

# RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOCOLORADOS Y SU RELACIÓN CON PARAMÉTROS FÍSICO-QUÍMICOS EN SUELOS DEL MUNICIPIO PUEBLO LLANO, ESTADO MÉRIDA

Jorge Uzcátegui<sup>1</sup>, Yelinda Araujo<sup>2</sup> y Luz Mendoza<sup>1</sup>

## RESUMEN

En las fincas hortícolas del municipio Pueblo Llano del estado Mérida se ha dado un uso no controlado de diferentes tipos de plaguicidas, por lo que el objetivo del presente trabajo fue determinar los niveles residuales de plaguicidas organoclorados (POCs) en dichos suelos. Se tomaron muestras en 20 fincas del municipio y se aplicó el procedimiento de extracción Soxhlet EPA 3540C y eliminación de azufre según el método EPA 3660B. La determinación analítica de los POCs se realizó por cromatografía de gases con detector de captura electrónica, de acuerdo con el Método EPA 8081A. Se logró cuantificar nueve POCs, los cuales se encontraban presentes en la mayoría de las muestras y en los siguientes rangos de concentración en mg·kg<sup>-1</sup>: DDT (0,04-0,99); DDE (0,01-0,56); DDD (0,04-0,83);  $\alpha$ -endosulfan (0,01-0,47);  $\beta$ -endosulfan (0,02-0,45); endosulfan sulfato (0,04-0,62); aldrin (0,005-0,009); dieldrin (0,01-0,03), y endrin (0,01-0,04). Los suelos presentaron elevados contenidos de materia orgánica, lo cual puede favorecer la retención de los POCs. Se determinó que la concentración total de POCs, DDT y sus metabolitos (DDE y DDD) disminuye al aumentar el pH del suelo, y aumenta al incrementar el porcentaje de arcilla. Los suelos analizados fueron clasificados como potencialmente contaminados, según los niveles encontrados de los plaguicidas DDT, dieldrin y endrin.

**Palabras claves adicionales:** DDT, Dieldrin, Endrin, papa, zanahoria

## ABSTRACT

### Organochlorine pesticides residues and their relation to soil parameters in Pueblo Llano, Mérida State, Venezuela

The horticultural farms in Pueblo Llano, Mérida State, have been using uncontrolled quantities of different kinds of pesticides, so the aim of this work was to determine the residual levels of organochlorine pesticides (OCPs) in those soils. Samples were taken in 20 farms, and Soxhlet extraction procedure (EPA 3540C) and sulfur elimination (EPA 3660B) were performed. According to the EPA 8081A method, the OCPs were determined by gas chromatography with electronic capture detector. Nine OCPs were quantified in most samples in the following concentration ranges (mg·kg<sup>-1</sup>): DDT (0,04-0,99); DDE (0,01-0,56); DDD (0,04-0,83);  $\alpha$ -endosulfan (0,01-0,47);  $\beta$ -endosulfan (0,02-0,45); endosulfan sulfato (0,04-0,62); aldrin (0,005-0,009); dieldrin (0,01-0,03), and endrin (0,01-0,04). The soils presented high levels of organic matter, which may favor OCPs retention. It was found that the total OCPs concentration, DDT and isomers (DDE and DDD) decrease as the soil pH increases, and enlarge as the clay percentage increases. The soils were classified as potentially contaminated, according to their levels of DDT, dieldrin and endrin.

**Additional key words:** DDT, Dieldrin, Endrin, potato, carrot

## INTRODUCCIÓN

Los compuestos organoclorados representan un importante grupo de contaminantes orgánicos persistentes, los cuales han causado preocupación en todo el mundo, por ser productos tóxicos contaminantes del ambiente (Wurl y Obbard, 2005). Los plaguicidas clorados, como el DDT, han sido ampliamente usados en las últimas décadas en el control de plagas en la agricultura,

así como en el área de la salud pública, y en la actualidad estos productos aún están en uso en algunos países en desarrollo (Rissato et al., 2006).

