

Plaguicidas organoclorados

Laura Georgina Calva y María del Rocío Torres
Lab. De Ecosistemas Costeros.
Departamento de Hidrobiología. D.C.B.S. UAM-I.

Introducción

Los plaguicidas organoclorados (OC) se encuentran ampliamente distribuidos en el ambiente terrestre y acuático, como resultado de que en las últimas dos décadas han sido utilizados constantemente para combatir plagas en la industria, la agricultura, e incluso durante las campañas de salud donde son aplicados para contrarrestar enfermedades como la malaria. Sus propiedades fisicoquímicas los hace muy resistentes a la degradación biológica, por lo que son altamente persistentes (Iwate *et al.*, 1994).

Debido a su espectro de distribución y difícil biodegradación, estos contaminantes representan una seria amenaza para la salud pública y para la mayoría de las formas de vida; siendo compuestos altamente tóxicos que inducen mutagénesis (alteración del ADN o de los cromosomas), teratogénesis (malformaciones en el embrión) y alteraciones sobre una gran variedad de funciones metabólicas y de reproducción (Goldberg, 1995).

Reseña histórica

El empleo de productos químicos inorgánicos para destruir plagas, principalmente insectos, se remonta posiblemente a los tiempos de Grecia y Roma clásicas. Homero menciona la utilidad del azufre quemado como fumigante, mientras que Plinio el Viejo recomienda el arsénico como insecticida y alude al empleo de sosa y aceite de oliva para tratar las semillas de leguminosas. En el Siglo XVI, los chinos empleaban arsenicales como insecticidas y poco después, empezó a usarse la nicotina extraída del tabaco. En el siglo XIX se utilizaron el pelitre (planta de sabor salino muy fuerte a la que se le añade keroseno) y el jabón para combatir los insectos, así como los lavatorios elaborados a partir de una mezcla de tabaco, azufre y cal para eliminar tanto insectos como hongos (OMS, 1992).

Tiempo después se utilizaron los compuestos orgánicos, entre ellos los organoclorados (OC). El primer plaguicida OC y el más conocido, fue el DDT (dicloro difenil tricloroetano). Se sintetizó por primera vez en 1874, pero sus propiedades insecticidas se descubrieron sólo hasta 1939, cuando se le utilizó para proteger la lana contra la polilla. Durante la Segunda Guerra Mundial resultó ser muy efectivo para combatir el piojo del tifus y evitar la proliferación de epidemias.

Posteriormente fue empleado para enfrentar todo tipo de plaga artrópoda (Restrepo, 1988).

Murty (1986) menciona que en las dos décadas posteriores a la Segunda Guerra Mundial hubo un uso indiscriminado de compuestos OC, especialmente en Norte América con el DDT, mientras que en Gran Bretaña y Japón fueron los ciclodiénicos (aldrín y dieldrín en particular) y el hexaclorociclohexano (HCH). Aunque en los últimos años el DDT ha tenido mala fama, la Organización Mundial de Salud (OMS) ha estimado que hasta 1971, más de 1 billón de personas han sido salvadas del riesgo de contraer malaria por el uso de éste. En México, el empleo de plaguicidas se inició en 1946 (Rueda, 1993).

¿Qué son los plaguicidas?

Una de las definiciones más completas es la propuesta por la FAO en 1986 (OMS, 1992), la cual establece que un plaguicida es cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de organismos causantes de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera, productos de ésta o alimentos para animales. Asimismo la definición abarca las sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de las frutas o agentes para evitar la caída prematura de la misma y sustancias utilizadas antes o después de la cosecha, con el propósito de proteger el producto.

