



7^{mo}
Congreso de
Medio Ambiente

Actas 7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM
22 al 24 de mayo de 2012. UNLP. La Plata Argentina

CONCENTRACIÓN DE PESTICIDAS ORGANOCORADOS EN AIRE DEL SUR DE LA CUENCA DEL PLATA: UN AÑO DE MUESTREO

Organochlorine pesticides concentration in air at South of del Plata basin: one year
sampling

Malena J Astoviza^{1-2*}, Natalia Cappelletti¹⁻², Claudio Bilos¹, Juan C Colombo¹⁻³

¹Laboratorio de Química Ambiental y Biogeoquímica, FCNyM, UNLP. Av. Calchaquí km 23,5.
Florencio Varela. (1888) TE: (011) 42758266. laqab@intervar.com.ar

²CONICET

³C.I.C.

*Autor para correspondencia: +54 11 4275 8266. male310@yahoo.com

Palabras clave: Muestreadores pasivos de aire, endosulfanos, DDT, clordanos

Keywords: Passive air samplers, endosulfan, DDT, chlordanes

Titulo abreviado: Pesticidas organoclorados en aire

ABSTRACT

Polyurethane foam passive air samplers (n=20) were deployed across the Southern del Plata basin to assess concentrations and distributions of Organochlorine Pesticides (OCPs) for \approx 3-4 months periods all over a year.

Annual average concentration of OCPs ranged from 326 to 9000 pg/m^3 with predominance of Σ endosulfans (Endo). Annual averages of Endo (230-8936 pg/m^3) are higher than reported values for other countries from this region (Brazil, Bolivia, Chile y Colombia: 114-898 pg/m^3). Maximum values correspond to the warm period in areas of intense soybean culture: North of BsAs and South of E. Ríos and Santa Fe (3072-21521 pg/m^3).

Concentrations of DDTs (12-235 pg/m^3) are an order of magnitude lower than the sites where it is used against malaria at present (India: 5356 pg/m^3 ; South of Mexico: 2360 pg/m^3) but DDT/DDE ratio (1.1-6.8) >1 suggests a relatively fresh contribution, possibly due to the use of dicofol that presents this compound impurity.

The HCHs showed high concentrations in Zárate (801-8348 pg/m^3) where they predominated (66% of the total) with an α/γ HCHs ratio ≈ 7 , similar to the technical mixture suggesting a fresh contribution.

In the metropolitan area chlordanes prevailed (83-691 pg/m^3) representing 5-45% of the total, especially in Buenos Aires City, where the cis/trans-chlordane relationship $\gg 1.6$ indicates a fresh contribution

It was concluded that the OCPs have different spatial distribution: higher concentrations in agriculture areas; diversity in composition of pesticides and higher values of chlordanes in urban areas. Concentrations and relationship values suggest non-legal inputs or long range transport.

RESUMEN

Con el objeto de estudiar la concentración y distribución de plaguicidas organoclorados (POCLs) en aire del sur de la cuenca del Plata se instalaron muestreadores pasivos de espuma de poliuretano (n=20) recolectados cada 3-4 meses durante un año.

La concentración media anual de POCLs osciló entre 326 y 9000 pg/m^3 con predominancia de endosulfanos (Endo) (40-98% del total). Los promedios anuales de Endo (230-8936 pg/m^3) son superiores a los reportados para otros países de la región (Brasil, Bolivia, Chile y Colombia: 114-898 pg/m^3). Los valores máximos alcanzados corresponden al período cálido, en zonas de mayor actividad sojera: Norte de Bs As y Sur de E.Ríos y Santa Fe (3072-21521 pg/m^3).

Las concentraciones de DDTs (12-235 pg/m^3) resultan un orden de magnitud inferiores a las de sitios en los que se utiliza para combatir la malaria (India: 5356 pg/m^3 ; sur de México: 2360 pg/m^3) pero la relación DDT/DDE (1.1-6.8) > 1 encontrada sugiere un aporte relativamente fresco, posiblemente debido al uso de Dicofol que presenta residuos de este compuesto.

Los HCHs presentaron una alta concentración en Zárate (801-8348 pg/m^3) donde resultaron predominantes (66% del total) con una relación α/γ HCHs ≈ 7 , similar a la de la mezcla técnica sugiriendo un aporte fresco.

En la zona metropolitana se destacaron los clordanos (83-691 pg/m^3) que representan 5-45% del total, especialmente en la Capital Federal, donde la relación trans/cis-clordano $\gg 1,6$ indica un aporte fresco.

Se concluye que los POCLs presentan diferencias en su distribución espacial; alta concentración de endosulfanos en zona agrícola; heterogeneidad de pesticidas y mayor concentración de clordanos en zonas urbanas. Los valores de las concentraciones y de relaciones entre compuestos sugieren aportes frescos clandestinos, o transporte a gran escala.