Los suelos agrícolas del estado Mérida, Venezuela, han recibido por mucho tiempo diversos insumos químicos. En esta región, el municipio Pueblo Llano, de gran tradición hortícola en cultivos como papa y zanahoria, ha estado sometido a un uso no controlado de muchos tipos de plaguicidas y abonos orgánicos.

Recibido: Agosto 9, 2010

Aceptado: Abril 25, 2011

<sup>1</sup> Dpto. de Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. e-mail: jorevzca@ula.ve

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, INIA-Mérida. Apdo. 425, Mérida, Venezuela. e-mail: yaraujo@inia.gob.ve

De acuerdo a Llambi y Arias (1997), la salud de los habitantes de Pueblo Llano se ha deteriorado debido a la contaminación del agua, suelo y atmósfera, producto del uso no controlado de insumos altamente tóxicos. Los problemas de baja productividad que se han presentado en la zona hace suponer que los suelos y aguas están sometidos a una creciente contaminación química, reduciendo de esta manera su calidad.

Siendo éste uno de los principales productores hortícolas del país, es imprescindible evaluar los niveles residuales de plaguicidas. Por ello, el presente trabajo tuvo como objetivo principal, determinar el contenido de plaguicidas organoclorados (POCs) en los suelos de fincas del municipio Pueblo Llano del estado Mérida.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el municipio Pueblo Llano, ubicado en un amplio valle de la cordillera del estado Mérida, a 90 km al noreste de la capital. La altitud del municipio varía de 1500 a 3800 msnm, la temperatura de 3 a 18 °C y la precipitación de 1100 a 1300 mm al año.

Se tomaron muestras de suelo compuestas por 12 submuestras al azar, a una profundidad de 0-20 cm, en 20 fincas hortícolas localizadas en sectores diferentes del municipio, con superficies de terreno de 0,25 a 3 ha. El número de submuestras se obtuvo, realizando un cálculo estadístico en un muestreo preliminar en una finca de 1 ha de extensión y con ello, se obtuvo el intervalo de confianza de la representatividad de dichas muestras compuestas (Wang y Piao, 2006).

Se realizaron análisis de suelos con fines de fertilidad en el Laboratorio de Suelos del INIA-Mérida, determinando la textura, pH (suspensión suelo:agua 1:2,5) y contenido de materia orgánica. Para la extracción de los POCs del suelo se utilizó el método EPA 3540C de extracción Soxhlet. Se pesaron 10 g de suelo seco tamizado a 2 mm y 10 g de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhidro, y se mezclaron. Se colocó esta mezcla en un cartucho poroso de papel de filtro y luego se procedió al montaje del extractor Soxhlet. Para la eliminación del azufre en el suelo, se utilizó el método EPA 3660B. La determinación analítica de los POCs en el extracto final, se llevó a cabo por cromatografía de acuerdo al método EPA 8081A utilizando un cromatógrafo de gases Varian CP-3800 con detector de captura electrónica equipado con una columna WCOT

CP-SIL-8 CB (5 % fenil, 95 % metilpolisiloxano) de 30 m x 0,25 mm de diámetro interno.

Se calcularon los porcentajes de fincas de acuerdo a las concentraciones de los POCs totales, DDT y sus metabolitos, endosulfán y sus metabolitos, así como de la familia de los aldrín. Para comparar el contenido de POCs en los suelos entre las fincas evaluadas, se calculó el valor total de estas sustancias en cada finca y se determinó el promedio de los POCs totales para el municipio.

Los datos de concentraciones totales de POCs y los parámetros físico-químicos de suelos (pH y porcentaje de arcilla) fueron comparados estadísticamente utilizando la correlación de Spearman. Para el análisis se empleó el programa InfoStat Profesional 2007.

