto España (dos sitios cercanos), 3.3 y 31.89 ng.g<sup>-1</sup> ps, las composiciones de estas fueron similares (figura 3 y 4). En cambio, Manzanilla, ubicada en el lado opuesto de la isla, presentó una composición disímil, con una abundancia relativa de Clordanos muy alta, 71.8% del total (figura 4).

## Mirex, Metoxicloro y HCB

Lamentablemente pocos trabajos estudiaron simultáneamente la concentración de los OCPs ya analizados y Mirex, Metoxicloro y HCB, razón por la cual la comparación a nivel composición o sumatoria del total de OCPs es inadecuada. No obstante, un análisis espacial individual pudo realizarse para los sitios donde sí se estudiaron estos compuestos. A nivel general fueron hallados en concentraciones bajas en comparación con el resto de los OCPs, sin embargo, en varias ocasiones, se los encontró en concentraciones considerablemente altas.

Los niveles de Mirex se evaluaron en muestras de sedimento de 31 sitios costeros latinoamericanos y, en estos sitios, representó el 4.9% del total de OCPs hallado, en promedio. En más de la mitad de los sitios estudiados no fue detectado. Sin

embargo, algunos mostraron concentraciones relativamente altas: en el estuario de Bahía Blanca, Argentina, su concentración media fue 5.12 ng.g<sup>-1</sup> ps, representando un 31% del total de OCPs (Arias *et al.*, 2011) y en la isla Saona, República Dominicana, la media fue 0,58 ng.g<sup>-1</sup> ps, representando un 36.7% del total de OCPs (Sbriz *et al.*, 1998).

En tanto las concentraciones de Metoxicloro en América Latina fueron estudiadas en solo 8 sitios y no fue detectado en 4. En los restantes 4 representó, en promedio, el 18% del total de OCPs, con concentraciones que alcanzaron los 5.23 y 2.31 ng.g<sup>-1</sup> ps en la laguna costera Navachiste, México, y el estuario de Bahía Blanca, Argentina, respectivamente (Arias *et al.*, 2011; Montes Nava, 2008).



Por último, los niveles de HCB fue estudiado en 30 sitios, no fue detectado en 12 y la concentración media fue 0.26 ng.g<sup>-1</sup> ps, representando, en promedio, el 6,5% de la  $\Sigma$ OCPs de los 30 sitios. Tres sitios presentaron concentraciones mayores a 1 ng.g<sup>-1</sup> ps: el estuario de Santos, Brasil, con una

media de 3.15 ng.g<sup>-1</sup> ps (47% de la  $\Sigma$ OCPs) (Bícego *et al.*, 2006), las costas de Manzanilla, Trinidad y Tobago, con 1,8 ng.g<sup>-1</sup> ps (20% de la  $\Sigma$ OCPs) (Mohammed *et al.*, 2011) y el estuario de Bahía Blanca, Argentina, con 1,75 ng.g<sup>-1</sup> ps (35,5% de la  $\Sigma$ OCPs) (Tombesi *et al.*, 2018).

## Conclusiones

La revisión bibliográfica y el análisis de metadatos mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y programas estadísticos permitieron visualizar con mayor claridad la distribución general de plaguicidas organoclorados en sedimentos costeros de América Latina.

A pesar de la evidente variabilidad que impone cada sistema en particular a la dinámica ambiental de los compuestos químicos, como distintas condiciones hidrodinámicas, usos del suelo, características propias del sedimento o intensidad de aportes fluviales, la configuración espacial de la composición de plaguicidas siguió un patrón claro relacionado, principalmente, con el país de estudio y el año de muestreo. En cambio, las concentraciones medias variaron según las características propias de cada ambiente, especialmente la cercanía a grandes urbes y/o campos con agricultura intensiva y la hidrodinámica propia de cada ambiente, siendo

mayor la concentración de OCPs en sistemas semicerrados, con extensos tiempo de permanencia del agua, aportes continentales importantes y, en consecuencia, sedimentos con mayor capacidad de adsorción.

La composición de la sumatoria de OCPs en Brasil, Nicaragua y República Dominicana estuvo fuertemente dominada por el grupo de los DDXs. No obstante, los sitios ubicados entre Rio de Janeiro y Paranaguá, en Brasil, presentaron una composición más variada. En cambio, la composición de la sumatoria de OCPs en México, Trinidad y Tobago y Argentina no mostró un predominio de los DDXs y fue más equilibrada. En general, en Argentina se observaron proporciones elevadas de Endosulfanes, HCHs y Clordanos; en México de HCHs y Clordanos; y en Trinidad y Tobago de Drines y Clordanos.

