

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**



**RELACIÓN DE FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL SUELO EN LA  
PERSISTENCIA DE INSECTICIDAS ORGANOCORADOS EN LA REGIÓN  
PAPERERA DE COAHUILA Y NUEVO LEÓN.**

**POR:**

**EDILBERTO CRUZ CRUZ**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, noviembre de 2002.**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**RELACIÓN DE FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL SUELO EN LA  
PERSISTENCIA DE INSECTICIDAS ORGANOCORADOS EN LA REGIÓN  
PAPERA DE COAHUILA Y NUEVO LEÓN.**

**TESIS**

**POR:**

**EDILBERTO CRUZ CRUZ**

**Que se somete a la consideración del H. jurado examinador, como requisito  
parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

**APROBADA**

---

**ING. M.C. JAVIER S. TORRES ARREGUÍN**  
Presidente

---

**Dr. EUGENIO GUERRERO RODRÍGUEZ**  
Sinodal

---

**Dr. MARIO GARCÍA CARRILLO**  
Sinodal

---

**Coordinador de la División de Ingeniería**  
**ING. M.C. LUIS EDMUNDO RAMÍREZ RAMOS**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, noviembre de 2002.**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A mi inolvidable Alma Mater por haberme dado todo sin condición alguna .**

**Al Departamento de Suelos por todas las atenciones brindadas, de forma especial a su planta docente y administrativa.**

**Al M.C. Javier Torres Arreguín por todo el apoyo desinteresado tanto profesional como humano a un servidor.**

**Al Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez por su colaboración decisiva para el desarrollo de este trabajo.**

**Al Dr. Mario García Carrillo por su disposición y amabilidad a mis necesidades.**

**Al Dr. Víctor Manuel Zamora Villa por su colaboración para el desarrollo estadístico del presente trabajo.**

**A mis entrañables compañeros de generación: José Alejandro, Daniel Sánchez, Omar Alvarado, José Alfredo, Leonel Barrios, Cristino Castañeda, Cutberto Alameda, Avelino Peña y Sergio Escobar.**

## **DEDICATORIA**

**A Dios por haberme llenado de fe y paciencia.**

**A ti Abuelito (+), mil gracias por los valores que me inculcaste, jamás te defraudaré.**

**A mi hijo Alan por su ternura motivo de mi alegría, felicidad y motivación.**

**A Eva por todo su amor y cariño.**

**A mis Padres Juan y Teresa que cimentaron mi vida, llevándome por el mejor de los caminos.**

**A mis hermanos: Claudio, Amadeo, Misael, Luis, Rocio y Erika.**

**A mis Primos y Tíos con cariño y respeto.**

**A la Familia Sánchez Juárez por su amistad.**

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
Historia de los Plaguicidas .....	4
Insecticidas Organoclorados .....	5
Análogos del DDT .....	6
HCH (Hexaclorociclohexano) .....	7
Ciclodienos .....	8
Problemas de Contaminación .....	9
Contaminación por Organoclorados .....	11
Los organoclorados en América Latina .....	13
Los organoclorados en México .....	15
Los organoclorados en el suelo .....	17
Los organoclorados en las plantas .....	24
Los organoclorados en el agua y en los sedimentos ....	26
Los organoclorados en el aire .....	30
Los organoclorados en los animales .....	31
Los organoclorados en los alimentos .....	33
Efectos de los Organoclorados en los Humanos .....	36
Contaminación y Transporte Global de los Organoclorados ....	39
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	41
Localización Geográfica .....	41
Muestreo de Suelos .....	41
Determinaciones Físicas y Químicas del Suelo .....	42
Método Soxhlet para Extracción de Organoclorados .....	42
Extracción .....	43
Primera concentración .....	43
Limpieza .....	43
Segunda concentración .....	44
Análisis de las concentraciones .....	44
Equipo Utilizado .....	45
Análisis Estadístico .....	45

<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	46
Factores Físicos y Químicos de los Predios .....	46
Presencia de Organoclorados en los Suelos .....	47
Ciclodienos .....	49
Análogos del DDT .....	52
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	54
<b>RESUMEN</b> .....	55
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	57
<b>APÉNDICE</b> .....	65

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
2.1	Cronología del desarrollo de los plaguicidas (Stephenson y Solomon, 1993). .....	4
2.2	Producción global de plaguicidas organoclorados en el mundo en su año de introducción (Vancouver 1995 y ATSDR, 1997). .....	5
2.3	Concentración (ppm) de insecticidas en 3 suelos Hawaianos después de 7 años de la aplicación de plaguicidas organoclorados (Bees, 1970 y Agnihotri, 1977). .....	23
2.4	Tranlocación de insecticidas organoclorados del suelo al tubérculo de papa en ppm (Lichtenstein, 1959/1968). .....	25
2.5	Concentraciones e intervalos de concentraciones de DDT y sus metabolitos en el sedimento de áreas costeras de México. (ppb). .....	29
2.6	Media de la concentración de contaminantes tipo DDT y plaguicidas clorados en el aire del Golfo de México y el Mar Caribe en $\text{pg m}^{-3}$ (Iwata <i>et al.</i> , 1993). .....	31
4.1	Resultados de los factores físicos y químicos del suelo, en las localidades en estudio. .....	47
4.2	Residuos de plaguicidas organoclorados en suelos de 2 localidades de la región papera de Coahuila y Nuevo León ( $\text{ng.g}^{-1}$ ). .....	48
4.3	Coefficientes de correlación con los 3 primeros Componentes Principales .....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
2.1	El DDT utilizado en programas de prevención de malaria en algunos países de América Latina 1993-1994. (López-Carrillo <i>et al.</i> , 1996). .....	14
4.1	Relación entre organoclorados y factores físicos y químicos del suelo en el espacio de los 2 primeros Componentes Principales. ....	51
4.2	Relación entre organoclorados y propiedades físicas y químicas del suelo en el espacio de los 3 primeros Componentes Principales. ....	

# INTRODUCCIÓN

Un factor decisivo de la revolución verde ha sido el desarrollo y aplicación de agroquímicos para combatir una gran variedad de plagas que, de lo contrario, disminuirían el volumen y calidad de la producción alimentaria.

El uso de plaguicidas coincide con la "era química", que ha transformado la sociedad desde el decenio de los 50's. Por desgracia, los beneficios aportados por la química han ido acompañados de una serie de perjuicios, algunos de ellos tan graves que ahora representan una amenaza para la supervivencia a largo plazo de importantes ecosistemas, como consecuencia de la perturbación de las relaciones depredador-presa y la pérdida de biodiversidad. Además, los plaguicidas pueden tener importantes consecuencias en la salud humana.

Si bien el uso de productos químicos en la agricultura se reduce a un número limitado de compuestos, la agricultura es una de las pocas actividades donde se descargan deliberadamente en el medio ambiente, productos químicos para acabar con algunas formas de vida.

El uso agrícola de plaguicidas es un subconjunto del espectro más amplio de productos químicos industriales utilizados en la sociedad moderna. Según la base de datos de la American Chemical Society (1993) se habían identificado más de 13 millones de productos químicos, a los que se sumaban cada año unos 500,000 nuevos compuestos.

Los insecticidas fueron los primeros plaguicidas sintéticos en comercializarse, esto ocurrió después de 1940 debido al descubrimiento de las propiedades insecticidas del DDT y a su introducción a finales de la Segunda Guerra Mundial, por su reconocimiento de potencial insecticida.

Éstos productos son derivados de los hidrocarburos clorados del que toman su nombre como insecticidas organoclorados; sus notables propiedades en cuanto persistencia y amplio espectro de acción, pronto los hicieron indeseables para el control de insectos, al empezar a observarse los primeros casos de desarrollo de resistencia en las plagas y de la aparición de otras, así como también al comprobar su incorporación a las redes tróficas en las que se biomagnifican llegando a causar la desaparición de especies, aunado a otros problemas ambientales y humanos.

Aunque en la actualidad estos productos han sido sustituidos en muchos países por plaguicidas con propiedades ambientales y toxicológicas menos adversas, se siguen usando en la mayoría de los países en desarrollo de los cuales no se descarta México.

Por lo anterior urge hacer frente a este caos que continuará extendiéndose aún en las regiones más remotas del planeta, para ello es importante contribuir con investigaciones como lo es el caso del presente trabajo, el cual pretende determinar la persistencia de residuos de insecticidas organoclorados en el suelo.

Por lo anterior se establecen los siguientes objetivos:

- A) Determinar la presencia y grado de residuos de insecticidas organoclorados en el suelo.
- B) Establecer la influencia de algunos factores físicos y químicos del suelo en su persistencia, en la región papera de Coahuila y Nuevo León.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Historia de los Plaguicidas

La historia del desarrollo y utilización de los plaguicidas es fundamental para entender cómo y por qué han representado una amenaza para el medio ambiente y por qué esta amenaza está disminuyendo en los países desarrollados, mientras que continúa siendo un problema en muchos países en desarrollo (Cuadro 2.1).

**Cuadro 2.1 Cronología del desarrollo de los plaguicidas (Stephenson y Solomon, 1993).**

Período	Ejemplo	Fuente	Características
1800-1920	Primeros plaguicidas nitrofenoles, clorofenoles.	Química orgánica, productos derivados de la elaboración de gas de carbón, etc.	Con frecuencia, carecen de especificidad y eran tóxicos para el usuario u organismos destinados.
1945-55	Orgánicos clorados, DDT, HCH, ciclodienos.	Síntesis orgánica	Persistentes, buena selectividad y buenos resultados en materia de salud pública y agrícola, resistencia.
1945-70	Organofosforados Carbamatos.	Síntesis orgánica, buena utilización de las relaciones estructura-actividad.	Menor persistencia, cierta toxicidad, algunos problemas ambientales
1970-85	Piretroides sintéticos, plaguicidas biológicos.	Perfeccionamiento de las relaciones estructura-actividad.	Cierta falta de selectividad, resistencia, y persistencia variable.
>1985	Organismos obtenidos por la ingeniería genética	Transferencia de genes para plaguicidas biológicos. Alteración genética de las plantas.	Posibles problemas con mutaciones en especies afines con fugas de polen.

### Insecticidas Organoclorados

Estos compuestos se caracterizan por: la presencia de carbono, cloro, hidrógeno y en algunas ocasiones oxígeno; la presencia de cadenas cíclicas de

carbono, incluyendo benceno; la falta de sitios intramoleculares activos razón por la cual la molécula es estable al ambiente; además de ser apolares y lipofílicos (Matsumura, 1976).

Generalmente existen tres grupos de insecticidas organoclorados, los análogos del DDT, los isómeros de HCH y los ciclodienos (Pacheco, 1985).

El cuadro 2.2 nos muestra el total de plaguicidas organoclorados que se produjeron solamente el primer año de su introducción comercial, en donde destaca la producción de 3,000,000 ton de DDT tan solo en 1945.

**Cuadro 2.2 Producción global de plaguicidas organoclorados en el mundo en su año de introducción (Vancouver, 1995 y ATSDR, 1997).**

<b>Plaguicidas Organoclorados</b>	<b>Productor Inicial</b>	<b>Año de Introducción</b>	<b>Uso Global (ton)</b>
Aldrin y dieldrin	Shell	1948-50	> 130,000
Endrin	Velsicol and Shell	1947	> 2,300
Clordano	Velsicol	1946	>150,000 (1950-92)
DDT	Ciba-Geigy	1945	3,000,000
HCH	Velsicol	1952	> 100,000
Heptacloro	Allied Chemical Co.	1946	600- 6,000
Mirex	Hooker Chemical	1958-59	> 1,500
Toxafeno	Hercules Powder Co.	1946	1,333,000

### **Análogos del DDT**

El DDT (diclorodifeniltricloroetano) es el más conocido, más barato y el más asombrosamente efectivo de los insecticidas sintéticos, a pesar de que fue

sintetizado en 1874, su efectividad como insecticida se descubrió hasta 1939, por Paul Muller de la compañía Geigy de Suiza y patentado en 1942, rápidamente se convirtió en el "insecticida milagroso" de todos los tiempos y aun hoy día es en muchas maneras el principal insecticida. No obstante su permanencia como el insecticida más importante en la escena internacional, su popularidad se ha debilitado de alguna forma debido al incremento de la resistencia en los insectos y a su extrema persistencia en suelo, plantas y animales, lo cual ha conducido a la diseminación de la contaminación ambiental (O'Brien, 1967).

El DDT es prácticamente insoluble en agua, menos de 2 ppb contrario en solventes orgánicos, su solubilidad es mayor conforme se incrementa la temperatura, el mayor contaminante del DDT es el isómero o,p-DDT, el cual no tiene poder insecticida como el p,p'-DDT. Comercialmente el DDT está compuesto por un 70 por ciento del isómero p,p'. El DDT es estable química y biológicamente, excepto en la presencia de alcoholes-alcalis (los minerales trazas como Al, Fe o sales de cromo catalizan esta reacción), los cuales la dehidroclorinizan a la forma DDE (diclorodifeniletileno); el DDE es un metabolito altamente persistente que a pesar de ser un importante contaminante del medio ambiente, solamente tiene ligera actividad insecticida (Matsumura, 1976).