INTRODUCCIÓN

Los pesticidas organoclorados (POCLs) se caracterizan por ser compuestos químicamente estables, hidrofóbicos y lipofílicos lo cual les confiere la capacidad de permanecer en el ambiente inalterados tanto en la biota (Cid *et al.*, 2007; Colombo *et al.*, 2011) como en otros compartimentos del ambiente como suelos (Zhang *et al.*, 2006), agua (Rovedatti *et al.*, 2001), sedimentos (Muir *et al.*, 1995), etc. A su vez, su alta constante de Henry les posibilita ser transportados a través de la atmósfera a grandes distancias tanto en la fase gaseosa como particulada, llegando a sitios remotos o

prístinos donde nunca han sido aplicados, como lo demuestran estudios realizados en la Antártida (Cabrerizo *et al.*, 2012) y el Ártico (Su *et al.*, 2008).

En Argentina la legislación actual restringe/prohíbe el uso de la mayoría de los POCLs tanto en la actividad agrícola como para los productos domisanitarios. A pesar de ello y debido a la extensa utilización de estos pesticidas durante gran parte del siglo XX, todavía se siguen registrando en diferentes matrices como peces, aves, macroinvertebrados y compartimentos abióticos. Es en aire donde los registros a escala regional son escasos, especialmente de la fase gaseosa la cual es propensa a transporte a mayor escala. El objetivo de este estudio es determinar la distribución y concentración de POCLs (endosulfán I, II y sulfato [Endo], diclorodifeniltricloroetano[DDT] y metabolitos [DDE y TDE], hexaclorociclohexanos [α , β y γ -HCH], clordanos [CHLs: heptaclor y epóxido, trans y cis clordanos y nonaclors]) en el sur de la cuenca del Plata por ser esta región de gran actividad agrícola al tiempo que en ella se encuentran grandes metrópolis como la Ciudad de Buenos Aires.

METODOLOGIA

Muestreo

Se realizaron tres campañas de muestreo en 22 sitios del sur de la cuenca del Plata, de 3-4 meses cada una, en el periodo julio 2010-julio 2011, sobre el Rio Paraná en las provincias de Santa Fe (Rosario) y Entre Ríos (Victoria, Paraná, La Paz), centro de Entre Ríos (Villaguay), sobre el Rio Uruguay (Concordia, Ñandubaisal-Gualeguaychu y San José-Colón), norte de la provincia de Buenos Aires (Zárate, Pergamino, San Nicolás y San Antonio de Areco) y en las cercanías del Rio de la Plata (Costanera sur de la Ciudad de Buenos Aires, Quilmes, Arroyo Jiménez, Punta Lara, La Plata, El Dique-Ensenada, Isla Paulino, La Balandra, Magdalena y Punta Indio).

Preparación de las muestras

Los muestreadores pasivos utilizados consisten en un disco de espuma de poliuretano (14 cm. de diámetro, 1.5 cm. de espesor, 0.03 g.cm^{-3} de densidad) encerrado en una cámara protectora de dos semiesferas de acero inoxidable con diámetros externos de 24 y 22 cm y una separación entre ellos de 2 cm que permite la libre circulación del aire. El acondicionamiento de los discos consistió en limpieza con agua destilada, secado a temperatura ambiente y extracción en aparatos Soxhlet 24 hs con Éter de Petróleo: Acetona (1:1), para eliminar impurezas.

Previo al muestreo se colocaron estándares de depuración o referencia (PCBs 30, 119 y 207, 10ng de cada uno) para el cálculo de las tasas de muestreo ($\text{m}^3 \text{ d}^{-1}$) según metodología descrita en Gouin *et al.* (2005) y Moeckel *et al.* (2009). Se guardaron en

sobres de papel aluminio, dentro de bolsas de polietileno tipo ziplock, en freezer hasta su utilización.

La colocación en los muestreadores se realizó utilizando pinzas de acero inoxidable limpias con solvente a fin de evitar la contaminación por contacto.

Luego de 3-4 meses de exposición se retiraron los discos, se volvieron a guardar en sobres de papel aluminio y se transportaron hasta el laboratorio en frío dentro de heladeras portátiles. Allí, previo a la extracción en aparatos soxhlet con Eter de Petróleo por 24 hs, se agregaron estándares internos para el cálculo de recuperación del método (PCBs: 98 y 103; hidrocarburos alifáticos deuterados: 16d y 24d; hidrocarburos aromáticos deuterados: criseno d y fenantreno d). El extracto fue concentrado hasta 0.5 ml y se realizó la purificación y fraccionamiento por cromatografía en columna de gel de sílice neutro (J.T Baker, 60-200 μ m), obteniéndose dos fracciones: la primera (F1) eluída con 5ml de EP conteniendo bifenilos policlorados e hidrocarburos alifáticos (utilizada en otro análisis); la segunda fracción (F2) eluída con 6 ml de EP-DCM (1:1) con los pesticidas organoclorados e hidrocarburos aromáticos

El análisis por cromatografía gaseosa de los POCLs se realizó en cromatógrafo Agilent 7890A (F2), con detector de ionización de llama, por comparación de los tiempos de retención con los obtenidos de estándares auténticos (C-QME-01 Accustandard Inc. y M-680P PesticideMixAccuStandar Inc.).