Los plaguicidas se pueden clasificar de diversas maneras:

1. Por su naturaleza química:

- Inorgánicos
- Orgánicos
 - Naturales (botánicos y microbianos)
 - Sintéticos

2. Por su mecanismo de acción:

- Contacto
- Ingestión
- Fumigante

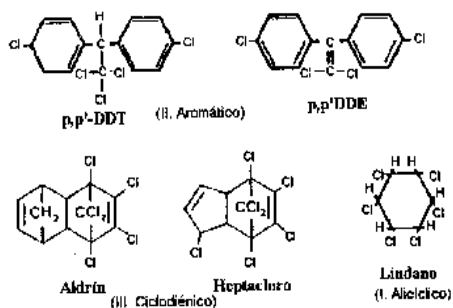


Figura 1. Estructura de algunos organoclorados.

Sistémicos

3. Por el tipo de organismos que afectan:

Insecticidas

Acaricidas

Fungicidas

Herbicidas

En la categoría de plaguicidas orgánicos sintéticos están incluidos los OC, los cuales se clasifican por su estructura química en:

I.- Derivados halogenados de hidrocarburos alicíclicos (HCH, lindano)

II.- Derivados halogenados de hidrocarburos aromáticos (DDT, p,p'DDT, p,p'DDE)

III.- Derivados halogenados de hidrocarburos ciclodiénicos (aldrín, dieldrín). (Fig. 1).

De los anteriores, los más estudiados son el DDT (dicloro difenil tricloroetano) p,p'DDE, endrín, p,p'DDD, hexaclorociclohexano (HCH), lindano (*Gamma* HCH), toxafeno [canfeno clorinado técnico (67-69% cloro)], heptacloro, aldrín, epóxido de heptacloro, endosulfán I y II, dieldrín, endrín y sulfato de endosulfán.

Todos los OC son considerados sustancias persistentes, ya que su tiempo promedio de degradación es de 5 años (Fig. 2). Lo anterior obedece a que sus estructuras químicas son muy estables y se degradan lentamente bajo condiciones ambientales extremas. Entre los compuestos más persistentes destacan el toxafeno (11 años), el DDT y endrín (10 años), clordano (8 años), dieldrín (7 años), aldrín (5 años), heptacloro (4 años) y lindano (2 años).

Generalmente los OC se utilizan como insecticidas, acaricidas específicos, herbicidas y fungicidas. Estos pesticidas se aplican durante la siembra de algodón,

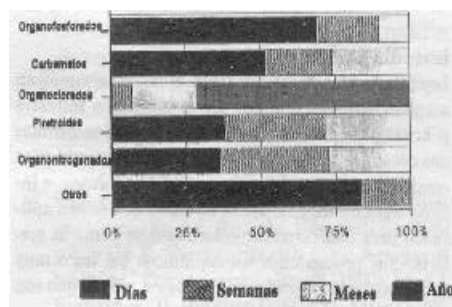


Figura 2. Vida media de los principales plaguicidas.

trigo, maíz, frijol, arroz, soya, sorgo y cártamo; en los frutales como la naranja, mango, melón, sandía y piña, así como en las plantaciones de café, caña de azúcar y henequén (Fig. 3).



Figura 3. Campo de cultivo de trigo, alfalfa y algodón a los que se aplica organoclorados.

El endosulfán es uno de los más utilizados, por ejemplo, en Puerto Kingston (Jamaica), aunque su uso legalmente está restringido para emplearse sólo en las plantaciones de café (Mansingh y Wilson, 1995). En Australia se utiliza extensivamente para una gran variedad de actividades de agricultura, principalmente en la industria del algodón (Peterson y Batley, 1993); mientras que en Brasil es un insecticida aplicado en las cosechas de cocoa, café, algodón y frijol de soya (Jonsson y Toledo, 1993).