El DDT en su forma sólida no se degrada tan fácilmente con los rayos solares o la luz ultravioleta como cuando se encuentra en estado de polvo en campo abierto, el cual expone una mayor superficie específica degradándose a compuestos con menor poder insecticida (Matsumura, 1976).

Otros compuestos análogos al DDT son el DDD (diclorodifenildicloroetano), con una solubilidad similar al DDT pero se dehidrocloriniza a un menor rango además de ser menos efectivo para el control de insectos; el metoxicloro con una solubilidad de 1 ppm y es soluble en muchos solventes orgánicos y sujeto a la dehidroclorinación (Matsumura, 1976).

### **HCH (Hexaclorociclohexano)**

Preparado por primera vez por Michael Faraday en 1825 quién no identificó sus propiedades insecticidas; en 1912, Van der Linden descubrió cuatro isómeros; en 1942, Dupire y Raucourt en Francia y Slade en Inglaterra descubrieron sus propiedades insecticidas. Los Británicos separaron el isómero  $\gamma$  y lo nombraron como lindano en honor a Van der Linden (Matsumura, 1976).

Generalmente los isómeros del HCH son estables a la luz, alta temperatura y ácidos aunque sufre de hidrocliclorinación en medios ligeramente alcalinos (Cremllyn, 1995); el lindano es relativamente soluble en agua 10 ppm; Sin embargo es de 50-10,000 veces más tóxico que otros isómeros.

### **Ciclodienos**

Estos compuestos son un grupo de hidrocarburos cíclicos con importantes insecticidas como el clordano, aldrin, dieldrin y endosulfan, producidos por la reacción Diels-Alder. Las propiedades insecticidas del clordano se reportan en 1945 y fue el primer miembro de un notable nuevo grupo de insecticidas organoclorados (Matsumura 1976).

Para el caso del heptacloro es estable a la luz y temperaturas de hasta 160°C, a la humedad, aire, ácidos, bases y agentes oxidantes. En sistemas biológicos, el heptacloro se convierte a su epóxido. El heptacloro epóxido es más tóxico que el heptacloro, así que la epoxidación es un proceso vital para producir toxicidad (Matsumura, 1976).

El aldrin es casi insoluble en agua 0.2 ppm y soluble en muchos solventes orgánicos, este se convierte a su epóxido dieldrin en las plantas, tejido de animales y en el suelo. El dieldrin es uno de los químicos más tóxicos que se conoce de este grupo; se usó extensivamente en 1952 especialmente en situaciones donde su efecto residual prolongado resultaba una ventaja, el dieldrin es tan insoluble en agua como el aldrin y menos soluble en solventes orgánicos (Matsumura, 1976).

## **Problemas de Contaminación**

Fernández de Castro *et al.* (1982) señalan que hasta hace poco se consideraba que el principal problema de salud en México era el de la presencia de microorganismos y parásitos en agua y alimentos. Debido a esto la presencia de contaminantes químicos en los alimentos no ha sido considerado como prioritario por las dependencias oficiales responsables.

Albert (1996) indica que un factor que ha contribuido al crecimiento de la contaminación en México es el desarrollo industrial; este desarrollo empezó después de la segunda guerra mundial y ha sido llevado sin ningún control ambiental causando extensa contaminación de agua, suelo y aire en algunas áreas.

Recientemente fue publicado un estudio por parte de la Comisión para la Cooperación Ambiental, en que se estiman las fuentes y emisiones de dioxinas en América del Norte con base en un modelo para el transporte a grandes distancias. Donde se estima que la quema de basura representa la mayor contribución a las emisiones de dioxinas en la región. No sólo se determina que el 30 por ciento de estas emisiones se generan en México, sino que se coloca a nuestro país como el mayor emisor de dioxinas en relación con su Producto Interno Bruto (PIB), lo cual muestra que no contamos con la infraestructura necesaria para hacer frente al problema de la basura (Ruiz, 2001).

La contaminación agrícola es causa tanto directa como indirecta de efectos en la salud humana. Según informes de la OMS, los niveles de nitrógeno en el

agua subterránea han aumentado en muchas partes del mundo como consecuencia de la "intensificación de las prácticas agrícolas". Los niveles de nitrato incrementaron en algunos países hasta el punto de que más del 10 por ciento de la población bebe agua con niveles de nitrato superiores a la norma de 10 mg/lit aunque la OMS considera que no hay ninguna vinculación significativa entre el nitrato y el nitrito y los cánceres humanos, la directriz sobre el agua potable se ha establecido con la finalidad de evitar la metahemoglobinemia, a la que están especialmente expuestos los lactantes (OMS, 1993).

De acuerdo con información proporcionada por el INE (1997) son generadas anualmente ocho millones de toneladas de residuos peligrosos (incluyendo a los organoclorados) en todo el país . También según cifras oficiales, sólo el 12 por ciento de esta cantidad se controla "adecuadamente", el problema es agravado por el hecho de que cerca del 90 por ciento de este volumen se encuentra en estado líquido, acuoso o semilíquido, lo que facilita su disposición clandestina (Romo, 1996).

### **Contaminación por Organoclorados**

Los insecticidas organoclorados son sustancias muy estables que se biodegradan muy lentamente. Los metabolitos como el DDE frecuentemente contienen casi tantos átomos de cloro como el compuesto original. En consecuencia, todo el mundo se ha contaminado con estos compuestos; se les encuentra en la lluvia, en la nieve antártica, en el aire, en la grasa de los peces y de otros animales, así como en el cuerpo humano; la universalidad de estos

compuestos es un notable tributo tanto a la estabilidad como a la movilidad de estos compuestos (Ehrlich *et al.*, 1970).

Una de las características realmente graves de los insecticidas organoclorados es su gran capacidad de biomagnificación a lo largo de las cadenas alimenticias ocasionando la muerte de los organismos que están al final de la cadena (Matsumura, 1976).

Mena (1987) afirma que el 50 por ciento de todos los plaguicidas usados en el país son insecticidas, de estos cerca del 50 por ciento son compuestos organoclorados y el 25 por ciento organofosforados, carbamatos o piretroides; además, la mayoría de los plaguicidas usados en el país son para cultivos industriales.

En realidad, los compuestos organoclorados parecían no tener efectos dañinos algunos sobre el medio ambiente, hasta los años de los 50's cuando algunos médicos empezaron a preocuparse por la aparición de estos compuestos, especialmente cuando se encontraron en la leche de las vacas, después de que estos animales habían ingerido alimentos que habían sido tratados con insecticidas organoclorados (Cremllyn, 1995).

El periodo culminante de la campaña de control del paludismo durante los años sesenta, se aplicaron anualmente: 66,000 ton de DDT, 4,000 ton de dieldrin y 500 ton de  $\gamma$ -HCH (Cremllyn, 1995).

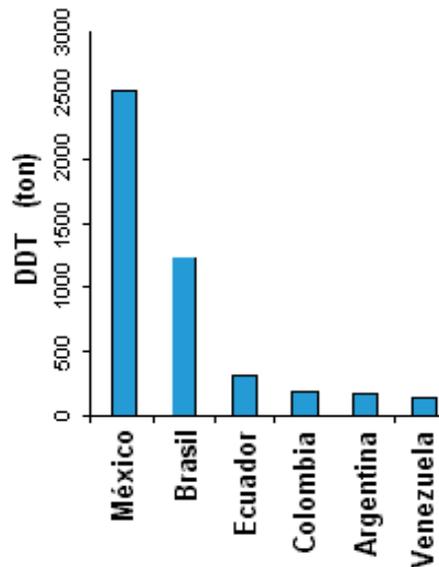
Albert (1990a) menciona que de acuerdo a información disponible los hidrocarburos clorados constituyen el principal problema de contaminación ambiental en los alimentos en México. El resultado que predominen estos compuestos seguramente resulta del amplio uso en el pasado y presente de plaguicidas organoclorados en el país, en 1987 estos productos constituían cerca del 25 por ciento del total de los plaguicidas usados (Mena, 1987). Posiblemente el siguiente gran grupo de contaminantes de alimentos en México sea el de los plaguicidas organofosforados, su presencia en alimentos se debe a varias deficiencias en prácticas agrícolas prevaletentes, como el uso de plaguicidas no autorizados en algunos cultivos, el uso de plaguicidas en mayor cantidad que lo permitido y el de cosechar antes de los límites de seguridad establecidos para ese fin (Albert, 1990a).

### **Los organoclorados en América Latina**

Los datos sobre la extensión del uso de los plaguicidas organoclorados en el ambiente global están muy limitados. Un proyecto sobre los usos globales de los plaguicidas organoclorados ha reportado que muchos países no guardan registros de los plaguicidas, mientras que en otros países, esa información es confidencial (Voldner y Li, 1995).

El uso generalizado del DDT fue tan grande en los años 90's como lo fue en los 70's. En algunos países de América Latina se sigue usando DDT para controlar la malaria. La figura 2.1 muestra el extenso uso del DDT para los años 1993/4, en donde México es el mayor usuario. Recientemente se ha informado que México planea reducir el uso de DDT durante los próximos 5 años, y eliminarlo para el 2007 (Smith, 1999). En Brasil, el DDT es utilizado contra la malaria y contra termitas para la protección de la madera; así como también son utilizados el aldrin, heptacloro epóxido y dieldrin contra las hormigas y termitas (Torres *et al.*, 1997).

Albert (1996) señala que por lo menos para México, la investigación de contaminantes persistentes en diferentes medios nunca ha sido una prioridad para las autoridades mexicanas científicas y tecnológicas. Por lo tanto, la mayoría de los científicos investigadores tienen poco interés en esto, lo que, a la vez causa una falta de información suficiente y confiable.



**Figura 2.1 El DDT utilizado en programas de prevención de malaria en algunos países de América Latina 1993-1994 (López-Carrillo *et al.*, 1996).**

Ongley (1997) cita que el uso de plaguicidas en los países en desarrollo es sumamente variable, oscilando desde la inexistencia en grandes zonas de África, hasta aplicaciones sumamente elevadas en las zonas de agricultura intensiva del Brasil y plantaciones de América Central.

Ongley (1997) menciona que los efectos ecosistémicos causados por los plaguicidas organoclorados, como el DDT, se han comprobado con claridad y el resultado ha sido la prohibición de estos compuestos para fines agrícolas en muchas partes del mundo. Si bien el programa de "información y consentimiento previos" de la FAO y el Registro Internacional de Productos Químicos Potencialmente Tóxicos (RIPQPT) son un primer paso importante para reducir los abusos y usos indebidos de los productos químicos agrícolas que continúan

siendo un grave problema en numerosos países, sobre todo de América Latina, Asia y Europa Oriental.

### **Los organoclorados en México**

La malaria y el paludismo en México han constituido históricamente un gran problema de salud pública. En los años 40's y 50's la malaria era una de las principales causas de muerte, alcanzando las 24,000 muertes anuales y afectando a 2.4 millones de individuos (Ministerio de Salud, 1996).

Por este motivo, a finales de los años 40's se iniciaron aplicaciones intradomiciliarias selectivas de DDT en zonas urbanas y rurales, con resultados que reforzaron la propuesta de erradicación presentada por México en 1955. Aunque los resultados de la campaña nacional de erradicación de malaria no fueron logrados, la transmisión del vector fue interrumpida, disminuyó drásticamente la mortalidad de la población, y fueron lanzadas otras iniciativas para localidades de difícil acceso (Ruiz, 2001).

La introducción del DDT en México siguió el mismo patrón que en muchos otros países; fue introducido a gran escala durante los años 50's, a lo que siguió un uso extensivo en la agricultura, especialmente en el cultivo del algodón. En algunas áreas de gran extensión se emplearon hasta 1,000 ton/año, y su uso en la región de La Laguna se encontraba dentro de los más elevados a nivel mundial. El

DDT ha sido sin duda el plaguicida más utilizado en la República Mexicana (Vega, 1997 ).

En 1968 la producción de DDT a cargo de la empresa Fertimex fue controlada por el gobierno; fue también la época cuando se alcanzó la mayor producción de plaguicidas organoclorados en México con más de 80,000 ton anualmente. Esta empresa fue privatizada en 1991 continuándose la producción y exportación de DDT ahora a cargo de Tekchem, quien estuvo obligada a satisfacer la demanda de la Secretaría de Salud. La producción controlada del DDT se tradujo en una mayor disponibilidad y bajo costo. Sin embargo, la producción se mantuvo en alrededor de 25,000 ton/año (Ruiz, 2001).

A principios de los años 70's, la FDA empezó a rechazar diversos productos alimenticios producidos en México por su elevado nivel de químicos, y en especial de DDT el cual prohibieron en 1972 (Bejarano, 2000).