## Referencias

- Alonso-Hernández, C.M., I. Tolosa, M. Mesa-Albernas, M. Díaz-Asencio, J.A. Corcho-Alvarado, y J.A. Sánchez-Cabeza, J.A., 2015. Historical trends of organochlorine pesticides in a sediment core from the Gulf of Batabanó, Cuba. *Chemosphere*, 137: 95–100. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.05.044>
- Alonso-Hernandez, C.M., M. Mesa-Albernas, y I. Tolosa, 2014. Organochlorine pesticides (OCPs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in sediments from the Gulf of Batabanó, Cuba. *Chemosphere*, 94: 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.09.007>
- Arias A.H., M.T. Pereyra, y J.E. Marcovecchio, 2011. Multi-year monitoring of estuarine sediments as ultimate sink for DDT, HCH, and other organochlorinated pesticides in Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment*, 172 (1-4): 17-32. DOI: 10.1007/s10661-010-1315-9
- Bícego, M.C., S. Taniguchi, G.T. Yogui, R.C. Montone, D.A.M. Silva, R.A. Lourenço, C. de C. Martins, S.T. Sasaki, S.T. Pellizari, y R.R. Weber, 2006. Assessment of contamination by polychlorinated biphenyls and aliphatic and aromatic hydrocarbons in sediments of the Santos and São Vicente Estuary System, São Paulo, Brazil. *Ma-*



- rine Pollution Bulletin*, 52: 1784-1804. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2006.09.011
- Carvalho, F.P., S. Montenegro-Guillen, J.P. Villeneuve, C. Cattini, J. Bartocci, M. Lacayo, y A. Cruz, 1999. Chlorinated Hydrocarbons in Coastal Lagoons of the Pacific Coast of Nicaragua. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 36: 132-139. DOI: 10.1007/s002449900452
- Carvalho, F.P., S.W. Fowler, F. Gonzalez-Farias, I.D. Mee, y J.W. Readman, 1996. Agrochemical residues in the Alta-Ensenada del Pabellon coastal lagoon (Sinaloa, Mexico): A need for integrated coastal zone management. *International Journal of Environmental Health Research*, 6 (3): 209-220. <https://doi.org/10.1080/09603129609356892>
- Castro, L.A.S., 1997. Estudio de la contaminación por pesticidas, en ecosistemas costeros en el área de Cartagena, Ciénaga de la Virgen y zona agrícola adyacente (CI-OH-IAEA). *Boletín Científico CIOH*, 18: 15-22.
- Cesar A., L.R.B. Lia, C.D.S. ereira, A.R. Santos, F.S. Cortez, R.B. Choueri, M.R. De Orte, y B.R.F. Rachid, 2014. Environmental assessment of dredged sediment in the major Latin American seaport (Santos, São Paulo-Brazil): An integrated approach. *Science of the Total Environment*, 497-498, 679-687. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.08.037>
- Combi, T., S. Taniguchi, R.C. Lopes Figueira, M. Michaelovitch de Mahiques, y C.C. Martins, 2013. Spatial distribution and historical input of polychlorinated biphenyls (PCBs) and organochlorine pesticides (OCPs) in sediments from a subtropical estuary (Guaratuba Bay, SW Atlantic). *Marine Pollution Bulletin*, 70: 247-252. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.02.022>
- Commendatore, M., P. Yorio, L. Scenna, P.M. Ondarza, N. Suarez, C. Marinao, y K.S.B. Miglioranza, 2018. Persistent organic pollutants in sediments, intertidal crabs, and the threatened Olrog's gull in a northern Patagonia salt marsh, Argentina. *Marine Pollution Bulletin*, 136: 533-546. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.09.010>
- Commendatore, M.G., M.A. Franco, P. Gomes Costa, I.B. Castro, G. Fillmann, G. Bigatti, J.L. Esteves, y M.L. Nieves, 2015. Butyltins, polyaromatic hydrocarbons, organochlorine pesticides, and polychlorinated biphenyls in sediments and bivalve mollusks in a mid-latitude environment from the Patagonian coastal zone. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 34 (12): 2750-2763. <https://doi.org/10.1002/etc.3134>