Debido a que no existen valores de referencia establecidos en Venezuela para la evaluación de la contaminación de los suelos por plaguicidas organoclorados, así como tampoco se encuentran señalados por la EPA, se utilizaron para este fin los niveles genéricos de referencia españoles (Real Decreto, 2005).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parámetros físicoquímicos de los suelos

El pH de los suelos resultó moderadamente ácido o neutro, y la textura varió entre media y gruesa (Cuadro 1). En algunos de ellos, con alto contenido de partículas gruesas, probablemente se presenta una alta lixiviación de contaminantes (Adams, 1995), lo cual indicaría baja probabilidad de acumulación de plaguicidas organoclorados.

No obstante, el contenido de materia orgánica es superior a 6 %, como posible efecto de la continua aplicación de abono orgánico por los productores de la zona y a la lenta degradación del mismo en esta zona de temperaturas moderadas a bajas. Este alto contenido de materia orgánica es una condición determinante en la retención de los plaguicidas en las capas superiores, lo cual impide su pérdida por lixiviación y facilita su degradación, pues es allí donde la actividad microbiana es máxima (Lal y Saxena, 1982).

### Concentraciones de los POCs

Los límites de detección (LD) y cuantificación (LC) de los POCs estudiados fueron inferiores a los niveles genéricos de referencia (NGR) ya mencionados para el estudio de contaminación de

suelos por POCs, lo cual representa una condición necesaria para la adecuada comparación con los resultados. El coeficiente de variación de la concentración de los POCs, estudiados por triplicado, estuvo en general, por debajo de 10 %, lo que indica una buena precisión del método analítico. Los niveles de recuperación aceptados para el caso específico de plaguicidas en suelos y sedimentos se establecen en el intervalo entre 70 y 130 %, siendo los porcentajes de recuperación encontrados en los POCs estudiados, superiores a 70 e inferiores a 99 %.

**Cuadro 1.** Análisis fisicoquímicos de los suelos de fincas en el municipio Pueblo Llano, estado Mérida

Finca	Sector	pH	MO (%)	Textura
1	Las Cuevas	4,9		F
2	El Arbolito	6,2	>6,9	Fa
3	La Culata	5,5		F
4	La Guzmán	nd	nd	nd
5	Llano Grande	5,3	6,14	F
6	Agua Regada	6,0		F
7	Miyoy	5,8		F
8	Motus	6,1		F
9	La Ranchería	5,1		Fa y F
10	El Cedro	5,4		Fa
11	Vía La Ranchería	5,6		Fa
12	Motus Alto	6,0		F
13	Motus Alto	6,2	>6,9	F y Fa
14	Agua Regada	6,6		Fa
15	El Pozo	6,8		FAa
16	El Arbolito	5,7		Fa
17	La Culata	4,5		Fa
18	Agua Regada	5,8		Fa
19	Agua Regada	6,6		Fa
20	La Guzmán	5,3		F

MO: materia orgánica; F: franco; Fa: franco arenoso; FAa: franco arcillo-arenoso; nd: no determinado

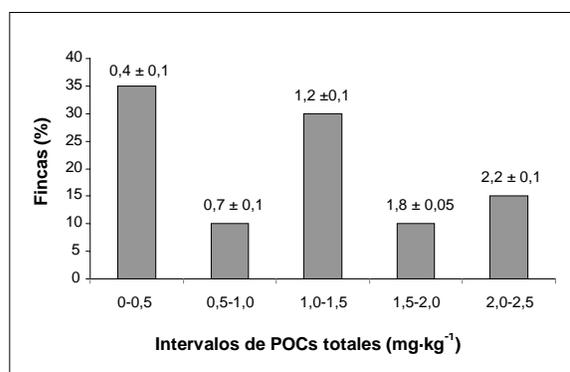
Se evaluó un total de 28 POCs, pero sólo nueve de ellos pudieron ser cuantificados por el método aplicado, y los cuales se encontraron presentes en la mayoría de las muestras y en diferentes rangos de concentración (Cuadro 2).