A partir de la recuperación de los estándares de depuración y datos climáticos diarios de cada sitio de muestreo se realizó el cálculo de la tasa de muestreo ($\text{m}^3 \text{d}^{-1}$) a fin de determinar la concentración de POCLs (pg m^{-3}).

RESULTADOS Y DISCUSION

La concentración media anual de Σ POCLs osciló entre 326 y 9000 pg m^{-3} . A partir de estos resultados se encontraron diferencias cuali y cuantitativas entre la región cercana al Rio de la Plata (RLP) y la cuenca baja de Entre Rios y Buenos Aires (ER)(Figura 1).

En la mayoría de los sitios de ER, las concentraciones totales ($844\text{-}9000 \text{pg m}^{-3}$) fueron 3-4 veces superiores a RLP ($326\text{-}2352 \text{pg m}^{-3}$), observándose que: los Endo representaron $>90\%$ del total de POCLs, mientras que en RLP la composición fue mas heterogénea.

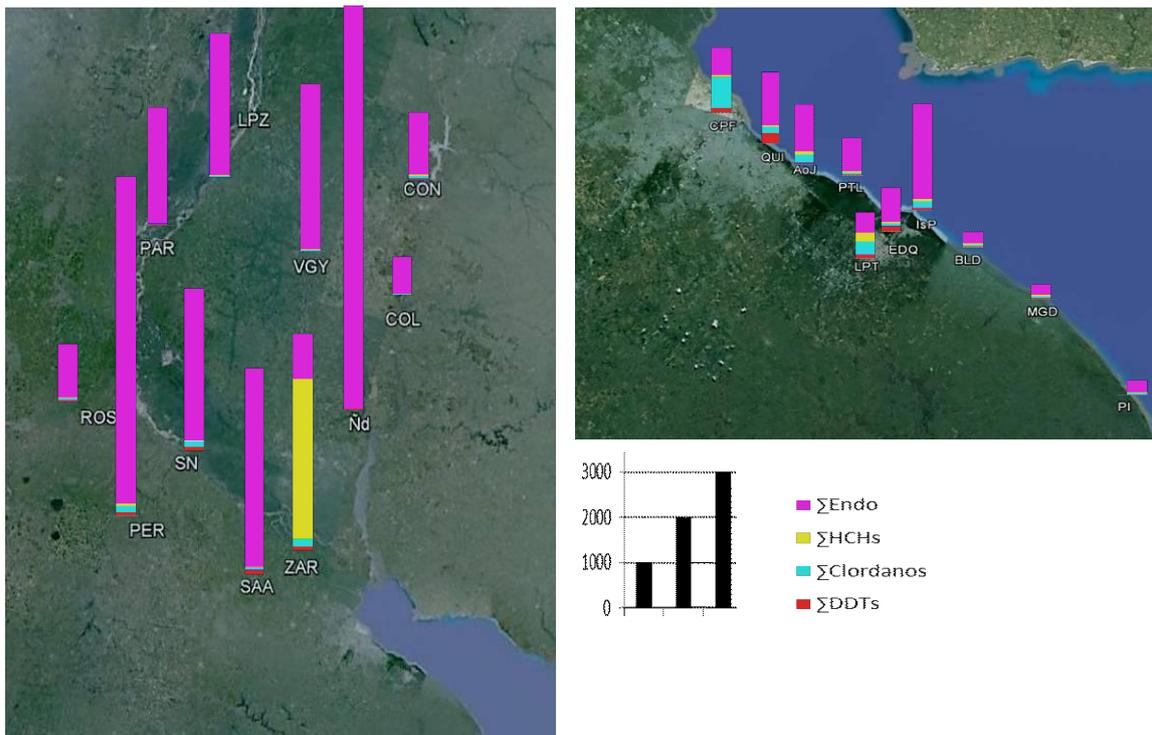


Figura 1. Concentración media anual de POCLs.

Cuenca baja de Entre Ríos y Buenos Aires: SAA (San Antonio de Areco); PER (Pergamino); SN (San Nicolás); ZAR (Zárate); ROS (Rosario); VIC (Victoria); PAR (Paraná); LPZ (La Paz); VGY (Villaguay); CON (Concordia), COL (Colon); Ñd (Ñandubaisal); Zona Río de la Plata (RLP): CPF (Ciudad de Buenos Aires); QUI (Quilmes); AoJ (Arroyo Jiménez); LPT (La Plata); PTL (Punta Lara); EDQ (El Dique); MGD (Magdalena); IsP (Isla Paulino); LBD (La Balandra); PI (Punta Indio)

Figure 1. Annual average concentration of OCPs

Lower basin of Entre Rios and Buenos Aires: SAA (San Antonio de Areco); PER (Pergamino); SN (San Nicolás); ZAR (Zárate); ROS (Rosario); VIC (Victoria); PAR (Paraná); LPZ (La Paz); VGY (Villaguay); CON (Concordia), COL (Colon); Ñd (Ñandubaisal); Río de la Plata región: CPF (Ciudad de Buenos Aires); QUI (Quilmes); AoJ (Arroyo Jiménez); LPT (La Plata); PTL (Punta Lara); EDQ (El Dique); MGD (Magdalena); IsP (Isla Paulino); LBD (La Balandra); PI (Punta Indio)