En 1987 diversas Secretarías de Estado se reunieron para conformar la CICOPLAFEST, la cual prohibió el uso en México de 6 plaguicidas organoclorados y el uso del DDT fue fuertemente restringido a campañas sanitarias con alrededor de 3,000 ton/año. A partir de entonces la producción de compuestos clorados ha experimentado un constante descenso (Ruiz, 2001).

En el Plan de Acción Regional de América del Norte para el manejo del DDT, adoptado en 1996, nuestro país se ha comprometido a reducir su uso en el

combate contra el paludismo en un 20 por ciento anual, llegando a un 80 por ciento para el año 2001 y lograr su eventual eliminación en el 2006 o antes, siempre y cuando se encuentren opciones disponibles y eficaces para el control de vectores (Bejarano, 2000).

### **Los organoclorados en el suelo**

Aproximadamente del 85-90 por ciento de los plaguicidas aplicados a la agricultura nunca alcanzan a los organismos, pero se dispersan a través del aire, suelo agua y biota (Moses, 1993).

McEwen *et al.* (1979) menciona que los factores que influyen en el comportamiento y destino de los plaguicidas en el suelo son diversos, entre los principales está: la adsorción a las arcillas y a la materia orgánica, lixiviación hacia los mantos freáticos, volatilización, concentración en organismos del suelo o en plantas, movilización a través del escurrimiento superficial o en la erosión del suelo, degradación microbiana, química y fotolítica.

La naturaleza química del plaguicida y el tipo de suelo es de interés primario, si vamos a predecir los posibles efectos ambientales o si queremos maximizar en forma eficaz la reacción del suelo con el plaguicida, es fundamental entender los procesos físicos y biológicos del suelo. Desde un punto de vista ambiental, es más importante entender los fenómenos de adsorción y desorción,

puesto que éstos tienen mayor influencia sobre otros procesos que determinan el eventual destino de los plaguicidas (McEwen *et al.*, 1979).

La adsorción se ve afectada por varios factores de los cuales, los más importantes son las propiedades del compuesto contaminante, como: la estructura molecular, carga, polaridad y la solubilidad; y de las propiedades del suelo, como: el contenido de arcillas, compuestos orgánicos, pH, humedad y la temperatura; por lo general, un aumento en temperatura o de humedad del suelo se traduce en una menor adsorción del contaminante (Shoroeder, 1999).

La estructura del plaguicida determina el balance de adsorción, por influencia directa en su afinidad con la MO o la arcilla, o por influencia directa de su solubilidad o afinidad a la solución del suelo. Muchos investigadores generalizan, pero no precisan la correlación inversa entre la solubilidad del plaguicida y la adsorción. Ware y Upchurch (1965) en una investigación sobre la adsorción de una serie de compuestos relacionados con los carbamatos encontraron que el 60 por ciento de la variación en adsorción pudo haberse atribuido a los efectos de la estructura sobre la solubilidad, mientras que la variación se debió a los efectos de la estructura sobre la directa afinidad del químico a la adsorción.

La adsorción es usualmente más alta en suelos ácidos. Dentro de rangos normales, un ligero incremento en la acidez del suelo puede convertir plaguicidas cargados negativamente (aniones) a moléculas sin carga o cationes cargados

positivamente, incrementando dramáticamente su adsorción. Sin embargo, cuando los suelos son extremadamente ácidos, muchos sitios de intercambio son ocupados por cationes hidrógenos, y la adsorción del plaguicida es muy baja a causa de la falta de sitios negativos. La adsorción es también muy baja a pH's extremadamente altos, particularmente para plaguicidas que pueden transformarse en aniones, puesto que los aniones no son atraídos a sitios de carga negativa del suelo (McEwen *et al.*, 1979).

La adsorción de compuestos orgánicos apolares por los suelos muestra una alta correlación con el contenido de materia orgánica, mientras que otros autores indican que la adsorción baja cuando se incrementa la temperatura hipotetizando que tal fenómeno se debe al incremento del movimiento del agua, la evaporación, degradación además porque la adsorción es exotérmica (Hassett *et al.*, 1980).

En un estudio sobre la adsorción del lindano en cuatro suelos, se encontró que el equilibrio de adsorción se da en menos de 2 h en los suelos minerales mientras que en los orgánicos fue > 10 h. Los porcentajes de adsorción fueron de 97.74 por ciento en suelo limo arenoso, 98.07 por ciento al suelos limoso, 98.27 por ciento al arena limoso y 99.89 por ciento al arcilloso. Esto se sustenta con otros estudios que indican que la adsorción del lindano ocurre casi completamente sobre la MO (Wahid, 1980). Así mismo Spencer (1970) indica que la adsorción del lindano baja con un incremento en la temperatura del suelo.

La alta insolubilidad de los insecticidas organoclorados, tales como el DDT y dieldrin que tienden a persistir, no son lixiviados, localizándose a pocas pulgadas de la capa superior de los suelos agrícolas. De acuerdo a estudios realizados en seis huertos de manzano en el oeste de New York, de la aplicación de 259 lb de DDT/acre, el 70 por ciento de los residuos de DDT se localizaron a 2 pulgadas de la superficie del suelo, a pesar de la pequeña cantidad de DDT que había sido aplicado, 13 años antes de la fecha de muestreo (Kuhr *et al.*, 1974).

Las condiciones de humedad y sequedad con altos contenidos de MO ó arcilla, normalmente resultan en una muy pequeña pérdida por volatilización de los plaguicidas, aún en los suelos menos densos. En una serie de estudios para evaluar la volatilidad de cierto número de plaguicidas incorporados en un suelo arenoso húmedo, reportaron pequeñas cantidades de volatilización del DDT,  $\gamma$ -clordano, dieldrin, endrin, heptacloro epóxido pero se tuvo una evidencia marcada de volatilidad con aldrin y heptacloro (Harris y Mazurek, 1966).

Cuando las moléculas de suelo son removidas ya sea por la erosión eólica o hídrica, las moléculas del plaguicida adheridas pueden ser transportadas a través de ellas. Ningún plaguicida aplicado al suelo es inmune a este tipo de transporte (McEwen *et al.*, 1979). Más sin embargo, el endosulfan no se considera ser sujeto al lavado físico, de acuerdo a estudios reportan consistentemente que el 90 por ciento de los residuos se localiza de 0-15 cm, el nueve por ciento de los 15-30 cm y el uno por ciento a la profundidad de 30 a 45 cm (Stewart, 1974).

Muchos plaguicidas se disipan rápidamente en los suelos; se trata de un proceso de mineralización y el resultado es la conversión del plaguicida en compuestos más simples, como  $H_2O$ ,  $CO_2$  y  $NH_3$ . Si bien parte de este proceso es resultado de reacciones químicas, por ejemplo hidrólisis y fotólisis, el principal instrumento de mineralización es el metabolismo y catabolismo microbiológico. La microbiota del suelo utiliza los plaguicidas como fuente de carbono y otros nutrientes. Algunos productos químicos, como el 2,4-D, se descomponen muy rápidamente en el suelo, mientras que otros resisten durante más tiempo (2,4,5-T) Stephenson y Solomon (1993).

Calamari y Barg (1993) indican que la persistencia de los clorados está determinada por procesos bióticos y abióticos de degradación. Los procesos bióticos son la biodegradación y el metabolismo; los procesos abióticos son fundamentalmente la hidrólisis, fotólisis y oxidación.

El insecticida metoxicloro aparentemente no se acumula en las grasas ya que, a diferencia de la mayoría de los compuestos organoclorados, se biodegrada por medio de la demetilación oxidativa (Cremlyn, 1995).

Puesto que el dieldrin es producto de la degradación del aldrin, esta conversión es mucho más lento en suelos que son altos en materia orgánica. Maclang (1967) menciona que 4.5 años después de la aplicación de aldrin, la concentración de dieldrin fue de 54.8 por ciento de la concentración inicial de aldrin en suelo orgánico y 88.1 por ciento en suelos arenosos. Adicionalmente el

dieldrin es más persistente en suelos con alto contenido de materia orgánica. La degradación del dieldrin es menor debido a la estabilidad de la estructura de los átomos de cloro. Con una dosis de 1-3 lb/acre de dieldrin, el 95 por ciento desaparece de 5 a 25 años (Wingo, 1966).

El dieldrin se considera inmóvil con pequeños movimientos laterales en el suelo y con movimiento vertical no significativo en suelos arcillosos ni en los arenosos aunque se presentan pequeños movimientos hacia la superficie del suelo, pudiendo influir la volatilización (Wingo, 1966). En un suelo aluvión se reportó que la volatilización se correlaciona directamente con el contenido de agua en el suelo y una correlación inversa con la pérdida de agua del suelo.

La persistencia del lindano es del orden siguiente:  $\beta > \gamma > \delta > \alpha$  (Queensland, 1972) y su disipación en suelo arenoso cultivado se ha reportado como:  $\alpha > \gamma > \delta > \beta$  (Suzuki, 1975). Fuhremann (1980) menciona que en suelos limosos y arenosos, al incrementar la MO resulta en un incremento de la persistencia (Cuadro 2.3). La degradación es más lenta bajo condiciones alcalinas. Yule (1967) indica que la declorinación del lindano ocurre en suelos húmedos ácidos a neutros.

**Cuadro 2.3 Concentración (ppm) de insecticidas en tres suelos Hawaianos después de siete años de la aplicación de plaguicidas organoclorados. (Bees, 1970 y Agnihotri, 1977).**

Insecticida	Limo arenoso		Arcilloso	
	aplicado	encontrado	aplicado	encontrado

$\gamma$ -HCH	379	0.66	402	0.90
Heptacloro	474	3.88	503	5.23

Kahn (1980) menciona que el heptacloro desaparece del suelo en un 95 por ciento en un periodo de 3-5 años. De acuerdo a un estudio de nueve años con aplicaciones de 10 y 100 lb de i.a./acre, el 70 por ciento de la aplicación desapareció en tres años, seis años después no hubo presencia de heptacloro y a ocho años el siete por ciento de la aplicación original se presentó en la forma de epóxido en los suelos sin cultivo mientras que en los suelos cultivados fue menor a uno por ciento; para el segundo tratamiento dio resultados similares, ya en tres años desaparece el 75 por ciento, en siete años se presentó menos de 10 por ciento de heptacloro más el epóxido y a ocho años no se presentó heptacloro excepto 4-5 por ciento de epóxido (Wingo, 1966). Otros autores indican la presencia de residuos a los 15 cm de profundidad en la forma oxidada.

La transformación del endosulfan a sus isómeros  $\alpha$  y  $\beta$  se da en una relación 4:1 y es rápida y completa. Rao (1980) menciona que en la aplicación de endosulfan a un suelo limo arcilloso húmedo y seco, la pérdida inicial del insecticida fue mayor para el suelo húmedo; sin embargo, después de 30 días todos los tratamientos fueron iguales. A un alto tratamiento para el suelo seco el endosulfan se convirtió a la forma de endosulfan sulfato en 50 días, y a bajas dosis la degradación se dio en cinco días, mientras que en el suelo húmedo se dio a los 15 días, así pues, la persistencia la determina la concentración inicial.

## Los organoclorados en las plantas

Los plaguicidas son ampliamente usados en la agricultura, para asegurarse de alcanzar los objetivos de producción y de calidad; inevitablemente, algunos residuos permanecen en los cultivos de consumo, cuando se utilizan estos métodos (Dejonckheere *et al.*, 1996).

Dennis y Edwards (1964) mencionan que poco después de que los insecticidas organoclorados fueran usados por primera vez en el suelo, se encaminaron muchos estudios para determinar si sus residuos fueran o no fitotóxicos a las plantas; muchos de estos estudios mostraron que en pocas excepciones los residuos de insecticidas en el suelo no afectan el rendimiento de los cultivos, excepto en muy grandes cantidades, en realidad algunos de los insecticidas en el suelo estimulan el crecimiento. Así pues, es improbable que los residuos acumulados en el suelo sean directamente peligrosos en el desarrollo de los cultivos, aunque puedan acumularse ciertas cantidades de residuos en las plantas.

Probablemente uno de los primeros reportes de residuos de insecticidas organoclorados en plantas las realizó Starnes en 1950, quien reportó residuos de HCH's en tubérculos de papa (Edwards, 1975). En 1980 autoridades de salud en el laboratorio de Irapuato detectaron DDT, dieldrin, heptacloro y lindano en 500 muestras de cultivos de fresa (SARH, 1980).

Beestman *et al.* (1969) estudió la translocación del dieldrin del suelo a través del tejido de las plantas de maíz y encontró que de 70 a 90 por ciento del dieldrin total en las plantas se presentó en los tallos de bajo del primer nudo; eventualmente se translocó una cantidad apreciable a la mazorca. Algunos reportes típicos sobre residuos en tubérculos (Cuadro 2.4) han sido discutidos por Lichtenstein (1959 y 1968).