- Díaz-Jaramillo, M., M.V. Laitano, M. Gonzalez, y K.S.B. Miglioranza, 2018. Spatio-temporal trends and body size differences of OCPs and PCBs in *Laonereis culveri* (Polychaeta: Nereididae) from Southwest Atlantic estuaries. *Marine Pollution Bulletin*, 136: 107-113. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.09.008>
- Galindo-Reyes, J.G., V.U. Fossato, C. Villagrana-Lizarraga, y F. Dolci, 1999. Pesticides in Water, Sediments, and Shrimp from a Coastal Lagoon off the Gulf of California. *Marine Pollution Bulletin*, 38 (9): 837-841. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(99\)00086-7](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(99)00086-7)
- González-Farias, F., X. Cisneros Estrada, C. Fuentes Ruíz, G. Díaz González, y A.V. Botello, 2002. Pesticides Distribution in Sediments of a Tropical Coastal Lagoon Adjacent to an Irrigation District in Northwest Mexico. *Environmental Technology*, 23 (11): 1247-1256. DOI: 10.1080/09593332308618323
- Isla, F., K. Miglioranza, P. Ondarza, V. Shimabukuro, M. Menone, M. Espinosa, M. Quiroz Londoño, A. Ferrante, J. Aizpún, y V. Moreno, 2010. Sediment and pollutant distribution along the Negro River: Patagonia, Argentina. *International Journal of River Basin Management*, 8 (3-4): 319-330. DOI:10.1080/15715124.2010.526122
- Jacob, J. 2013. A Review of the Accumulation and Distribution of Persistent Organic Pollutants in the Environment. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, 3(6): 657-661.
- Jayaraj, R., P. Megha, y P. Sreedev, 2016. Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment. *Interdiscip Toxicol.*, 9(3-4): 90-100.
- Jaffe', R., P.R. Gardinali, Y. Cai, A. Sudburry, A. Fernandez, y B.J. Hay, 2003. Organic compounds and trace metals of anthropogenic origin in sediments from Montego Bay, Jamaica: assessment of sources and distribution pathways. *Environmental Pollution*, 123: 291-299. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00368-8](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00368-8)
- Jin, M., J. Fu, B. Xue, S. Zhou, L. Zhang, y A. Li, 2017. Distribution and enantiomeric profiles of organochlorine pesticides in surface sediments from the Bering Sea, Chukchi Sea and adjacent Arctic areas. *Environmental Pollution*, 222: 109-117. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.075>
- Lohmann, R., J.K. Macfarlane, y P.M. Gschwend, 2005. Importance of Black Carbon to Sorption of Native PAHs, PCBs, and PCDDs in Boston and New York Harbor Sediments. *Environ. Sci. Technol.*, 39: 141-148. <https://doi.org/10.1021/es049424+>
- Lohmann, R., K. Breivik, J. Dachs, y D. Muir, 2007. Global fate of POPs: Current and future research directions. *Environmental Pollution*, 150: 150-165. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.051>
- Menone, M.L., K.S.B. Miglioranza, F. Botto, O. Iribarne, J.F. Aizpún de Moreno, y V.J. Moreno, 2006. Field accumulative behavior of organochlorine pesticides. The role of crabs and sediment characteristics in coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 52: 1717-1724. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.07.005>
- Menone, M.L., K.S.B. Miglioranza, O. Iribarne, E. Aizpún de Moreno, y V.J. Moreno, 2004. The role of burrowing beds and burrows of the SW Atlantic intertidal crab *Chasmagnathus granulata* in trapping organochlorine pesticides. *Marine Pollution Bulletin*, 48: 240-247. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(03\)00394-1](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(03)00394-1)
- Mohammed, A., P. Peterman, K. Echols, K. Feltz, G. Tegerdine, A. Manoo, D. Maraj, J. Agard, y C. Orazio, 2011. Polychlorinated biphenyls (PCBs) and organochlorine pesticides (OCPs) in harbor sediments from Sea