Σ Endo: Las concentraciones medias anuales en ER ($3566 \pm 2544.7 \text{ pg m}^{-3}$) fueron comparables a las reportadas para países donde su uso es extensivo, como Corea (2562 pg m^{-3}), Ghana (3571 pg m^{-3}) e India (3649 pg m^{-3}). Por su parte, RLP presentó valores ($766 \pm 574.9 \text{ pg m}^{-3}$) del orden de los descriptos para otros países de la región como Brasil (898 pg m^{-3}), Bolivia (838 pg m^{-3}), Chile (114 pg m^{-3}) y Colombia (193 pg m^{-3}).

m⁻³) (Pozoet al.. 2009) (Fig.2). Estos resultados reflejan el uso actual del mismo en cultivos como maíz, girasol, alfalfa y especialmente soja.

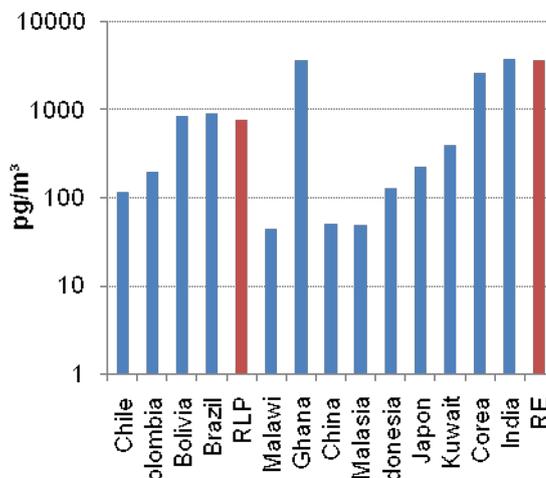


Figura 2. Concentraciones medias de ΣEndo comparadas con otros sitios del mundo
Figure 2. Mean ΣEndo concentrations compared to foreign sites

En cuanto a la variabilidad temporal, se observó que las mayores concentraciones encontradas en ambas regiones ocurrieron en su mayoría durante el período más cálido (3072-21521 pg m⁻³), coincidentemente con el cultivo y cosecha de soja. (Figura 3).

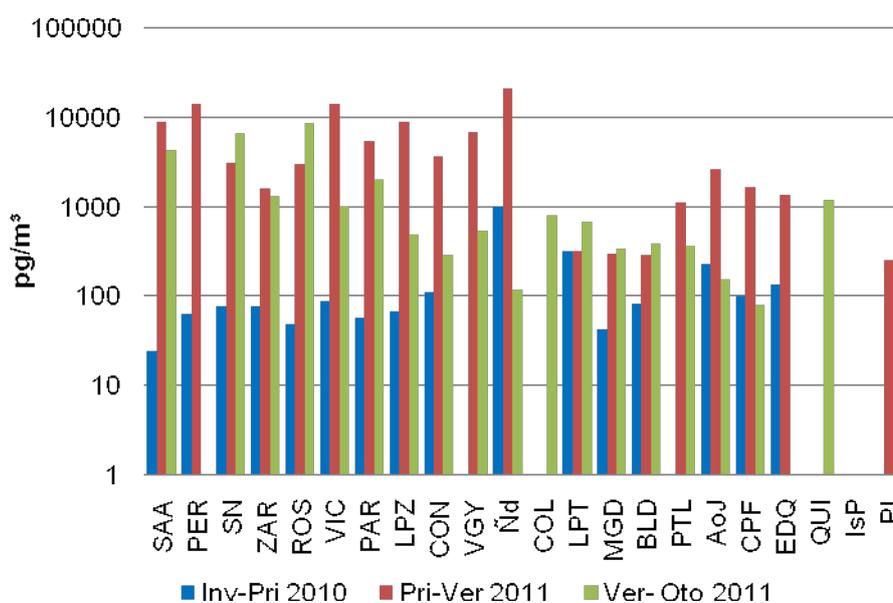


Figura 3. Concentracion de ΣEndo en los distintos periodos de muestreo en cada sitio.

Figure 3. ΣEndo concentrations in different sampling periods at each station.

Σ HCHs: Los HCHs, como insecticidas comerciales, existen en dos formulaciones diferentes: - mezcla técnica de isómeros (con 60-70% de α -HCH; 10-15 % de γ -HCH) y - lindano (con >90%de γ -HCH) (Pozo *et al.*, 2009). La comparación de la relación $\alpha/\gamma \approx 5-7$ de la mezcla técnica permite inferir el grado de antigüedad de aplicación en el ambiente (Walker *et al.*, 1999).