**Cuadro 2.4 Translocación de insecticidas organoclorados del suelo al tubérculo de papa en ppm (Lichtenstein, 1959/1968).**

Insecticida	Suelo	Cant. en suelo (peso seco)	Cant. en tubérculo (peso fresco)	Factor de concentración
Aldrin	Arcilloso	0.94	0.07	0.074
BHC	Arenoso	3	0.62	0.207
DDT	Arenoso	24.8	1.63	0.066
Heptacloro	Arcilloso	0.49	0.05	0.102

En general los residuos tienden a concentrarse más en las frutas con cáscara y en los cultivos de raíz. Por ejemplo Saha y Stewart (1967) reportaron 0.15 ppm de heptacloro y 0.06 de epóxido de heptacloro en la cáscara del nabo de Suecia comparado con únicamente 0.002 ppm en la pulpa.

### **Los Organoclorados en el agua y en los sedimentos**

Los plaguicidas que no son encontrados en los suelos, en las plantas y en los animales, pueden drenar o escurrir hasta alcanzar ríos y lagos, y de estos moverse a los productos alimenticios acuáticos; como en el caso de los

organoclorados que han sido detectados en ríos de Tanzania, Colombia, Indonesia, Malasia, China y Tailandia a niveles que indican “daños severamente potenciales” (Eghoka y Meybeck, 1989).

A menudo, los contaminantes orgánicos persistentes (COP) han sido detectados en sistemas del océano abierto. Se piensa que los procesos de transporte atmosférico son responsables de entre 80-99 por ciento de las cargas encontradas en océanos grandes como el Atlántico o Pacífico. En general, el transporte fluvial es un factor menor, que impacta principalmente en las áreas costeras (Bidleman, 1999).

La escasez de información sobre los niveles de DDT en el ambiente acuático en México es digna de mencionarse dado que el DDT, así como otros plaguicidas organoclorados, ha sido vastamente usado por un largo tiempo tanto en la agricultura como en programas de salud pública (Albert ,1996) quién señala que el agua subterránea es una fuente esencial para las grandes poblaciones en México y todavía la literatura está virtualmente desprovista de información relevante respecto a su contaminación. Por su parte Cabrera (1995) reportó que el agua subterránea de la Península de Yucatán en México, estaba contaminada por los residuos de los plaguicidas organoclorados persistentes como el 2,4,-D y 2,4,5-T. Señalando que este es un caso particularmente serio de contaminación ambiental, ya que el agua es la única fuente de agua para beber en la región y puede estar contaminada irreversiblemente. En otro estudio, se reportó que en la Ciudad de México, la mayor parte del agua para beber es extraída de un acuífero

subterráneo el cual está amenazado por contaminación de diversas fuentes; y que en el noroeste de México, de acuerdo a un estudio publicado en 1977 documentó altas concentraciones de DDT en un sistema de drenaje agrícola, con una media de 540 ng/l (ppt) (Albert y Armienta, 1977).

Por otra parte se han detectado altos niveles de DDT en peces en un estudio de siete especies de peces tomados del Río Blanco y de las lagunas costeras de La Camaronera y Alvarado en el estado de Veracruz, México (Albert *et al.*, 1988). Indicando que la contaminación de peces sucedió como consecuencia del vasto uso del DDT para controlar enfermedades transmitidas por vectores en las regiones costeras. Un estudio más reciente en la laguna costera en el estado de Chiapas, México, también encontró DDE, heptacloro y heptacloro epóxido en tejidos de peces; por otra parte se encontró que los crustáceos (bivalvos) de tres lagunas costeras en el Golfo de México contenían niveles relativamente bajos de DDT con una concentración media más alta de 5.6 ppb (Vázquez-Botello, 1995).

Un estudio realizado en nuestro país también reveló la presencia de dieldrin con una concentración media de 27 ppt (Albert y Armienta, 1977) y los niveles de aldrin y endrin eran señalados como superiores a los niveles permitidos para descargas en estuarios en México.

Se ha detectado DDT en sedimentos de lagunas del noroeste de México (Albert, 1996). En la laguna de Términos, se detectaron hasta 17.67 ppb de DDE.

Este es uno de los más altos valores reportados para un compuesto de DDT en el noroeste de México, aunque en el sistema cercano de lagunas Huizache-Caimanero se encontraron 16.4 ppb de DDT (Cuadro 2.5).

Un estudio de organoclorados en los sedimentos de un sistema de lagunas que drena al Golfo de México, reportó que el DDT era el plaguicida organoclorado más abundante con 2.24 ppb (Cuadro 2.5) Albert, (1996). Desafortunadamente, no se encontraron estas bajas concentraciones de residuos en forma consistente. Cerca de la estación nucleoelectrica de Laguna Verde, un área donde se ha usado el DDT para el control de vectores, se detectó DDT en los sedimentos, en concentraciones de hasta 16,600 ppb, siendo el contaminante que se encontró en mayores concentraciones (Albert, 1996). Este es el valor más alto reportado para el DDT en la documentación de contaminantes persistentes en los sedimentos de América Latina.

En un estudio en muestras de sedimento tomadas de la cuenca del Río Palizada en el Golfo de México reportó que el aldrin, dieldrin, endrin, heptacloro y lindano eran detectables en algunas muestras (Gold-Bouchot *et al.*, 1993 y 1995). En los sedimentos de lagunas y ríos de la costa del estado de Chiapas, el aldrin fue el principal plaguicida identificado en las muestras (150.71 ppb) junto con el heptacloro y el epóxido de heptacloro (Vázquez-Botello 1995).

**Cuadro 2.5 Concentraciones e intervalos de concentraciones de DDT y sus metabolitos en el sedimento de áreas costeras de México. (ppb).**

Área	DDD	DDE	DDT	Total	Referencia
Laguna de Termitos	0-0.55	0-17.67			Paez-Osuna <i>et al.</i> 1998.
Laguna de Termitos	0.45-0.55	0.24-17.67			Gold-Bouchot <i>et al.</i> 1993.
Laguna Huizache-Caimanero				16.4	Albert 1996.
Laguna del Carmen		0.15	1.47		Albert 1996.
Laguna Machona		0.26	1.47		Albert 1996.
Laguna Alvarado		1.78	2.24		Albert 1996.
Laguna Verde			16,600		Albert 1996.
Yávaros				7.62	Albert 1996.
Rio Palizada				0.37-1.45	Gold-Bouchot <i>et al.</i> 1995.
Bahia de Chetumal				1.43	Norena-Barroso <i>et al.</i> 1998.

## Los organoclorados en el aire

Algunos plaguicidas volátiles también alcanzan la atmósfera superior y son transportados a cientos y miles de km por el viento, y posteriormente tienden a caer en cuerpos de agua para formar parte de la cadena de los productos acuáticos ya conocidos. Existen reportes de estos transportes que vienen de Norte América, Asia, África, Oceanía, Europa y Siberia, y los niveles de organoclorados en el ambiente acuático se correlacionan estrechamente con los niveles aplicados en áreas cercanas (Iwata *et al.*, 1993); así mismo, se cita que las concentraciones de organoclorados en el aire de la Antártida, como los  $\gamma$ -HCH y clordano, podían ser influenciadas por el transporte a larga distancia en las corrientes de aire provenientes de América Central y del Sur.

Un estudio de 1980 informó que las concentraciones de compuestos tipo DDT en aire del Golfo de México eran similares a las reportadas para el aire en el Atlántico Norte (Giam *et al.* , 1980). De hecho, las concentraciones de organoclorados en el aire sobre los océanos del norte y del sur, han permanecido constantes aún en años recientes a pesar de las prohibiciones en su uso en casi todo el Hemisferio Norte (Loganathan y Kannan, 1994). La presencia de DDT en la atmósfera del Golfo de México, a pesar de haber sido prohibido hace varios años en casi todos los países que lo rodean, sugirió que continuaba el movimiento de compuestos derivados del DDT desde las áreas contaminadas (Cuadro 2.6).

**Cuadro 2.6 Medias de la concentración de contaminantes tipo DDT y plaguicidas clorados en el aire del Golfo de México y el Mar Caribe en  $\text{pg m}^{-3}$  (Iwata *et al.*, 1993).**

Área	DDE	DDT	DDE+DDT	$\alpha$ -HCH	$\gamma$ -HCH	Total HCH	Trans-Nonaclor	PCB
Mar Caribe	6.4	4.6	13	96	27	120	0.2	320
Golfo de México	9.1	22	48	61	16	78	< 0.2	160

### Los organoclorados en los animales

Los efectos ecológicos de los plaguicidas van más allá de los organismos individuales y pueden afectar a los ecosistemas. Según estudios realizados en Suecia, la aplicación de plaguicidas es uno de los factores que más influyen en la biodiversidad. Jonsson *et al.* (1990) informan que el continuado descenso de la población de perdices suecas está vinculada a los cambios en el aprovechamiento de la tierra y a la utilización de medios químicos de lucha contra las malas hierbas.

En esos estudios se indica también que los plaguicidas influyen negativamente en los microorganismos del suelo que son causantes de la degradación microbiana (Torstensson, 1990).

Una revista de la literatura de organoclorados en aves mexicanas (Mora, 1997) señala que Kiff *et al.* (1980) fue el primero en investigar el adelgazamiento del cascarón del huevo de aves de presa en México. Este estudio informó que los cascarones de huevo de los halcones murciélago (*Falco ruficularis*) y otros halcones (*Falco femoralis*) recogidos en el noreste de México de 1954 a 1967 eran 18 y 25 por ciento más delgados respectivamente que los cascarones de huevo recogidos en 1947; esto es, antes de que se hubiera usado el DDT. Se encontró que todos los cascarones de huevo contenían residuos de DDT, químico asociado con el adelgazamiento del cascarón. Para 1977, los cascarones de huevo de halcones en el estado de Veracruz, en México, aún tenían altos residuos de DDE con una media de 14.8 µg/g (ppm) en peso húmedo, estimando un cinco por ciento en lípidos, lo que sugiere que una seria contaminación por DDT tuvo lugar en México aún a finales de los años 70's. Otra investigación realizada en los huevos de varias aves de presa mexicanas, recolectados entre mediados de los años 50's y 70's, reveló la presencia de otros plaguicidas organoclorados en los huevos, incluyendo el clordano, oxiclordano y heptacloro epóxido (Albert, 1996).

Entre los efectos del DDT y otros insecticidas organoclorados está el de reducir el grosor promedio de los cascarones de los huevos de las aves,

probablemente es el resultado de la interferencia del metabolismo del calcio. Los estudios acerca del grosor del cascarón de las aves depredadoras muestran una clara disminución del grosor durante el periodo de 1945-47, cuando se introdujo el DDT en el medio ambiente (FAO, 1972).

### **Los organoclorados en los alimentos**

Los estándares de calidad de los productos alimenticios de los países en desarrollo no son tan rigurosos ni están en vigor como aquellos del mundo industrializado, y los residuos de plaguicidas frecuentemente se detectan en productos agrícolas. Tal es el caso de la detección de residuos de DDT, endrín y lindano entre otros, a un porcentaje de 25 a 88 del total de los productos de consumo muestreados en las ciudades de Alejandría, Behera, Gharbia, Dakhliá y otros (Abdel-Gawaad, 1990); en Brasil el 13.6 por ciento de las frutas y el 3.7 por ciento de los vegetales excedieron los límites tolerables (Henao, 1993).

Existen estudios que desde 1973 han constatado la presencia de organoclorados en carne de pollo, huevo, derivados lácteos, leche materna y tejido adiposo humano en nuestro país (Albert, 1980 y 1981). Otros estudios comprobaron la presencia de residuos de p-p' DDT y su metabolito p-p' DDE en 90 por ciento del huevo comercializado en las ciudades de México, D.F. y Torreón, Coah. (Albert *et al.*, 1976). En otro estudio realizado por el mismo grupo se demostró la presencia de entre dos y ocho organoclorados en 30 muestras de

quesos provenientes de 11 ciudades mexicanas, siendo el promedio de cinco organoclorados por muestra (Albert *et al.*, 1978).

A causa del abuso en el empleo de los plaguicidas en la región Lagunera de México se hallaron residuos de DDT en la leche bobina de 2.56  $\mu\text{g/g}$  sobrepasando los estándares de tolerancia ( Albert, 1990a). En la región de Soconusco del estado de Chiapas y las ciudades de Argentina de Santa Fé y Rosario, también se encontraron muestras de residuos de plaguicidas en mantequilla y queso (Lenardon, 1994; Albert, 1988).

Eventualmente, el conjunto de plaguicidas tóxicos forman parte de insumos alimenticios tales como: semillas, azúcar, harina y aceite contaminados con plaguicidas almacenados o en transporte (WHO, 1990), incluyendo también: el pescado, carne, productos lácteos, cereales y vegetales, como en el caso siguiente en donde el DDT y/o sus metabolitos se detectaron en 100 por ciento de las muestras de carne analizadas en México (Waliszewski *et al.*, 1997a). La media total del DDT sumó 2,545 ppb. Las últimas recomendaciones de la comisión de códigos alimentarios han introducido un límite menor de 500 ppb en grasa (FAO/OMS 1998). Las muestras de carne mexicana, por lo tanto, mostraron una concentración media cinco veces superior al límite recomendado.