El 75 % de las fincas evaluadas presentaron una concentración de POCs totales entre 0 y 1,5 mg·kg<sup>-1</sup>, y sólo el 15 % alcanzó el rango de 2,0 a 2,5 mg·kg<sup>-1</sup> (Figura 1). El promedio de los POCs totales para el municipio fue de 1,2 mg·kg<sup>-1</sup>, donde el DDT, seguido del endosulfan sulfato,

presentaron las mayores contribuciones a este promedio en la mayoría de las muestras. Los POCs totales encontrados en los suelos del 40 % de las fincas evaluadas (8 fincas) sobrepasaron el promedio señalado.

**Cuadro 2.** POCs cuantificados en las muestras de suelo de fincas en el municipio Pueblo Llano, estado Mérida

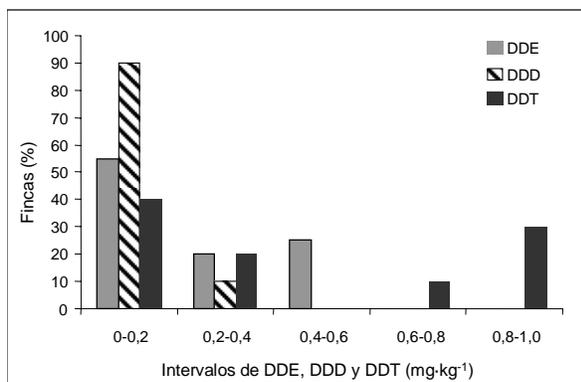
Plaguicida	Concentración (mg·kg <sup>-1</sup> )
DDT	0,04-0,99
DDE	0,01-0,56
DDD	0,04-0,83
α-endosulfan	0,01-0,47
β-endosulfan	0,02-0,45
Endosulfan sulfato	0,04-0,62
Aldrín	0,005-0,009
Dieldrín	0,01-0,03
Endrín	0,01-0,04



**Figura 1.** Porcentaje de fincas según la concentración de los POCs totales en suelos del municipio Pueblo Llano, estado Mérida. Las cifras dentro de las barras indican la concentración promedio ± desviación estándar

### Concentraciones de DDT, DDE y DDD en los suelos

Con relación a la concentración del DDT y sus metabolitos DDE y DDD, los resultados indican que el 55 % de las fincas presentaron valores promedio de DDE de 0,1 mg·kg<sup>-1</sup>, mientras el 90 % de ellas presentaron valores de DDD menores de 0,2 mg·kg<sup>-1</sup> (Figura 2), cifras que están por debajo de los NGR, que son 0,6 y 0,7 mg·kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Por otra parte, los suelos del 60 % de las fincas estudiadas (12 fincas) presentaron concentraciones de DDT superiores al NGR, es decir, mayores a 0,2 mg·kg<sup>-1</sup>.



**Figura 2.** Porcentaje de fincas según la concentración de DDT y sus metabolitos en suelos del municipio Pueblo Llano, estado Mérida

El producto de degradación más abundante fue el DDE frente al DDD, lo cual está en concordancia con el hecho que el DDE es el producto principal de transformación del DDT por la acción microbiana, y ésta es máxima en la capa superficial del suelo (Lal y Saxena, 1982), favorecida por las condiciones aeróbicas (Manirakiza et al., 2001). Asimismo, se encontró que en el 40 % de las fincas el cociente entre la sumatoria del DDE + DDD y la concentración del DDT fue mayor a 1, lo que podría indicar que en estos suelos la degradación del DDT fue más efectiva respecto a las restantes (Cuadro 3). El resto de las fincas (60 %) presentaron cocientes menores a 1, lo cual sugiere una degradación del DDT menos efectiva (ATSDR, 1994).

### Concentraciones de endosulfan y endosulfan sulfato en los suelos

El 65 y 47 % de las fincas presentaron, respectivamente, concentraciones de endosulfan y endosulfan sulfato menores a  $0,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Figura 3). En general, la concentración del endosulfan sulfato fue mayor a la concentración del endosulfan (sumatoria de los isómeros  $\alpha$ -endosulfan y  $\beta$ -endosulfan), lo cual ocurre debido a que ambos isómeros son transformados al metabolito en común endosulfan sulfato. El 35 % de las fincas presentaron una concentración promedio de endosulfan sulfato de  $0,48 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . El valor del NGR del endosulfan ( $0,6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) sólo fue excedido en el suelo de una finca ( $0,86 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

Asimismo, el cociente entre el metabolito

endosulfan sulfato y el endosulfan fue mayor a 1 en el 70 % de las fincas evaluadas, lo que podría indicar que la degradación del endosulfan ha sido más efectiva que en los demás casos.