En general, las concentraciones medias anuales de HCHs ($5-49\text{pg m}^{-3}$) con relación $\alpha/\gamma < 3$, del tipo de aportes históricos, fueron comparables a las de otros lugares de América como Canadá: $64-107\text{ pg/m}^3$ (Harner *et al.*, 2004) y México: $12-114\text{ pg/m}^3$ (Wong *et al.*, 2009) (Figura 4). Una excepción notable se encontró en Zarate donde las concentraciones oscilaron entre 801 y 8348 pg m^{-3} con valores $\alpha/\gamma \approx 7$ (aporte fresco) son incluso superiores a las reportadas para sitios donde su aplicación en cultivos y productos sanitarios (pediculicidas) sigue vigente, ej. India (2054 pg m^{-3}) en Pozoet al., 2011.

Cabe señalar que el estado argentino, a partir del año 1968, tomó medidas gradualmente restrictivas para sus aplicaciones en actividades agropecuarias (Decreto 2143/68, Sanidad Animal; Disposición 80/71 y 47/72, Sanidad Vegetal), hasta que en 1998 fueron prohibidos todos sus usos y aplicaciones (Disposición 7292/98 ANMAT).

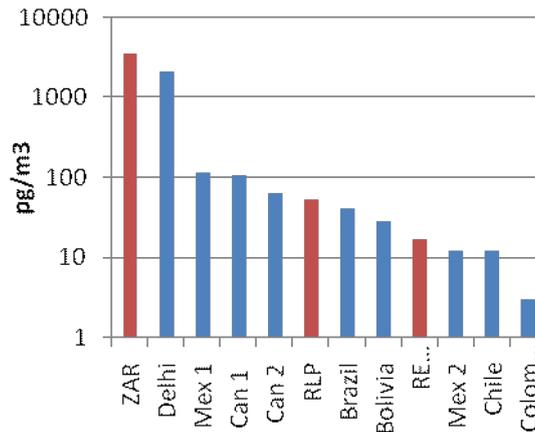


Figura 4. Concentraciones medias de Σ HCH comparadas con otros sitios del mundo
Figure 4. Mean Σ HCH concentrations compared to foreign sites

Los HCHs no mostraron una estacionalidad tan marcada como los Endo. En la mayoría de los sitios de RLP el orden de concentraciones por periodo de muestreo fue: invierno-primavera \geq primavera-verano > verano-otoño mientras que en ER las máximas se observaron mayormente en primavera-verano.

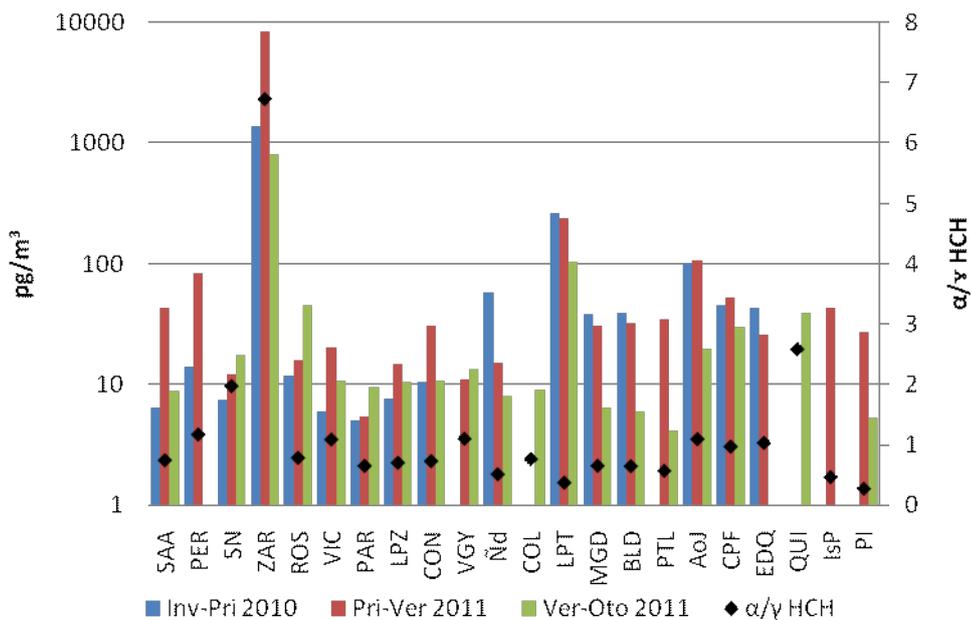


Figura 5. Concentración de Σ HCH en los distintos periodos de muestreo en cada sitio.
Figure 5. Σ HCH concentrations in different sampling periods at each station.

Σ DDTs: El uso de DDT está prohibido en Argentina desde la década del '60 para aplicaciones en bovinos y porcinos (Decreto 2.143/68 de SENASA) y desde 1998 para productos domisanitarios. (Disp. 7.292/98 ANMAT). Estas medidas coinciden con las aplicadas en la mayoría de los países, como los pertenecientes a la Unión Europea, a excepción de aquellos donde se utiliza para combatir vectores de enfermedades.