En México, los principales cultivos a los que se aplican OC son los de maíz, caña, frutales, cítricos, frijol, arroz, trigo, chile y coco. En las regiones agrícolas aledañas a las lagunas costeras de Tabasco y Campeche destacan los cultivos de maíz, caña, frijol, sandía, sorgo y hortalizas. En lo que respecta al control de vectores de enfermedades humanas, principalmente paludismo, en el país durante 1992 se programó la aplicación de alrededor de 100,000 kg. de ingredien-

tes activos siendo el más usado el DDT (99% del volumen total), el cual se utiliza disuelto en agua sobre las paredes internas de las viviendas en donde se ha notificado un enfermo de paludismo. Los mayores volúmenes de plaguicidas usualmente, se aplican en los estados de Veracruz (50%), Tabasco (25%) y Campeche (25%); en relación con la superficie estatal, los valores de uso de éstos son más significativos en Tabasco. La aplicación de plaguicidas para el control de vectores (especie que transmite el organismo patógeno), no representa una estacionalidad definida, diseñándose las campañas de acuerdo con los casos reportados de paludismo y en un mismo año pueden repetirse para una localidad (Benítez y Bárcenas, 1996).

El uso generalizado de los OC se debe a dos razones principales, la primera de ellas es su persistencia, ya que al ser sustancias estables sus ingredientes permanecen activos durante un período largo de tiempo; sin embargo, esta misma persistencia resulta perjudicial al dar como resultado una degradación lenta del compuesto. La segunda razón es el hecho de que la mayoría de los OC son muy económicos, sobre todo el DDT (comúnmente, el plaguicida más tóxico tiene un precio menor).

En México, actualmente se usan alrededor de 900 principios activos de plaguicidas formulados aproximadamente en 60,000 preparaciones comerciales. El país fabrica 36 ingredientes activos entre los que se encuentran el DDT, HCH, toxafeno y endrín (Rueda, 1993). Comercialmente el DDT se vende como "Agritán" y "Gerasol", el endosulfán como "Thiodán" y "Endofán" y el lindano se encuentra como "Lincide".

¿Qué es una plaga?

Una plaga es cualquier especie animal que el hombre considera perjudicial a su persona, a su propiedad o a su medio. Cualquier organismo molesto y dañino para el ser humano y sus intereses. Algunos de los principales tipos de plagas son: las malezas que compiten con las plantas cultivadas; los organismos que perjudican el bienestar y la salud del ser humano como los causantes de la malaria (*Plasmodium vivax*), fiebre amarilla (virus), tifus (*riquetsias*) y peste bubónica (*Yersinia pestis*). Algunos de estos organismos llegan al hombre por vía directa, pero la mayoría son transmitidos por vectores o portadores, es decir, hay una vía indirecta como el caso de la hembra del mosquito *Anopheles*, que deposita a través de su picadura las esporas de *Plasmodium vivax*, agente causante del paludismo o malaria, en un nuevo huésped (humano u otro mamífero) (Fig. 4). Cuando se elimina el vector por medio del plaguicida, el hombre puede erradicar las enfermedades (Stainer *et al.* 1986). También están las llamadas

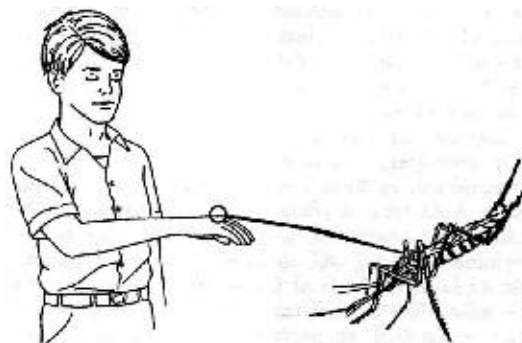


Figura 4. Mosco *Anopheles* causante del paludismo.

plagas urbanas (ratas, piojos, cucarachas) y las plagas agrícolas.