El total de la carga de HCH encontrada en 165 muestras de carne tomadas en Veracruz, México, tuvieron una media de 728 ppb, concentración superior a los

límites de la FAO y la OMS (Waliszewski *et al.*, 1997a), es especialmente alarmante, pues indica una contaminación bovina generalizada en esta región de México.

Albert (1990b) menciona que los quesos de dos regiones de México estaban altamente contaminados con DDT y sus metabolitos, cuando la producción de lácteos se iniciaba en tierras previamente usadas para el cultivo de algodón. El total de los residuos de DDT se calcularon en 1420 ppb en las muestras de una región. Indicando que estos residuos eran mucho mayores al nivel máximo recomendado de 1000 ppb para el queso, como lo establece la OMS. El límite máximo reportado de residuos para este insecticida, en el queso ha sido reducido desde entonces a 50 ppb en grasa.

La leche en México también mostró altos residuos de heptacloro. Un estudio realizado en Veracruz, México, encontró que los residuos de  $\alpha$ -HCH eran detectables en 92 por ciento de las muestras examinadas, en una concentración media de 15 ppb. 63.3 por ciento de las muestras de leche contenían  $\beta$ -HCH en una concentración promedio de 49 ppb. También se detectó lindano ( $\gamma$ -HCH) en el 80 por ciento de las muestras a una concentración media de 30 ppb. El total de compuestos HCH en la leche fue de 94 ppb, cerca del límite de tolerancia de la FAO/OMS vigente de 100 ppb (Waliszewski *et al.*, 1997b). Este límite ha sido reducido desde entonces a 10 ppb (FAO/OMS, 1998). La presencia de estos compuestos en productos lácteos era resultado del uso de lindano en Veracruz

como un plaguicida para programas de control de vectores de ganado, y/o para el control de plagas agrícolas (Waliszewski *et al.*, 1997).

### **Efectos de los organoclorados en los Humanos**

Los estudios en tejido humano han mostrado una tendencia a la baja del DDT en los países donde se ha impuesto una prohibición en el uso de este compuesto desde los años 70's. Los niveles de clordano y HCH también han disminuido. Sin embargo, los datos disponibles muestran que desde la década de los 60's y 70's no ha habido una disminución significativa en los niveles de DDT y HCH en los tejidos de humanos en la India, un país donde se sigue usando el DDT (Allsopp *et al.*, 2000).

El programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente PNUMA (1993) vinculó los efectos de los plaguicidas al nivel de morbilidad oncológica (cáncer), pulmonar y hematológica, así como a las deformidades congénitas y deficiencias del sistema inmunitario.

En un estudio reciente de Wang y Lin (1995) sobre fenoles, se comprobó que la tetraclorohidroquinona, metabolito tóxico del biocida pentaclorofenol, producía en el ADN daños significativos dependiendo de la dosis.

Según estudios realizados por el Centro para la Ecología y la Salud Humana en países de América Latina concluyen que el patrón de los residuos encontrados en tejido del cuerpo humano es similar; presentándose frecuentemente niveles altos de DDT y sus metabolitos, seguidos por HCH, dieldrin y heptacloro epóxido. Así mismo indican que los niveles de compuestos organoclorados, particularmente DDT, en la leche materna es alta y frecuentemente rebasa los límites permisibles (Henao, 1993).

Otros estudios han hallado lindano, clordano y HCH, así como sus metabolitos, en sangre proveniente del cordón umbilical, suero y leche humana en Veracruz, Campeche y gran parte de la región del Golfo de México y el sur del país, donde tanto el cultivo extensivo como las campañas sanitarias han promovido el empleo masivo de plaguicidas, entre ellos los clorados, en la región (Waliszewski *et al.*, 1999).

Otro estudio sobre la presencia de organoclorados en leche materna recolectada de 620 madres de la ciudad de México, pudo constatarse que una alta proporción de la población está acumulando estas sustancias o sus metabolitos. Así mismo, se encontró una correlación directa entre la exposición y el nivel socioeconómico, a mejor condición socioeconómica mayores niveles de plaguicidas (Ordóñez, 1977).

Un estudio reciente en México reportó extraordinarias diferencias entre el desarrollo psicomotriz de niños que habían sido expuestos a plaguicidas agrícolas

en comparación a niños con una exposición mínima a éstos. En este estudio realizado a niños de cuatro y cinco años del valle del Yaqui, los niños cuyas madres presentaron presencia de aldrin, endrin, dieldrín, heptacloro y DDE en leche materna y sangre del cordón umbilical también presentaron una disminución de la coordinación, memoria reducida e inferioridad en pruebas físicas en comparación con los niños menos expuestos (Gillette *et al.*, 1998 y WWF, 1999). Recientemente la OMS (1996) informó que las mujeres mexicanas son las que tienen mayores niveles de DDT en leche materna al nivel mundial, y de éstas, las sinaloenses ocupan el primer lugar.

El DDT y sus metabolitos DDE y DDD son encontrados comúnmente en muestras de tejido humano, y han sido reportados como el contaminante más difundido en la leche humana. En muchos países, a pesar de ser prohibidos hace varios años, los compuestos del DDT continúan encontrándose en tejidos humanos, demostrando la notable persistencia biológica de este químico; los isómeros p,p'-DDT y p,p'-DDE son los mayores contribuyentes al total de las concentraciones de DDT en la leche materna; los otros isómeros se hacen presentes a niveles mucho más bajos (Sonawane, 1995).

En una base global, los niveles de DDT mayores a una ppm en la leche humana deben ser considerados como altos y dichos niveles sólo han sido registrados en pocos países. Los niveles de DDT reportados para la leche humana en México son de 1.27 ppm, (Waliszewski *et al.*, 1996), son por lo tanto, relativamente altos.

Similarmente, tomando en cuenta los niveles mundiales de DDE, los niveles mayores a 2.5 ppm en la leche humana deben ser considerados relativamente altos. Por lo tanto, los estudios en América Latina indicaron que los niveles de DDE tanto en Brasil fueron de 2.53 ppm, (Beretta y Dick, 1994), y en México de 5.01 ppm, (Waliszewski *et al.*, 1996) son altos.

Un estudio en los impactos del DDT durante el período de lactancia en las mujeres de la Comarca Lagunera al norte de México, encontró niveles particularmente altos de DDE en la leche materna (Gladden y Rogan, 1995). De las 229 mujeres estudiadas, 55 por ciento tenía niveles de DDE entre 2.5 - 7.5 ppm, 23 por ciento tenía niveles de 7.5- 12.5 ppm y nueve por ciento tenía niveles similares o mayores a 12.5 ppm.

### **Contaminación y transporte global de los Organoclorados**

Muchos organoclorados se han vuelto ubicuos en el ambiente y pueden ser detectados en niveles considerables aún en regiones remotas como el Ártico y el Antártico (Bidleman *et al.*, 1993, Iwata *et al.*, 1993). La contaminación de estas regiones sucede como consecuencia del transporte a gran distancia de los clorados en las corrientes de aire. La hipótesis que explica cómo los organoclorados se mueven de regiones cálidas (el ecuador) a áreas polares es conocida como la destilación global o fraccionamiento global. Esto es debido a que

una vez liberados al ambiente, los químicos parecen fraccionarse con la latitud, según su volatilidad, mientras se condensan a diferentes temperaturas (Wania y Mackay, 1993 y 1996).

Los organoclorados con una alta volatilidad como el  $\alpha$ -HCH y el  $\gamma$ -HCH pueden migrar más rápido hacia los polos que aquellos de menor volatilidad como el DDT y endosulfan, los cuales no son destilados tendiendo a permanecer en la región de uso (Wania y Mackay, 1996).

La investigación ha mostrado que la transferencia de químicos a la atmósfera es mucho mayor en las áreas tropicales. Esto sugiere que los compuestos persistentes semivolátiles liberados en los trópicos, incluyendo el HCH y HCB, tienden a ser redistribuidos a una escala global. El DDT, clordano y PCB tenían una tendencia menor de transportarse a grandes distancias en zonas tropicales que el HCH y HCB. Es casi seguro que los residuos volatilizados de los trópicos se dispersan a través de la atmósfera en términos globales y finalmente se depositan en el ambiente del océano abierto, incluyendo las aguas del Ártico. Aquí, estos químicos plantean entonces una amenaza a los organismos marinos, particularmente los mamíferos marinos (Tanabe *et al.*, 1994).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización Geográfica**

El presente trabajo se realizó en la región papera de Coahuila y Nuevo León, con ubicación geográfica de  $101^{\circ} 59' 17''$  longitud oeste y  $25^{\circ} 23' 59''$  latitud norte, a una altitud promedio de 1900 msnm. Se trabajó en las siguientes localidades; La Providencia, Municipio de Navidad, Nuevo León y Las Playas, Municipio de Arteaga, Coahuila.

Este trabajo se realizó en campo y en laboratorio A) el trabajo de campo consistió en la toma de muestras de suelo; y el de laboratorio, en las determinaciones físicas y químicas del suelo realizadas en el Departamento de Suelos de la UAAAN de la Unidad Saltillo y B) las extracciones y determinaciones de plaguicidas en el laboratorio de Análisis de Forrajes del Instituto Mexicano del Maíz y de Suelos de la Unidad Laguna respectivamente.

### **Muestreo de Suelos**

Después de ubicar los predios se realizó el muestreo de suelos, usando el método de Marco Real a cuatro profundidades (0-15, 15-30, 30-45 y 45- 60 cm), las muestras que se llevaron a analizar son mezclas de suelo correspondientes a cada estrato, sumando 4 muestras representativas por localidad; cada muestra se colocó en una bolsa de plástico negra para transportarlas al laboratorio y secarlas al aire libre, cuidando que no les afecte los rayos del sol, posteriormente se cribaron en un malla de 2 mm, para finalmente guardarlas en frascos de vidrio color ámbar en el refrigerador a 4°C de temperatura para su posterior análisis.

### **Determinaciones Físicas y Químicas del Suelo**

Las determinaciones físicas y químicas del suelo se realizaron por los métodos siguientes: materia orgánica por Walkley y Black; conductividad eléctrica por extracción de saturación; carbonatos totales volumétricamente; capacidad de intercambio catiónico por acetato de amonio; pH por potenciómetro (relación agua-suelo 2:1); densidad aparente por el de la parafina y la textura por Bouyoucos.

### **Método Soxhlet para Extracción de Organoclorados**

Se utilizó el método 3540B (Soxhlet) propuesto por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) en 1990, que consiste en cinco etapas básicas, extracción, primera concentración, limpieza, segunda concentración y por último el análisis de las concentraciones.

## **Extracción**

Se pesaron 5 g de suelo de cada tratamiento y se colocaron en un cartucho de papel filtro previamente lavado con acetona de alta resolución para cromatografía de líquidos (HPLC) introduciéndolo en una columna de extracción Soxhlet, posteriormente se le agregó un ml de dibutil clorendato; agregándole un matraz bola de 250 ml que contenía 160 ml de hexano y acetona en una relación 1:1. Finalmente el equipo de extracción se colocó sobre una mantilla de calentamiento a una temperatura calibrada para que permitiera que los solventes lavaran al suelo cada 15 min durante 24 h.

## **Primera concentración**

Para la concentración, se colocó el volúmen obtenido en la extracción anterior en un concentrador (Kuderna Danish), a una temperatura que varió de 65 a 70° C en 1 a 1.5 h para eliminar el hexano y la acetona, teniendo al final un volúmen concentrado de 10 ml.

## **Limpieza**

Previamente se preparó la columna de limpieza, colocándole un cm de fibra silanizada, lavada con dos ml de hexano y acetona, posteriormente se le adicionó 13 g de Florisil (Merck de 60-100 mallas) y 4 g de sulfato de sodio, previamente

activados a 120°C/12 h el primero y a 400°C/4 h el segundo. Para acondicionar el florisil y el sulfato de sodio se le agregó 40 ml de hexano a la columna, descartando el eluato.

Preparada la columna se agregaron los 10 ml del extracto concentrado con 60 ml adicionales de hexano recibiendo el eluato en un matraz bola. Después se le adicionaron a la columna, una mezcla de 50 ml hexano-eter dietílico en una relación 9:1; posteriormente se eluyó con 20 ml de hexano-eter dietílico con una relación 8:2, obteniendo la muestra en otro matraz bola.

### **Segunda concentración**

Se concentraron nuevamente las muestras obtenidas en la limpieza en el concentrador (Kuderna Danish) de la misma forma hasta obtener un volúmen de 5 ml aproximadamente; estas muestras fueron concentradas por tercera ocasión al medio ambiente obteniendo un volúmen final de un ml, del cual se inyectó 1 $\mu$ l al cromatógrafo de gases.

### **Análisis de las concentraciones**

Para analizar las concentraciones se usó un estándar de 17 plaguicidas organoclorados, los cuales se comprobaron con estándares individuales y un estándar interno de dibutil clorendato, este último es para fortalecer las muestras y probar la eficiencia de recuperación del método utilizado.