Las concentraciones medias de DDTs ($12\text{-}235\text{ pg/m}^3$) reflejaron estas restricciones siendo del orden de los publicados para países con similar legislación (Jawardet al., 2004) y un orden de magnitud inferiores a las de sitios en los que se utiliza para combatir la malaria como en Patna, India (5356 pg/m^3 ; Pozoet al., 2011) y Chiapas, México (2360 pg/m^3 ; Wonget al., 2009) (Fig. 6). Sin embargo, la relación DDT/DDE ($1,1\text{-}6,8$) > 1 encontrada en la mayoría de los sitios, sugiere un aporte relativamente fresco. (Figura 7). Esto puede deberse a que el pesticida Dicofol, acaricida de uso permitido en cítricos, algodón y otros cultivos, contiene residuos de DDT en sus formulaciones (Qiu *et al.*, 2005).

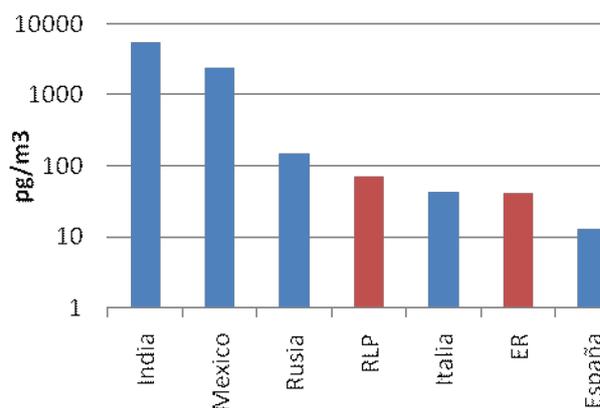


Figura 6 Concentraciones medias de Σ DDT comparadas con otros sitios del mundo
Figure. 6 Mean Σ DDT concentrations compared to foreign sites

Temporalmente se pudo observar que en la zona agrícola las mayores concentraciones ocurrieron en verano-otoño, especialmente en la provincia de Entre Ríos, mientras que

en RLP los valores se mantuvieron relativamente estables. Excepciones de estas tendencias fueron CPF, EDQ, SAA y ZAR donde en primavera-verano se alcanzaron los mayores valores (2-10 veces mas que en los otros periodos) (Figura 7)

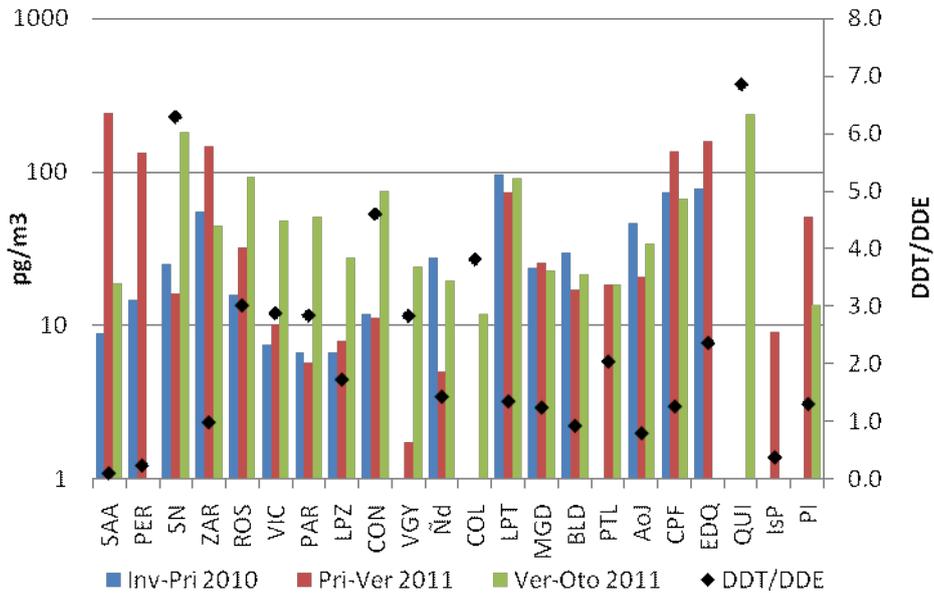


Figura7. Concentración de Σ DDT en los distintos periodos de muestreo en cada sitio.

Figura7. Σ DDT concentrations in different sampling periods at each station.

Σ CHLs: En general, las concentraciones medias anuales reflejaron que en la zona metropolitana (Ciudad de Buenos Aires, Gran Buenos Aires y Gran La Plata) los CHLs comprendieron entre 5-45% del total, alcanzando valores superiores (198 ± 214.3 pg/m^3) al resto de los sitios de RLP (38 ± 10.3 pg/m^3) y de ER (59 ± 55.3 pg/m^3). En CPF superaron incluso a los reportados para otras ciudades del mundo (Jaward *et al.*, 2004) (Figura 8).