### Concentraciones de aldrín, dieldrín y endrín en los suelos

Ninguna finca alcanzó valores de aldrín superiores al NGR de estos POCs ( $0,01 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), y sólo en el 30 % de ellas el dieldrín superó dicho límite (Figura 4). Sin embargo, la gran mayoría de las fincas (94 %) mostró concentraciones de endrín superiores a  $0,01 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , alcanzándose concentraciones de hasta  $0,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

### Concentración de los POCs en relación a los parámetros fisicoquímicos de los suelos

Se detectó una correlación inversa entre el pH y los POCs totales ( $P \leq 0,05$ ), con un coeficiente ( $r$ ) de  $-0,59$  (Cuadro 4). Asimismo, las correlaciones individuales del pH con el DDT, DDE y DDD fueron todas inversas y significativas ( $P \leq 0,05$ ). Esto indica que al incrementar el pH del suelo disminuyen las concentraciones de POCs totales, DDT, DDE y DDD, y la tendencia fue más fuerte entre el pH y el DDT, cuya evaluación arrojó el coeficiente de correlación más alto en su valor absoluto ( $r = -0,70$ ). Según Adams (1995), a medida que el pH disminuye se forman más especies moleculares y aumenta la adsorción, ya que las especies moleculares (menos solubles) se unen más fuertemente en la fracción lipofílica de la materia orgánica de los suelos que las especies iónicas más solubles. Por otra parte, no se detectó correlación significativa ( $P > 0,05$ ) entre el pH y los organoclorados endosulfan sulfato,  $\alpha$ -endosulfan,  $\beta$ -endosulfan y endrín.

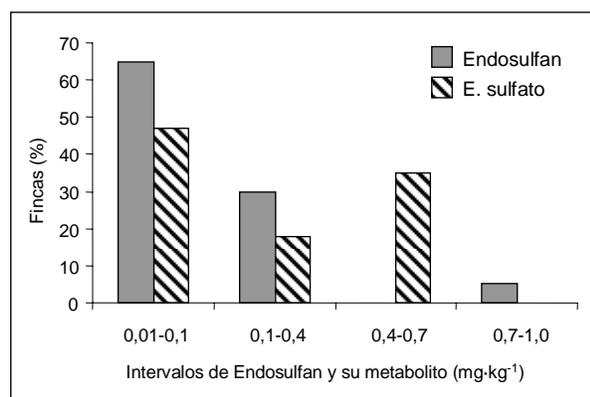
Con relación al contenido de arcilla de los suelos, se encontraron correlaciones positivas y significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre el porcentaje de arcilla y los POCs totales, DDT, DDE y DDD, (Cuadro 4). Los valores positivos de los coeficientes de correlación indican que el aumento del contenido de arcilla favorece al incremento de estos plaguicidas en los suelos. La tendencia fue mayor con el DDE, el cual presentó el más alto coeficiente de correlación ( $r = 0,80$ ). Este resultado es consistente con el hecho de que las arcillas tienen una gran superficie de contacto a la que los plaguicidas pueden adherirse, y a su vez, tienen gran capacidad de compactación, lo que

dificulta la movilidad de dichas sustancias.