Los cromatogramas de los estándares se compararon con los cromatogramas de cada una de las muestras del suelo analizado; de acuerdo a los valores arrojados, se empleó la siguiente ecuación que estima la cantidad de residuos de insecticidas organoclorados en el suelo:

$$C = \text{ppb} = \left[ \frac{\text{área de la muestra}}{\text{área del estándar}} \right] \left[ \frac{\text{vol. inyectado del estándar}}{\text{vol. inyectado de la muestra}} \right] \left[ \frac{\text{concentración}}{\text{estándar}} \right] \left[ \frac{\text{aforo de la muestra}}{\text{peso de la muestra de suelo}} \right]$$

### **Equipo Utilizado**

Se utilizó un cromatógrafo de gases Varian 3300 para detectar la presencia de plaguicidas en el suelo con un detector de captura de electrones y una columna capilar megaboro; utilizando nitrógeno como gas acarreador.

Las condiciones térmicas para éste análisis fueron: el inyector a 280°C, la columna de 60 a 280°C y el detector a 300°C.

### **Análisis Estadístico**

Para el análisis estadístico se usó un análisis de componentes principales (ACP) que consiste en reducir un gran número de variables a unas cuantas variables transformadas (Manley, 1986) con ello se pretende obtener una información conjunta de la presencia de organoclorados con relación a las características físicas y químicas del suelo.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Factores Físicos y Químicos de los Predios**

Tomando de referencia las cartas edafológicas del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) los suelos de los predios estudiados se clasifican taxonómicamente en Regosol eutrítico calcárico (Re+Rc) para la localidad de la Providencia y para las Playas como Castañozem cálcico (KK).

A partir de los resultados del análisis físico y químico del suelo (Cuadro 4.1) podemos destacar lo siguiente: que la MO en ambas localidades es similar, siguiendo una disminución lógica con respecto a la profundidad; el pH es de 7.8 para las dos localidades salvo en la profundidad 0-30 el cual tiene un valor de 7.7 en la Providencia; los valores de CIC y de Da no varían significativamente en las dos localidades, más sin embargo la Da concuerda con la clasificación textural de estos suelos, cabe mencionar que la mayor distribución de arcillas en la cuarta profundidad puede ser debido a los procesos de lesivaje, por ser las localidades áreas de riego; referente a los resultados de la CE nos indican que estos suelos se clasifican como no salinos habiendo un aumento progresivo de la CE de forma directa con la profundidad, lo cual es reflejo de la presencia  $\text{CaCO}_3$ , existiendo una diferencia significativa entre las dos localidades en relación a los  $\text{CaCO}_3$ , teniendo la localidad I una cantidad muy marcada en esta característica.

**Cuadro 4.1 Resultados de los factores físicos y químicos del suelo, en las localidades en estudio.**

Prof. (cm)	MO (%)	pH	CE (Mmhos/cm)	CIC (Meq/100 g)	CaCO <sub>3</sub> (%)	Da (g/cm <sup>3</sup> )	Textura
<b>Localidad I</b>		Rancho La Providencia					
0 – 15	2.86	7.7	1.744	25.721	52.033	1.06	Migajón arcilloso
15 – 30	2.21	7.7	1.839	23.175	52.976	1.11	Migajón arcilloso
30 – 45	2.26	7.8	1.797	24.533	55.806	1.11	Migajón arcilloso
45 - 60	1.67	7.8	2.05	24.596	61.938	1.02	Arcilloso
<b>Localidad II</b>		Rancho Las Playas					
0 – 15	2.15	7.8	0.760	20.568	9.585	1.11	Migajón arcilloso
15 – 30	2.75	7.8	0.984	19.25	11.00	1.08	Migajón arcilloso
30 – 45	2.05	7.8	1.104	21.602	9.585	1.08	Migajón arcilloso
45 - 60	1.51	7.8	0.996	28.022	12.414	1.02	Arcilloso

### **Presencia de Organoclorados en los Suelos**

Se confirma la presencia de residuos de insecticidas en las dos localidades, para la primera se encontró el endosulfan sulfato, heptacloro, p,p'-DDE, dieldrin, endrin aldehido y metoxicloro, cabe mencionar que las concentraciones de los insecticidas tienen un decremento progresivo al aumentar la profundidad en las dos localidades; en la segunda localidad se encontraron los anteriores insecticidas excepto el p,p'-DDE y el dieldrin pero se presentó el endosulfan adicionalmente (Cuadro 4.2).

La mayor parte de los tóxicos encontrados son metabolitos de los compuestos originales los cuales son mucho mas estables y en algunos casos

mas tóxicos ocasionado la contaminación prolongada del suelo; sin embargo, las cantidades presentes son por mucho inferiores a las reportadas por García (1986) en un estudio realizado en la comarca lagunera, región en la que a mediados del siglo pasado se cultivó el algodón de forma extensiva, el cual para satisfacer la demanda del mercado de ese entonces se recurrió al empleo de plaguicidas (clorados) para el control de insectos principalmente. Pero existe una alta similitud en cuanto a las concentraciones reportadas por Torres (2001) en un estudio realizado en diferentes localidades en la misma área de estudio de la zona papera de Coahuila y Nuevo León.

**Cuadro 4.2. Residuos de plaguicidas organoclorados en suelos de 2 localidades de la región papera de Coahuila y Nuevo León. (ng.g<sup>-1</sup>).**

Prof. (cm)	Endosulfan Sulfato	Heptacloro	p,p'-DDE	Dieldrin	Endrin Aldehido	Metoxicloro	Endosulfan
<b>Localidad I</b>				La Providencia			
0-15	5.4134	13.7163	6.2018	1.2380	3.4521	1.7168	0
15-30	0	10.9818	4.9325	0.5401	3.5922	1.4662	0
30-45	3.6479	7.0331	3.1869	0.2145	1.3947	1.0599	0
45-60	3.7919	0.9133	0.7038	0.1604	1.7256	0.8989	0
<b>Localidad II</b>				Las Playas			
0-15	12.0749	4.7167	0	0	0	1.0509	0.5841
15-30	5.8950	5.5928	0	0	0.7133	1.8983	0.5317
30-45	3.9525	3.2657	0	0	0.5100	2.1783	0.4396
45-60	2.0178	1.9202	0	0	0.1438	1.8514	0

Los plaguicidas con niveles mas altos para la localidad I son: heptacloro, p,p'-DDE y endosulfan sulfato con 13.7, 6.2 y 5.41 ppb respectivamente y en la

localidad II se presentó el endosulfan sulfato con 12.07 ppb y el heptacloro con 5.59 ppb (Cuadro 4.2). En tanto que para la comarca lagunera el p,p'-DDE se presentó a 4.42 ppm (García, 1986) mientras que en la región papera se tuvo 1.29 ppb de p,p'-DDE (Torres, 2001), que son concentraciones mínimas a las obtenidas en la región lagunera.

## **Ciclodienos**

En cuanto a los insecticidas encontrados, dentro del grupo de los ciclodienos tenemos al dieldrin, endrin aldehído, heptacloro y endosulfan, estos insecticidas son los que más se usaron hasta la década de los 70's a excepción del tercero que continuó su uso hasta mediados de los 80's. Esto ayuda a explicar que en la Providencia se tengan mayores concentraciones de los primeros dos organoclorados ya que es un área agrícola más vieja en tanto que en la localidad de las Playas no se presentaron de forma significativa lo que nos indica que es un área agrícola más nueva y se usaron de forma menos intensa. En el caso de endrin aldehído y el dieldrin las mayores concentraciones se observaron en los estratos 0-15 y 15-30 (Cuadro 4.2); por otro lado el cuadro 4,3 nos explica una asociación fuerte en el plano negativo con  $\text{CaCO}_3$  y por ende con la CE, aunque en las localidades se tienen diferencias en cuanto a la presencia de carbonatos, esta sin embargo son homogéneos en sus horizontes. Empero la mayor concentración de organoclorados en los estratos superiores puede deberse a una mayor presencia de MO que en el factor 2 (Cuadro 4.3) nos indica una ligera

asociación positiva, confirmando los resultados de Maclang (1967) donde el dieldrin fue más persistente en suelos con alto contenido de MO.

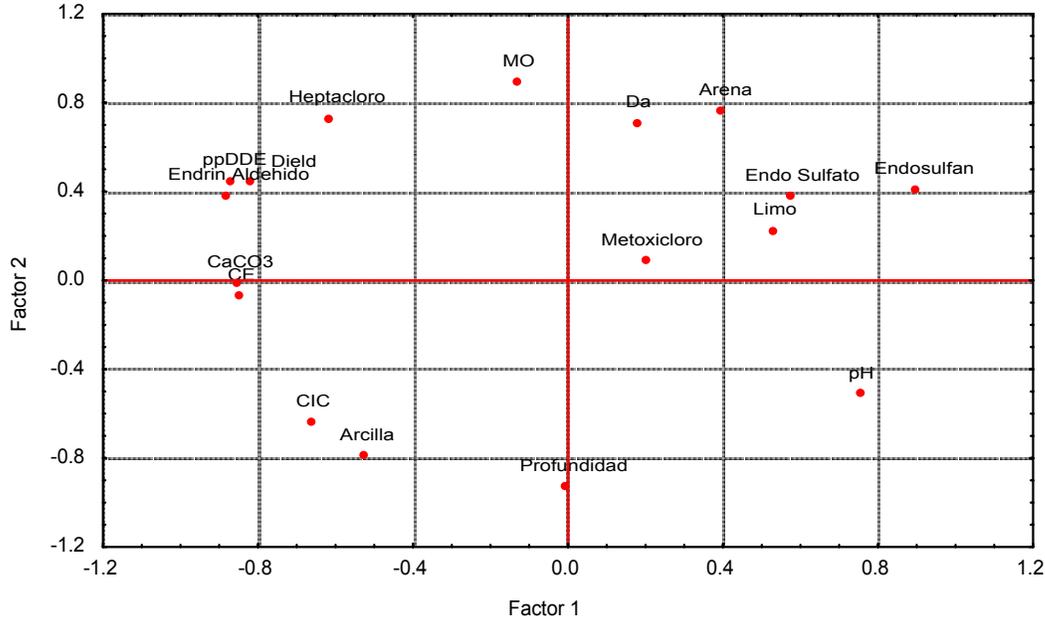
**Cuadro 4.3 Coeficientes de correlación con los tres primeros Componentes Principales.**

Variable	Factor 1 41.04%*	Factor 2 32.45%*	Factor 3 10.12%*
Profundidad	-.011	-.921	-.056
MO	-.131	.897	.035
CIC	-.662	-.629	.213
CaCO <sub>3</sub>	-.857	-.002	-.480
pH	.752	-.503	-.305
Da	.176	.717	-.073
CE	-.847	-.063	-.409
Arena	.394	.769	-.299
Limo	.526	.232	.338
Arcilla	-.526	-.781	.171
Endosulfan Sulfato	.575	.384	-.349
Heptacloro	-.616	.737	.214
P,p'-DDE	-.872	.454	.082
Dieldrin	-.819	.449	.134
Endrin Aldehido	-.882	.390	.003
Metoxicloro	.198	.094	.864
Endosulfan I	.894	.417	.008
Expl. Var	6.97	5.517	1.721
Prp. Totl	.410	.324	.101

\* Porcentaje de varianza por factor.

En el caso del heptacloro, presente en las dos localidades indica que este producto continuó su uso frecuente hasta antes de los 90's y se presenta una mayor retención sobre todo en la profundidad 0-30, esto influenciado por la presencia de MO en los primeros estratos, lo que concuerda con la asociación positiva que se muestra en el cuadro 4.3 en el factor 2 que se ratifica en la figura 4.1 y 4.2, aunque es clara la tendencia del producto a pasar a horizontes inferiores a través del tiempo por efecto de lixiviación.