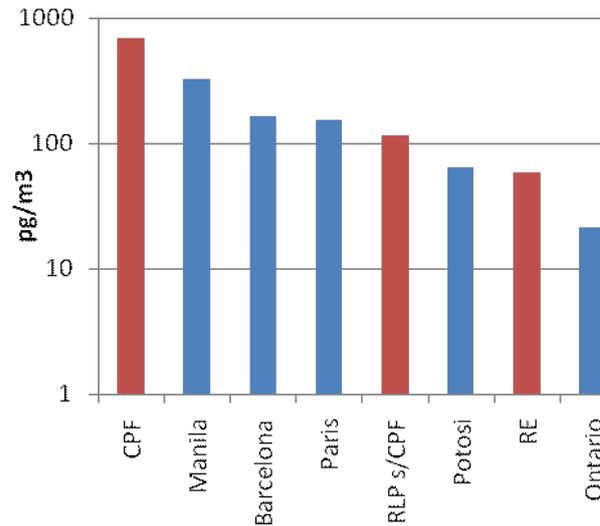


Figura 8. Concentraciones medias de Σ CHLs comparadas con otros sitios del mundo
Figura 8. Mean Σ CHLs concentrations compared to foreign sites

El clordano técnico está compuesto por trans- (TC) y cis- clordano (CC), hepta (HC) y nona-cloro (NC) e isómeros de clordanos; tiene una relación TC/CC \approx 1.56 (Bidleman *et al.*, 2002) que va disminuyendo con el tiempo debido a la gran reactividad del TC.

Los valores de TC/CC \gg 2 encontrados en diferentes estaciones sugieren aportes nuevos a la atmósfera, especialmente en SN, LPT y CPF (Figura 9).

En cuanto a las distribuciones temporales, se puede señalar que en RLP las mayores concentraciones ocurrieron en el periodo invierno-primavera, (excepto CPF); diferenciándose de ER donde no hubo una clara tendencia.

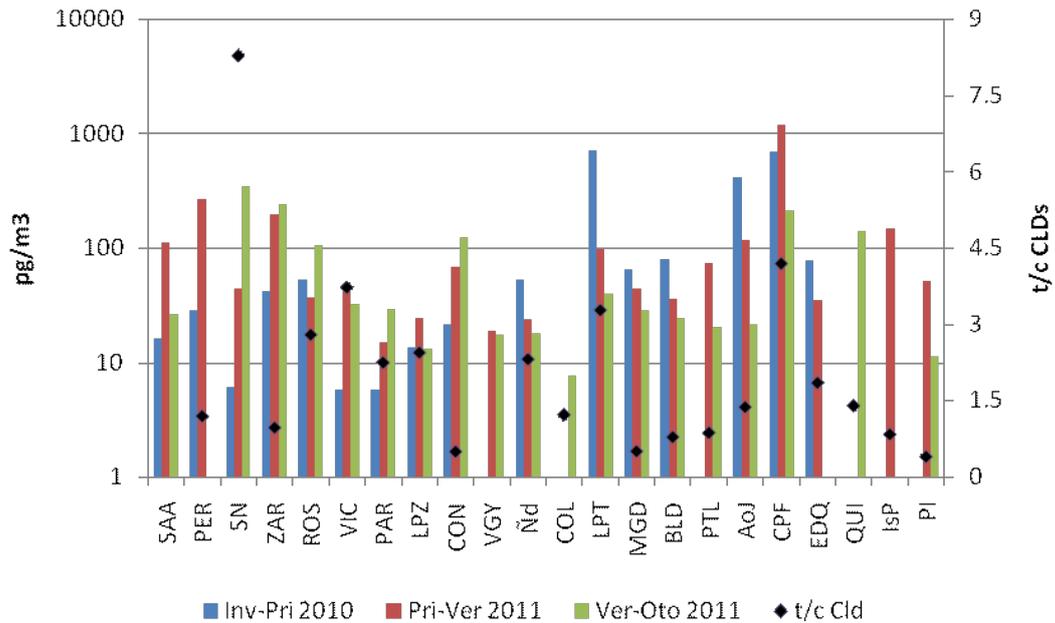


Figura 9. Concentración de Σ CHLs en los distintos periodos de muestreo en cada sitio.

Figura 9. Σ CHLs concentrations in different sampling periods at each station.

CONCLUSIONES

Las concentraciones y distribuciones de los distintos grupos de POCLs presentan diferencias espacio-temporales en el sur de la cuenca del Plata.

La región mayormente agrícola, en la cuenca baja en Entre Ríos y Norte de Buenos Aires, contiene mayor proporción y cantidad de endosulfanos durante el cultivo de soja. En el periodo mas cálido, sitios como Pergamino, Victoria y Ñandubaisal-Gualeguaychú alcanzaron valores máximos ($>10000-20000 \text{ pg m}^{-3}$), similares a los

reportados para India ($\sim 9500\text{-}26000\text{ pg m}^{-3}$), el mayor consumidor mundial de 1958 a 2000 (Pozo *et al.*, 2011).

La región costera del Río de la Plata presentó mayor heterogeneidad en la composición de pesticidas organoclorados, siendo los clordanos los pesticidas mayoritarios en la zona metropolitana y superando los valores de otras ciudades del mundo.

A pesar de las restricciones aplicadas a los otros POCLs, desde hace más de una década, los valores de las concentraciones y de las relaciones entre compuestos que describen la antigüedad de los mismos, hace sospechar el uso clandestino de ciertos POCLs en la región, o bien el transporte a gran escala desde países no restrictivos.