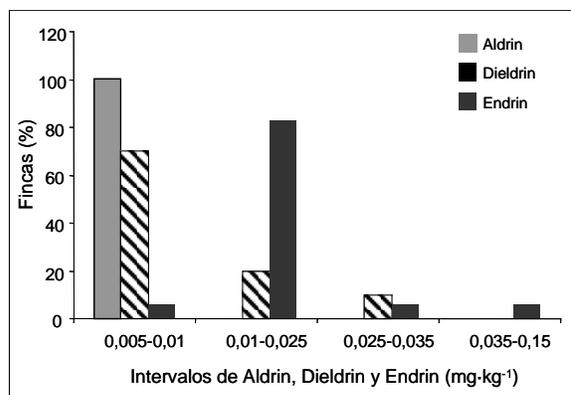
Las correlaciones anteriores son atribuidas a la naturaleza intrínseca de los suelos, y posiblemente estas condiciones de pH y textura estén influyendo en forma directa sobre la actividad de las bacterias y microorganismos presentes en el medio y por ende, de forma indirecta sobre la degradación de los plaguicidas.

**Cuadro 3.** Cocientes (DDE+DDD)/DDT y endosulfan sulfato/(alfa+beta endosulfan) de los suelos de fincas en el municipio Pueblo Llano, estado Mérida

Finca N°	(DDE+DDD)/DDT	Endosulfan sulfato/ ( $\alpha + \beta$ endosulfan)
1	0,95	4,93
2	1,03	1,31
3	0,35	3,04
4	0,73	0,61
5	0,25	0,00
6	1,68	0,98
7	0,85	0,00
8	0,73	0,00
9	0,72	2,56
10	0,55	3,20
11	0,64	5,78
12	1,08	1,31
13	2,73	3,46
14	1,24	0,94
15	1,88	2,06
16	1,99	2,25
17	0,26	0,71
18	1,01	2,26
19	0,11	0,25
20	0,82	2,16



**Figura 3.** Porcentaje de fincas según la concentración del endosulfan ( $\alpha$  y  $\beta$ ) y su metabolito en suelos del municipio Pueblo Llano, estado Mérida



**Figura 4.** Porcentaje de fincas según la concentración del aldrín, dieldrín y endrín en suelos del municipio Pueblo Llano, estado Mérida

**Cuadro 4.** Coeficientes de correlación de Spearman entre los POCs (mg·kg<sup>-1</sup>) y los niveles de pH y contenido de arcilla en suelos de fincas en el municipio Pueblo Llano, estado Mérida

	pH	Arcilla (%)
pH	1	-
Arcilla	-0,48 (0,02)	1
OCP	-0,59 (0,003)	0,65 (0,001)
DDE	-0,49 (0,01)	0,80 (<0,001)
DDD	-0,49 (0,01)	0,62 (0,002)
DDT	-0,70 (<0,001)	0,75 (<0,001)
$\alpha$ E.	NS	NS
$\beta$ E.	NS	NS
Endo. S.	NS	NS
Dieldrín	NS	NS
Endrín	NS	NS
Aldrín	NS	NS

Cifras en el paréntesis representan la probabilidad estadística (P); NS: no significativo (P>0,05)

### Interpretación de la presencia de plaguicidas en los suelos

La existencia de un cociente (DDE+DDD)/DDT menor a 1 en la mayoría de las muestras analizadas, indica que el DDT se encuentra en mayor proporción que sus metabolitos DDE y DDD, los cuales son los formados principalmente en el suelo en conjunto a otros que se crean en menor proporción (Lal y Saxena, 1982). Comparando este resultado con el tiempo de vida media del DDT en suelos, el cual no supera los 15 años (ATSDR, 1994), se puede inferir que los residuos determinados corresponden a una aplicación realizada hace

menos de 15 años. Considerando que desde el año 1983 el uso del DDT fue prohibido en Venezuela, esta inferencia es consistente con las denuncias realizadas de ingreso por contrabando de este producto al municipio Pueblo Llano (Gil, 2006).

La presencia de las sustancias aldrín, dieldrín y endrín indica que su aplicación ha sido realizada recientemente respecto a la fecha de su prohibición (1983), pues sus tiempos de vida máxima en suelos son de tres años para el aldrín y ocho años para el dieldrín (ATSDR, 2002). La presencia de aldrín y dieldrín puede ser debida a la aplicación de ambos plaguicidas o de sólo uno de ellos, ya que en el suelo ambas especies se encuentran en equilibrio (Lal y Saxena, 1982).