**Figura 4.1 Relación entre organoclorados y factores físicos y químicos del suelo en el espacio de los dos primeros Componentes Principales.**



En el caso del endosulfan y de su metabolito el endosulfan sulfato se presentaron en las dos localidades; aunque se considera que en las Playas tiene un uso mas intenso recientemente, esto dado que es un producto actualmente autorizado por la DGSV (2002). Esto se comprueba con la presencia del compuesto original y sobre todo del metabolito en cantidades altas (Cuadro 4.2), tomando en cuenta que es un compuesto que sufre una rápida transformación degradativa, pero no explica su ausencia en la profundidad 15-30 en la Providencia. De nuevo se observan concentraciones mayores en estratos superiores y viceversa, de nuevo influenciado por efectos de la lixiviación, tomando en cuenta que es un producto afín al agua que otros ciclodienos. Estos productos de acuerdo al cuadro 4.3 y figuras 4.1 y 4.2 manifiestan una ligera

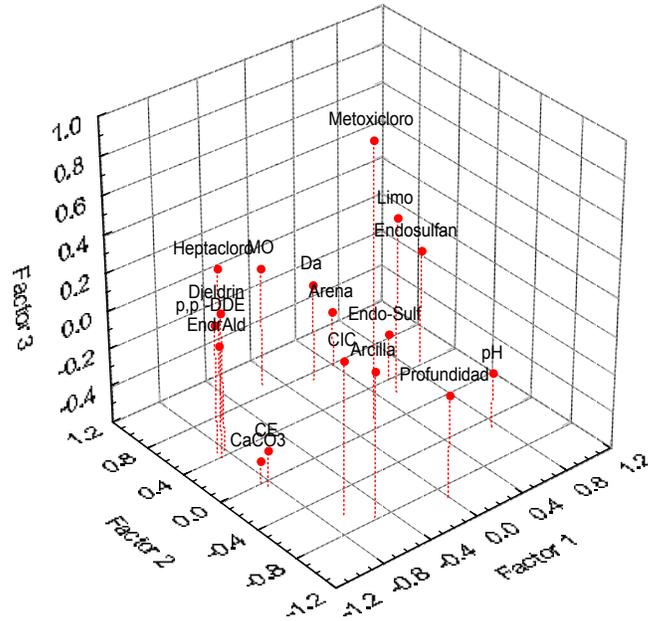
tendencia a asociarse con el limo, componente del suelo que en ambas localidades tiene menor cantidad en el horizonte 45-60.

### **Análogos del DDT**

Por otra parte para el caso del p,p'-DDE metabolito del DDT, es uno de los compuestos altamente persistentes que existen (Matsumura, 1976) el cual está ausente en las Playas (Cuadro 4.2), en atención a lo ya señalado que es un área agrícola de uso más reciente. Con respecto al análisis por Componentes Principales (Cuadro 4.3) esto indica que al igual que los ciclodienos; endrin aldehído y dieldrin presentan una asociación estrecha en el plano negativo con  $\text{CaCO}_3$  y CE, porque a su vez se tiene una mayor retención en los horizontes superiores por la mayor concentración de MO, esto concuerda con lo que se presenta en la figura 4.2.

Referente al metoxicloro producto insecticida que también está autorizado por la DGSV (2002) ayuda a explicar su presencia en las dos localidades, aunque existe una ligera mayor concentración en los horizontes superficiales respecto a los inferiores, la diferencia es que en Las Playas existe una menor concentración en los horizontes superficiales, lo cual confirma en cierto modo su afinidad con el agua siendo objeto a los procesos de lixiviación más rápidas. Esta afinidad al agua explica el porqué este compuesto no presenta una asociación clara con alguno de los factores físicos y químicos en el análisis por Componentes Principales (Cuadro 4.3), aunque se tiene solo una muy ligera tendencia a asociarse con limo.

**Figura 4.2 Relación entre organoclorados y propiedades físicas y químicas del suelo en el espacio de los tres primeros Componentes Principales.**



Cabe mencionar la mayor presencia de endosulfan respecto al metoxicloro en las dos localidades, es por el simple hecho que el endosulfan esta recomendado para el control insectos-plaga comunes en la región como son, mosquita blanca y palomilla de la papa entre otros insectos por la DGSV (2002) para lo cual no se recomienda el uso del metoxicloro.

## CONCLUSIÓN

Se confirma la presencia de residuos de insecticidas organoclorados en la región papera de Coahuila y Nuevo León.

Los insecticidas que mayores concentraciones presentaron son; heptacloro con  $13.71 \text{ ng.g}^{-1}$ , endosulfan sulfato con  $12.07 \text{ ng.g}^{-1}$ , p,p'-DDE con  $6.20 \text{ ng.g}^{-1}$ , y endrin aldehido con  $3.45 \text{ ng.g}^{-1}$  para el horizonte 0-15 y ligeramente menor para el 15-30 de las dos localidades.

En cuanto a las propiedades físicas y químicas, los  $\text{CaCO}_3$  y la CE muestran una alta correlación con la presencia de p,p'-DDE, dieldrin y endrin aldehido. En tanto que el endosulfan, se asocia directamente con el pH; y el heptacloro se asocia fuertemente con la MO. Por último el metoxicloro y el endosulfan sulfato se asocian de forma directa con los contenidos de limo principalmente.

Finalmente, las concentraciones encontradas son de forma general mínimas.

## **RESUMEN**

Atendiendo a la problemática de la ya incontrolable contaminación ambiental por productos insecticidas organoclorados, se emprendió el siguiente trabajo en la región papera de Coahuila y Nuevo León, teniendo como objetivo encontrar la

relación de algunos factores físicos y químicos del suelo en la persistencia de insecticidas organoclorados.

En primer lugar se realizó el muestreo de suelos en las dos localidades, muestras que se trasladaron al laboratorio de Pedología del Departamento de Suelos, donde se prepararon para su análisis físico y químico, posteriormente se procedió a la extracción de plaguicidas en el Laboratorio de Análisis de Forrajes del Instituto Mexicano del Maíz, finalmente las determinaciones de plaguicidas se llevaron a cabo en el cromatógrafo de gases del Laboratorio de Suelos de la Unidad Laguna.

Los datos de las concentraciones de plaguicidas obtenidas mediante el trabajo comparativo de los cromatogramas, se analizaron estadísticamente mediante un Análisis de Componentes Principales.

Los insecticidas que mayores concentraciones presentaron son: heptacloro con  $13.71 \text{ ng.g}^{-1}$ , endosulfan sulfato con  $12.07 \text{ ng.g}^{-1}$ , p,p'-DDE con  $6.20 \text{ ng.g}^{-1}$ , y endrin aldehído con  $3.45 \text{ ng.g}^{-1}$  para el horizonte 0-15 y ligeramente menor para el 15-30 de las dos localidades, estos resultados muestran un decremento general de la presencia de organoclorados al aumentar la profundidad, esto se confirma con los coeficientes de correlación de los Componentes Principales.

En cuanto a las propiedades físicas y químicas, los  $\text{CaCO}_3$  y la CE muestran una correlación directa con la presencia de p,p'-DDE, dieldrin y endrin aldehído e

indirecta con el endosulfan I, pero este último se asocia directamente con el pH; así mismo la MO se asocia directamente con el heptacloro, por último el metoxicloro y el endosulfan sulfato se asocian de forma directa con los contenidos de limo principalmente.

### **LITERATURA CITADA**

Abdell-Gawaad, A. A., 1990. Ecotoxicological impact of organophosphorous pesticides in Egypt. Report Prepared for Greenpeace International. The Egyptian Society of Toxicology, Cairo.

Allsopp, M. y Johnston, P. (2000b). Unseen poisons in Asia. Greenpeace Research Laboratories. ISBN: 90-73361-64-8.

- Agnihotri, N.P., S.Y. Pandey, H.K. Jain and K.P. Srivastava. 1977. J.Ent.Res. 1: 89-91.
- Albert, L. y S. Saval. 1976. Residuos de plaguicidas organoclorados en carne de pollo y en huevo. Rev. Soc. Quim. Mex. 20 (3) p 6.
- Albert, L.A. y Armienta, V.M. 1977. Contaminación por plaguicidas organoclorados en un sistema de drenaje agrícola del estado de Sinaloa. Protección de la Calidad del Agua 3: 5-17.
- Albert, L. y R. Reyes. 1978. Plaguicidas organoclorados II. Contaminación de algunos quesos mexicanos por plaguicidas organoclorados. Rev.Soc. Quim. Mex, 22(2): 65-72.
- Albert, L., M.E. Cebrián, F.Méndez y A. Portales. 1980. Plaguicidas organoclorados III. Organochloride Pesticides in Human Adipose Tissue in Mexico. Arch. Environ. Health 35(5): 7.
- Albert, L. 1981. Residuos de plaguicidas organoclorados en leche materna y riesgo para la salud. Boletín OPS. 61(1):15-29.
- Albert, L. A., y C. Bárcenas Pazos. 1988. Contaminación por plaguicidas organoclorados en muestras de queso procedentes del Soconusco, Chiapas, México; Rev. Soc. Quím. Méx. 32(3): 78-85.
- Albert L. A. 1990a. Environmental contaminants in Mexican food. Food Contamination from Environmental Sources. John Wiley and Sons, Inc. Pp 541- 577.
- Albert, L. A. 1990b. A survey of organochlorine pesticide residues in cheese samples from three Mexican regions. Environmental Pollution 65: 119-126.
- Albert, L.A. 1996. Persistent pesticides in Mexico. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology 147:1-44.
- Allsopp, M. and Johnston, P. 2000. Unseen poisons in Asia. Greenpeace Research Laboratories. ISBN: 90-73361-64-8.
- ATSDR, 1997. Toxicological profiles. CDC Press Inc. Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades del Departamento de Salud Pública de los Estados Unidos.
- Beestman, G.B., Keeney, D.R. and Chesters, K. 1969. Dieldrin translocation and accumulation in corn, Agron. Jour. 61: 390.
- Bess, H.A. and J.W. Hylin. 1970. Jour. Econ. Ento. 63. 633-638.

- Bejarano, G. F. 2000. Amenaza global. Cuaderno Ciudadano sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México.
- Beretta, M. and Dick, T. 1994. Organochlorine compounds in human milk. Porto Alegre, Brazil. Bulletin of environmental contamination and toxicology 53:357-360.
- Bidleman, T.F., Walla, M., Roura, R., Carr, E. and Schmidt, S. 1993. Organochlorine pesticides in the atmosphere of the Southern Ocean and Antarctica. Marine Pollution Bulletin 26(5): 258-262.
- Bidleman, T.F. 1999. Atmospheric transport and air-surface exchange of pesticides. Water, Air and Soil Pollution 115: 115-166.
- Calamari, D. and Barg, U. 1993. Hazard assessment of agricultural chemicals by simple simulation models. In: Prevention of Water Pollution by Agriculture and Related Activities. Actas de la Consulta de Expertos de la FAO, Santiago, Chile. Water Report 1. FAO, Roma. Pp. 207-222.
- Cremlyn R. 1995. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Edit. Limusa, Grupo Noriega Edit. Sexta reimpresión, Mex. D.F. 356 pp.
- Dejonckheere, W., Steurbaut, W., Drieghe, S., Verstraeten, R. y Braekman, H. 1996. Monitoring of pesticide residues in fresh vegetables, fruits and other selected food items in Belgium, 1991-1993. Journal of AOAC International 79(1): 97-110.
- DGSV. 2002. Guía de plaguicidas autorizados de uso agrícola. Dirección General de Sanidad Vegetal. 504 p.
- Dennis, E. B. and Edwards, C.A. 1964. Phytotoxicity of insecticides and acaricides. III: Soil applications, Plant Pathol. 13 (4): 173.
- Edwards, C. A. 1975. Persistent pesticides in the environment. 2nd Printing. CRC Press. U.S.A.
- Egboka, B.C.E., G.I. Nwankwor, I.P. Orajaka, and A.O. Ejiofor. 1989. Principles and problems of environmental pollution of groundwater resources with case examples from developing countries. Environmental Health Perspectives, 83: 39-68.
- Ehrich, P.R. and Ehrich, A.H. 1970. Population, resources, environment, W.H. Freeman and Co., San Francisco. U.S.A. P 182.
- EPA. 1990. Método PAM 232.45 (B) para muestras de alto contenido de humedad (medio Luke modificado). Environmental Protección Agency.

- FAO. 1972. Pesticides in the modern world. A symposium prepared by members of the Co-operative programme of Agro-Allied Industries with other United Nations Organizations. Newgate Press, Londres.
- FAO/WHO, 1998. Codex alimentarius: Pesticide residues in food: maximum residue limits, World Health Organization/Food and Agriculture Organization. Volume 2B.
- Fernández de Castro, D.; H.A. Hernández y R. Suárez. 1982. Memoria de la contaminación de alimentos. El Medio Ambiente en México; Problemas y Alternativas. Fondo de Cultura Económica, México, D.F. Pp. 211- 232.
- Fuhremann, T.W. and E.P. Lichtenstein. 1980. J. Ag. Food Chem. 28.
- Giam, C.S., Atlas, E., Chan, H.S. y Neff, G.S. 1980. Phenthalate esters, PCB and DDT residues in the Gulf of Mexico atmosphere. Atmospheric Environment 14: 65-69.
- Gladen, B.C. y Rogan, W.J. 1995. DDE and shortened duration of lactation in a northern Mexican town. American Journal of Public Health 85(4): 504-508.
- Gold-Bouchot, G., Silva-Herrera, T. and Zapata-Pérez, O. 1993. Chlorinated pesticides in the Rio Palizada, Campeche, Mexico. Marine Pollution Bulletin 26(11): 648-650.
- Gold-Bouchot, G., Silva-Herrera, T. and Zapata-Pérez, O. 1995. Organochlorine pesticide residue concentrations in biota and sediments from Río Palizada, Mexico. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 54: 554-561.
- Guillette E.A, Meza M.M, Aguilar M.G, Soto A. D, Garcia I. E. 1998. An anthropological approach to the evaluation of pre-school children exposed to pesticides in Mexico. Environ. Health Perspect 106(6):347-353.
- Harris, C.R. y J.H. Mazurek. 1966. Laboratory evaluation of candidate materials as potential soils insecticides. J. Econ. Entomology, 59:1215-1221.
- Hassett, J.C. Means and W.L.Banwart and S.G. Wood. 1980. Sorption of properties of sediments and energy-related pollutants. Environmental Protection Agency, Washington DC. EPA-600/3-80-041.
- Henao, S., J. Finkelman, L.Albert, and H.W. de Koning. 1993. Pesticides and health in the Americas, (Pan American Health Organization, Division of Health and Environment, Washington, DC.: Environmental Series Number 12.