La variación temporal tan marcada y generalizada de endosulfanos se ve reflejada en los demás pesticidas que tienen distribuciones dispares entre las regiones. Las causas de esto pueden deberse a que el Endo es ampliamente aplicado a los cultivos en un espacio de tiempo relativamente corto; mientras que los demás pesticidas están prohibidos.

Es importante destacar que los valores obtenidos de endosulfanos en la zona servirá como dato para evaluar la aplicación de la resolución n° 511 del 2011 (SENASA) que prohíbe la importación de este principio activo y todos sus productos a partir de julio de 2012 y determina una eliminación paulatina a partir de julio de 2013.

BIBLIOGRAFIA

- Cid F, Antón R I & Caviedes-Vidal E. 2007. Organochlorine pesticides contamination in three birds species of Embalse La Florida water reservoir in the semiarid midwest of Argentina. *Sci. Total Environ*, 385: 86-96
- Colombo J C, Cappelletti N, Williamson M, Migoya MC, Speranza E, Sericano J & Muir DCG. 2011. Risk ranking of multiple-POP in detritivorous fish from the Rio de la Plata. *Chemosphere*, 83: 882-889
- Cabrerizo A, Dachs J, Barceló D & Jones K. 2012. Influence of Organic Matter Contents and Human Activities on the Occurrence of Organic Pollutants in Antarctic Soils, Lichen, Grass and Mosses. *Environ Sci Technol*,: 46: 1396-1405
- Gouin T, Harner T, Blanchard P & Mackay D. 2005. Passive and Active Air Samplers as Complementary Methods for Investigating Persistent Organic Pollutants in the Great Lakes Basin. *Environ Sc. Technol*, 39: 9115-9122
- Harner T, Shoeib M, Diamond M, Stern G & Rosenberg B. 2004. Using Passive Air Samplers to Assess Urban-Rural Trends for Persistent Organic Pollutants. 1. Polychlorinated Biphenyls and Organochlorine Pesticides. *Environ Sc. Technol*, 38: 4474-4483
- Jaward F M, Farrar NJ, Harner T, Sweetman AJ & Jones KC. 2004. Passive Air Sampling of PCBs, PBDEs, and Organochlorine Pesticides across Europe. *Environ Sc. Technol*, 38: 34-41
- Moeckel C, Harner T, Nizzetto L, Strandberg B, Lindroth A & Jones K. 2009. Use of Depuration Compounds in Passive Air Samplers: Results from Active Sampling-Supported Field Deployment, Potential Uses, and Recommendations. *Environ Sc. Technol*, 43: 3227-3232
- Muir DCG, Grift NP, Lockhart WL, Wilkinson P, Billeck B N & Brunskill G J. 1995. Spatial trends and historical profiles of organochlorine pesticides in Arctic lake sediments. *Sci Total Env*, 160: 447-457

- Qiu XH, Zhu T, Yao B, Hu JX & Hu SW. 2005. Contribution of dicofol to the current DDT pollution in China. *Environ Sc. Technol*, 39: 4385-4390
- Pozo K, Harner T, Lee SC, Wania F, Muir DCG & Jones KC. 2009. Seasonally Resolved Concentrations of Persistent Organic Pollutants in the Global Atmosphere from the First Year of the GAPS Study. *Environ Sc. Technol*, 43: 796-803
- Pozo K, Harner T, Lee SC, Sinha RK, Sengupta B, Loewen M, Geethalakshmi V, Kannan K & Volpi V. 2011. Assessing seasonal and spatial trends of persistent organic pollutants (POPs) in Indian agricultural regions using PUF disk passive samplers. *Env Pollution*, 159: 646-653
- Rovedatti M G, Castañé PM, Topalián ML & Salibián A. 2001. Monitoring of organochlorine and organophosphorus pesticides in the water of the Reconquista river (Buenos Aires, Argentina). *Water Research*, 35: 3457-3461
- Su Y, Hung H, Blanchard P, Patton GW, Kallenborn R, Konoplev A, Fellin P, Li H, Geen C, Stern G, Rosenberg B & Barrie LA. 2008. A circumpolar perspective of atmospheric organochlorine pesticides (OCPs): Results from six Arctic monitoring stations in 2000-2003. *Atmospheric Environment*, 43: 4682-4698
- Walker K, Vallero DA & Lewis RG. 1999 Factors influencing the distribution of lindane and other hexachlorocyclohexanes in the environment. *Environ Sci Technol*, 33: 4373-4378
- Wong F, Alegria HA, Bidleman TF, Alvarado V, Angeles F, Avila Galarza A, Bandala E R, De la Serra Hinojosa I, Galindo Estrada I, Galindo Reyes G, Gold-Bouchot G, Vacias Zamora JV, Murguia-Gonzalez J & Ramirez Espinosa E. 2009. Passive Air Sampling of Organochlorine Pesticides in Mexico. *Environ Sci Technol*, 43: 704-710
- Zhang HB, Luo YM, Zhao QG, Wong MH & Zhang G L. 2006. Residues of organochlorine pesticides in Hong Kong soils. *Chemosphere*, 63: 633-641