La presencia de endosulfan en el suelo y de su metabolito principal, el endosulfan sulfato, sugiere que hubo aplicaciones recientes de este insecticida, pues los tiempos de vida media en suelos de sus componentes  $\alpha$ -endosulfan y  $\beta$ -endosulfan, son de 60 y 800 días, respectivamente (ATSDR, 2000). Sin embargo, el uso de este insecticida no ha sido prohibido en Venezuela.

De acuerdo a los niveles de referencia españoles, los suelos analizados se clasifican como potencialmente contaminados respecto a los niveles de DDT, dieldrín y endrín.

### CONCLUSIONES

Se logró cuantificar los plaguicidas DDT, DDE, DDD,  $\alpha$ -endosulfan,  $\beta$ -endosulfan, endosulfan sulfato, aldrín, dieldrín y endrín a partir de un total de 28 POCs analizados en los suelos de 20 fincas del municipio Pueblo Llano, en el estado Mérida. La acumulación de estos plaguicidas organoclorados podría ser favorecida por el alto contenido de materia orgánica de los suelos en la capa superficial estudiada. Se observó una tendencia inversa de la concentración de los organoclorados totales, DDT, DDE y DDD en los suelos con relación al pH, y una tendencia directa con relación al porcentaje de arcilla. Los suelos se clasificaron como potencialmente contaminados según los niveles encontrados de los plaguicidas DDT, dieldrín y endrín.

### LITERATURA CITADA

1. Adams, M. 1995. Fundamentos de Química de Suelos. UCV. Caracas. pp. 41-48.

2. ATSDR. 1994 - 2000 - 2002. Toxicological profile for 4,4'-DDT, 4,4'-DDE, and 4,4'-DDD. Toxicological profile for endosulfan. Toxicological profile for Aldrin/Dieldrin. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry. Atlanta, GA. pp. 467-489; 195; 179-180.
3. EPA. 1996. Organochlorine pesticides by gas chromatography-method 8081A. Sulfur clean up-method 3660B. Soxhlet extraction-method 3540C. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC. pp. 1-7; 1-8; 1-6.
4. Gil, M. E. 2006. Informe ciudadano de la situación de los contaminantes orgánicos persistentes en Venezuela. Fundación Aguaclara. <http://www.aguaclara.org/pdf/proipep-20060827.pdf>. (consulta del 28/02/2011).
5. Lal, P. y D. Saxena. 1982. Accumulation, metabolism and effects of organochlorine insecticides on microorganisms. *Microbiological Reviews* 46: 95-127.
6. Llambi, L. y E. Arias. 1997. Impactos de las políticas de ajuste estructural en los productores paperos y hortícolas de los Andes Venezolanos: El caso de Pueblo Llano. *Agroalimentaria* 3(4): 1-31.
7. Manirakiza, P., A. Covaci, S. Andries y P. Schepens. 2001. Automated Soxhlet extraction and single step clean-up for the determination of organochlorine pesticides in soil by GC-MS. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 8: 25-39.
8. Real Decreto 9. 2005. Boletín Oficial del Estado. 14 de Enero de 2005. Ministerio de la Presidencia de España. Madrid. pp. 1833-1843.
9. Rissato, S., M. Galhiane, V. Ximenes, R. de Andrade, J. Talamoni, M. Libanio, M. de Almeida, B. Apon y A. Cavalari. 2006. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in soils and water samples in the Northeastern part of Sao Paulo State, Brazil. *Chemosphere* 65: 1949-1958.
10. Wang, X. y X. Piao. 2006. Organochlorine pesticides in soil profiles from Tianjin, China. *Chemosphere* 64: 1514-1520.
11. Wurl, O. y J. Obbard. 2005. Organochlorine pesticides, polychlorinated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers in Singapore's coastal sediments. *Chemosphere* 58: 925-933.