- INE. 1997. Programa para la minimización y manejo integral de residuos industriales peligrosos en México. Instituto Nacional de Ecología.
- Iwata, H., Tanabe, S., Sakai, N. and Tatsukawa, T. 1993. Distribution of persistent organochlorines in the oceanic air and surface seawater and the role of ocean on their global transport and fate. *Environmental Science and Technology* 27: 1080-1098.
- Jonsson, E., Emmerman, A, y Norberg, H. 1990. Problemområden i yttremiljön vid kemisk bekämpning - förslag till åtgärder. Rapport utarbetad av lantbrukarsstyrelsens arbetsgrupp "Yttre miljö - kantzoner". Lantbrukarsstyrelsens rapport 1991: 2 Jönköping, Sverige. (As reported in WWF, 1992).
- Kahn, S.U. 1980. Pesticides in the soil environment. Amsterdam: Elsevier Press.
- Kuhr, R.J., A.C. Davis, y J.B. Bourke. 1974. DDT residues in soil, water and fauna from New York apple orchards. *Pestic. Monit. J.* 7: 200-204.
- Lenardon, A., M.I.M. de Havia, and S.E. de Carbone. 1994. Organochlorine pesticides in Argentinean butter. *Science of the Total Environment.* 144:273-277.
- Lichtenstein, E.P. 1959. Absorption of some chlorinated hydrocarbon insecticides from soil into various crops, *J. Agric. Food Chem.*, 7 (6), 430.
- Lichtenstein, E.P. Fuhreman, T.W. and Schulz, K.R. 1968. Use of carbon to reduce the uptake of insecticidal soil residues by crop plants, *J. Agric. Food Chem.*, 16(2), 348.
- Loganathan, B. y Kannan, K. (1994) Global organochlorine contamination trends: an overview. *Ambio* 23(3): 187-191.
- López-Carrillo, L., Torres-Arreola, L., Torres-Sánchez, L., Espinosa-Torres, F., Jiménez, C., Cebrián, M., Waliszewski, S. y Saldate, O. (1996) Is DDT use a public health problem in México. *Environmental Health Perspectives* 104(6): 584-588.
- Maclang, F.A. 1967. *Sugar News*. 43. 135-138.
- Manley, B. F.J. 1986. *Multivariate statistical methods: A Primer*. Ed. Chapman y Hall. London. P 160.
- Matsumura, F. 1976. *Toxicology of insecticides*. 2nd printing. Plenum Press. New York. Pp 52-64.

- Mena, J. 1987. El uso de plaguicidas en México. Primer Taller Nacional de Prevención de Riesgos en el Uso de Plaguicidas, Xalapa, Ver. México.
- McEwen F.L. y G.R. Stephenson. 1979. The use and significance of pesticides in the environment. A Wiley-Interscience publication. Printed in the United States of America. Pp 228-259.
- Ministerio de Salud, Mexico. 1996. Experience in reducing use of DDT: IFCS Experts Meeting on POPs. Manila, Philippines.
- Mora, M.A. 1997. Transboundary pollution: persistent organochlorine pesticides in migrant birds of the southwestern United States and Mexico. *Environmental Toxicology and Chemistry* 16(1): 3-11.
- Moses, M., E.S. Johnson, W.K. Anger, V. W. Burse, S.W. Horstman, R.J. Jackson, R.G. and Lewis, K.T. 1993. Environmental equity and pesticide exposure. *Toxicology and Industrial Health*, 9(5): 913-959.
- Noreña-Barroso, E., Zapata-Pérez, O., Ceja-Moreno, V. y Gold-Bouchot, G. (1998) Hydrocarbon and organochlorine residue concentrations in sediments from Bay of Chetumal, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 61: 80-87.
- O'Brien, R. D. 1967. Insecticides action and metabolism. Department of Entomology Cornell University Academic Press. New York. Pp 108-132.
- OMS, 1993. Guías para la calidad del agua potable. Volúmen 1: Recomendaciones. (Segunda edición), Organización Mundial de la Salud. Ginebra.
- OMS, 1996. Levels of PCBs, PCDDs and PCDFs in human milk. World Health Organization. Environmental Health in Europe Series No 3: EUR/ICP EHPM02 03 05
- Ongley, E. D. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Los Plaguicidas en cuanto a contaminantes del agua. GEMS/Water Collaborating Centre Canada Centre for Inland Waters Burlington, Canadá. (Estudio FAO Riego y Drenaje - 55). Pp 11-14.
- Ordóñez, B.R. 1977. Specific working paper on pesticides, the use of biological specimens for the assessment of human exposure to environmental pollutants. In *Memories of Simposium*. Luxemburgo, Pp.295-301.
- Pacheco, M. F. 1985. Plagas de los cultivos agrícolas en Sonora y Baja California. CIANO-INIA-SARH. P 366.

- Páez-Osuna, F., Guerrero-Galván, S.R. and Ruis-Fernández, A.C. 1998. The environmental impact of shrimp aquaculture and the coastal pollution in Mexico. *Marine Pollution Bulletin* 36(1): 65-75.
- PNUMA. 1993. The aral sea: Diagnostic study for the development of an action plan for the conservation of the Aral Sea. Nairobi.
- Queensland. 1972. Tech. Comm. Bur. Sugar Exp. Sta 43-44.
- Rao, D.M.R., A.S. Murty. 1980. *J. Agric. Food Chem.* 28. 1099-1101.
- Romo, R. O. 1996. Movimiento transfronterizo de residuos peligrosos. Primer Simposio Nacional sobre Residuos Peligrosos. Memorias, Conferencias. Semarnap/UNAM/Concamin. México D.F.
- Ruiz C. A. 2001. Los contaminantes orgánicos persistentes (COP) en México, Campaña de Tóxicos Greenpeace México. 2 de Julio de 2001.  
<http://www.greenpeace.org.mx/php/doc>.
- Saha, J.G. and Stewart, W.W.A. 1967. Heptachlor, heptachlor epoxide and gamma chlordane residues in soils and rutabaga after soil and surface treatment with heptachlor. *Can J. Plant Sci.* 47,79.
- SARH, 1980. Gráficas sobre el número de muestras y frecuencias de residuos de diferentes plaguicidas. Dirección General de Sanidad Vegetal México, D.F.
- Schoroeder, E.D., D.P.Y. Chang, S.J. Ergas y J.B. Eweis. 1999. Principios de biorecuperación; tratamientos para la descontaminación y regeneración de suelos y aguas subterráneas mediante procesos biológicos y físico-químicos. Edit. Mc Graw Hill, Madrid, Esp.
- Smith, D. 1999. Worldwide trends in DDT levels in human breast milk. *International Journal of Epidemiology* 28: 179-188.
- Sonawane, B.R. 1995. Chemical contaminants in human milk: an overview. *Environmental Health Perspectives* 103(56): 197-205.
- Stephenson, G.A. and K.R. Solomon. 1993. Pesticides and the environment. Department of Environmental Biology, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
- Stewart, D.K.R. and K.G. Cairn. 1974. *J. Agr. Food Chem.* 22:6. 984-6.
- Suzuki, M., Y. Yamato and T. Watanabe. 1975. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 13. 501-5.

- Tanabe, S., Iwata, H. and Tatsukawa, R. 1994. Global contamination by persistent organochlorines and their ecotoxicological impact on marine mammals. *The Science of the Total Environment* 154: 163-177.
- Torres, J.P.M., Vieira, E.D.R. and O. Malm. 1997. The fate of organic micropollutants in a tropical ecosystem. Proceedings of the International workshop on organic micropollutants in the environment. Instituto de Biofisica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil. 28- 30 Abril.
- Torstensson, L. 1990. Bekämpningsmedel I den yttre miljön. Förekomst, spridning, effekter. Litteraturgenomgång och förslag till forskning. Naturvårdsverket rapport 3536. Solan, Sverige (según información del WWF, 1992).
- Vancouver, 1995. Presentation at the international experts meeting on persistent organic pollutants: Towards Global Action Vancouver, Canada.
- Vásquez-Botello, A. 1995. Impactos ecológicos y sociales de los plaguicidas en las lagunas costeras de Chiapas. Convenio UNAM-CONTACT, México.
- Vega, L. S. 1997. Los Plaguicidas organoclorados en México. Departamento de Producción Agrícola y Animal, UAM-Xochimilco.
- Voldner, E.C. and Li, Y.F. 1995. Global usage of selected persistent organochlorines. *The Science of the Total Environment* 160/161: 201-210.
- Wahid, P.A. and N. Sethunathan. 1980. *J. Ag. Food Chem.* 28. 623-25.
- Waliszewski, S., Pardo VTS, Chantiri JNP, Infanzon, RMR and Rivera J. 1996. Organochlorine pesticide residues in adipose tissue of Mexicans. *Sci.Tot. Environ* 181: 125-131.
- Waliszewski, S.M., Pardo, V.T., Waliszewski, K.N., Chantiri, J.N., Aguirre, A.A., Infanzon, R.M. and Rivera, J. 1997. Organochlorine pesticide residues in cow's milk and butter in Mexico. *Science of the Total Environment* 208(1-2): 127-132.
- Waliszewski, S., Pardo, V., Aguirre, A., Coronel, H., Infanzon, R. and Rivera J. 1997a. Persistent organochlorine pesticides in bovine meat and milk from Veracruz, México. *Organohalogen compounds* 32: 335-339.
- Waliszewski, S.M., Pardo, V.T., Waliszewski, K.N., Chantiri, J.N., Aguirre, A.A., Infanzon, R.M. and Rivera J. 1997b. Organochlorine pesticide residues in cow's milk and butter in Mexico. *Science of the Total Environment* 208(1-2): 127-132.

- Waliszewski, S., Aguirre, A., Benitez, R., Infanzon, R. and Rivera J. 1999. Organochlorine pesticide residues in human food serum of inhabitants of Veracruz, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 62: 397-402.
- Wang, Y.-J. and Lin J.-K. 1995. Estimation of selected phenols in drinking water with in situ acetylation and study on the DNA damaging properties of polychlorinated phenols. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 28: 537-542.
- Wania, F. and Mackay, D. 1993. Global fractionation and cold condensation of low volatility organochlorine compounds in polar regions. *Ambio* 22(1): 10-18.
- Wania, F. and Mackay, D. 1996. Tracking the distribution of persistent organic pollutants. *Environmental Science and Technology* 30(9): 390A-396A
- Ward, T.M. and R.P. Upchurch. 1965. The role of the amido group and adsorption mechanisms. *J. Agric. Food Chem.* 13:334-340.
- Wingo, C.W. 1966. *Mo. Agr. Res. Sta. Bull. No 914.*
- World Health Organization and United Nations Environment Program. 1990. *Public Health Impact of Pesticides Used in Agriculture, Geneva 1990.*
- World Wildlife Fund (WWF). 1999. *Contaminantes orgánicos persistentes: Un legado de venenos que amenazan a la vida silvestre y humana.*



	Localidad I				La Providencia					
<b>Endosulfan sulfato</b>	36216.16	0	24404.5	25368	13380	5.413	0	3.647	3.791	
<b>Heptacloro</b>	386704.5	309611.16	198286.33	25749.83	56386	13.716	10.981	7.033	0.913	
<b>p,p' -DDE</b>	444520.66	353542.83	228427.66	50448	143350	6.201	4.932	3.186	0.703	
<b>Dieldrin</b>	90517	39495.33	15688.83	11731.33	146226	1.238	0.540	0.214	0.160	
<b>Endrin Aldehido</b>	118219.16	123019.16	47763.33	59094.66	68491	3.452	3.592	1.394	1.725	
<b>Metoxicloro</b>	328268.5	280364.5	202659.66	171885.66	382411	1.716	1.466	1.059	0.898	
	Localidad II				Las Playas					
<b>Endosulfan sulfato</b>	80781.66	39438	26442.33	13499.16	13380	12.074	5.895	3.952	2.017	
<b>Heptacloro</b>	132980.5	157679.83	92071.5	54138	56386	4.716	5.592	3.265	1.920	
<b>Endrin aldehido</b>	0	24428	17467	4926	68491	0	0.713	0.510	0.143	
<b>Metoxicloro</b>	200946	362980	416505.5	354005.33	382411	1.050	1.898	2.178	1.851	
<b>Endosulfan</b>	43020.83	39161	32378.5	0	147283	0.584	0.531	0.439	0	