- Lots, Port-of-Spain, Trinidad and Tobago. *Marine Pollution Bulletin*, 62: 1324-1332. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.03.043>
- Montes Nava, A.M., 2008. Contaminación por plaguicidas en el sistema lagunar Navachiste-Macapule, Sinaloa, México. Tesis de Maestría en Ciencias (Química Acuática). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Neves, P.A., F.I. Colabuono, P.A.L. Ferreira, S.K. Kawakami, S. Taniguchi, R.C.L. Figueira, M.M. Mahiques, R.C. Montone, y M.C. Bicego, 2018. Depositional history of polychlorinated biphenyls (PCBs), organochlorine pesticides (OCPs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in an Amazon estuary during the last century. *Science of the Total Environment*, 615: 1262-1270. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.303>
- Ohkouchi, N., K. Kawamura, y H. Kawahata, 1999. Distributions of Three- to Seven-Ring Polynuclear Aromatic Hydrocarbons on the Deep Sea Floor in the Central Pacific. *Environmental Science & Technology*, 33: 3086-3090. <https://doi.org/10.1021/es981181w>
- Opel, O., W.U. Palm, D. Steffen, y W.K. Ruck, 2011. Inside-sediment partitioning of PAH, PCB and organochlorine compounds and inferences on sampling and normalization methods. *Environ Pollut.*, 159(4): 924-31. doi: 10.1016/j.envpol.2010.12.014
- Osuna-Flores, I., y M.C. Riva, 2002. Organochlorine pesticide residue concentrations in shrimps, sediments, and surface water from Bay of Ohuira, Topolobampo, Sinaloa, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 68(4): 532-539. <https://doi.org/10.1007/s001280287>
- Petrus, G., Bernhard, H., Renan, L., Renato, D.P., Machado, T.J.P., Olaf, M., Karl-Werner, S., 2014. Partition of organochlorine concentrations among suspended solids, sediments and brown mussel *Perna perna*, in tropical bays. *Chemosphere*, 114: 9-15. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.04.008>
- Rizzi, J., S. Taniguchi, y C.C. Martins, 2017. Polychlorinated biphenyls (PCBs) and organochlorine pesticides (OCPs) in sediments from urban- and industrial-impacted subtropical estuary (Babitonga Bay, Brazil). *Marine Pollution Bulletin*, 119: 390-395. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.03.032>
- Robinson, D.E., y A. Mansingh, 1999. Insecticide contamination of jamaican environment. IV. transport of residues from coffee plantations in the Blue Mountains to coastal waters in eastern Jamaica. *Environmental Monitoring and Assessment*, 54: 125-141. <https://doi.org/10.1023/A:1005806815959>
- Santos de Souza, A., J.P. Machado Torres, R.O. Meire, R.C. Neves, M.S. Couri, y C.S. Serejo, 2008. Organochlorine pesticides (OCs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in sediments and crabs (*Chasmagnathus granulata*, Dana, 1851) from mangroves of Guanabara Bay, Rio de Janeiro State, Brazil. *Chemosphere*, 73: 186-192. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.04.093>
- Sbriz, L., M.R. Aquino, N.M.A. De Rodriguez, S.W. Fowler, y J.L. Sericano, 1998. Hydrocarbons and Trace Metals in Bivalves and Nearshore Sediments from the Dominican Republic. *Marine Pollution Bulletin*, 36 (12): 971-979. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(98\)00097-6](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(98)00097-6)
- Souza, A.C., 2015. Poluentes Orgánicos Persistentes (POPs) em amostras de sedimentos superficiais do litoral paranaense. Monografia para graduacion en Oceanografía, Universidade Federal do Paraná, Brasil.
- Souza, D.S., A.P. Ramos, F.F. Nunes, V. Moresco, S. Taniguchi, D.A. Leal, S.T. Sasaki, M.C. Bicego, R.C. Montone, A.L. Durigan, A.L. Teixeira, M.R. Pilotto, N. Delfino, R.M. Franco, C.M. Melo, A.C. Bainy, y C.R. Barardi, 2012 Evaluation of tropical water sources and mollusks in southern Brazil using microbiological, biochemical, and chemical parameters. *Ecotoxicological Environmental Safety*, 76(2): 153-161. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.09.018>
- Tolosa, I., M. Mesa-Albernas, y C.M. Alonso-Hernandez, 2010. Organochlorine contamination (PCBs, DDTs, HCB, HCHs) in sediments from Cienfuegos bay, Cuba. *Marine Pollution Bulletin*, 60: 1619-1624.
- Tombesi, N., K. Pozo, A. Arias, M. Alvarez, P. Pribylova, O. Audy, y J. Klánová, 2018. Records of organochlorine pesticides in soils and sediments on the southwest of Buenos Aires Province, Argentina. *Environmental Earth Sciences*, 77: 403.
- UNEP, 2002. Regionally Based Assessment of Persistent Toxic Substances - Eastern and Western South America. Regional Report.
- UNEP, 2017. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs). Texts and annexes. Revisado en el 2019. UNEP/POPS/COP/CONVTEXT/2017. <http://www.pops.int>.
- Xiao, B., Z. Yu, W. Huang, J. Song, J., Peng, P., 2004. Black Carbon and Kerogen in Soils and Sediments. 2. Their Roles in Equilibrium Sorption of Less-Polar Organic Pollutants. *Environ. Sci. Technol.*, 38: 5842-5852.
- Yogui, G.T., S. Taniguchi, J. de A. da Silva, D. Miranda, y R.C. Montone, 2018. The legacy of man-made organic compounds in surface sediments of Pina Sound and Suape Estuary, northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 66(1): 58-72. <https://dx.doi.org/10.1590/s1679-87592018148206601>
- Zhang, Y., S. Qi, X. Xing, D. Yang, N. Linthoingambi Devi, y C. Qu, 2018. Legacies of Organochlorine Pesticides (OCPs) in Soil of China-A Review, and Cases in Southwest and Southeast China, in: De Vivo, B., H. E. Belkin, & A. Lima (Eds.), Environmental Geochemistry (Second Edition) Site Characterization, Data Analysis and Case Histories, pp.543-565.