Los plaguicidas organoclorados en el ambiente acuático

Los plaguicidas OC al ingresar al sistema acuático por diversos mecanismos, ocasionan problemas de contaminación ya que deterioran la calidad del medio ambiente y provocan efectos nocivos sobre la biota (organismos vegetales y animales) acuática y la salud humana. Entre las rutas de entrada está el arrastre, infiltración y erosión de los suelos, principalmente de los agrícolas que fueron rociados con plaguicidas, el lavado de dichos suelos hace que éstos alcancen los ríos y ecosistemas costeros y marinos; también está el agua utilizada para lavar el material de rociado y que es vertida en estanques, ríos y lagunas; otra ruta es a través de la precipitación proveniente de la atmósfera o por transporte atmosférico; se debe destacar que en la Isla Ross en la Antártida, a pesar de que hay pocas actividades antropogénicas, a finales de los 60's se determinaron varios OC, concluyéndose que la presencia de éstos se debía al transporte atmosférico. En los años 1988 a 1990 también se identificaron lindano y p,p'DDE en peces y zooplancton en la misma región, pero las concentraciones han disminuido (Larsson *et al.*, 1992).

Otros mecanismos por medio de los cuales los pesticidas llegan al medio acuático incluyen los restos de plaguicidas que se dispersan en el agua después del rociamiento, derrames accidentales de OC y por la aplicación directa de éstos en plantaciones situadas en las orillas de los sistemas acuáticos o cuando se añaden a ríos o estanques para matar peces. Una vez que los OC están en el ecosistema acuático pueden ser transportados en el agua por advección (movimiento horizontal de los contaminantes disueltos), dependiendo de la velocidad y dirección de las corrientes o por dispersión, que involucra la mezcla de estas sustancias en la columna de agua donde experimentan reacciones físicas, químicas o biológicas que

incluyen fotólisis, oxidación, hidrólisis, volatilización, transformaciones biológicas, adsorción y bioacumulación.

En la fotólisis hay una oxidación fotoquímica del plaguicida que puede verse limitada por la concentración de oxígeno presente y por la cantidad de luz; sin embargo, éstos no suelen ser factores limitantes en las lagunas costeras. Durante la oxidación hay una reacción lenta del pesticida con el oxígeno disuelto, si en el medio existen concentraciones altas de materia orgánica disuelta y compuestos húmicos (sustancias derivadas de la descomposición de la vegetación podrida), se libera peróxido de hidrógeno que también es oxidante. Cabe señalar que en aguas naturales las oxidaciones a menudo son procesos mediados por microorganismos. En lo que se refiere a los mecanismos de hidrólisis, éstos son degradaciones de primer orden que pueden estar catalizadas por un ácido o por una base y puede incrementarse en presencia de sustancias húmicas en el agua.

La volatilización, al ser el flujo del contaminante a través de la interfase agua–aire, da como resultado el reingreso de éste a la atmósfera.

Las transformaciones biológicas se refieren a la degradación de estos compuestos aromáticos tanto por hongos como por bacterias, dicho proceso abarca reacciones de dehalogenación, alquilación, hidrólisis, oxidación, reducción y reacciones de condensación durante el metabolismo y el co–metabolismo, éste último se refiere a la degradación de los pesticidas por microorganismos cuando el microbio no es capaz de utilizar el plaguicida como substrato para el crecimiento (Schnoor, 1992).

Además de estar reaccionando en el agua, gran parte de estos compuestos se depositan paulatinamente en los sedimentos donde pueden experimentar hidrólisis, degradación anaerobia o se adsorben en partículas húmicas, minerales y arcillas, como el DDT y sus metabolitos, constituyendo así una fuente de sustancias tóxicas que pueden estar disponibles para los organismos asociados a los sedimentos (bentos) de los sistemas costeros (Goldberg, 1976) (Fig. 5).

Cuando los organismos incorporan estas sustancias no nutritivas a través de la membrana branquial y el tejido epitelial y las almacenan en sus tejidos, se presenta el proceso de bioconcentración, si éste continúa a través del tiempo da lugar a la bioacumulación. Cuando los OC no sólo se incrementan en los organismos de un nivel trófico inferior, sino que alcanzan a los de niveles tróficos sucesivos dentro de un ecosistema, se origina la biomagnificación (Fig. 6). Este fenómeno es particularmente importante en los niveles tróficos elevados en donde se incluye al hombre.

La presencia de OC en las cadenas alimenticias, por ejemplo, en el mar del Artico han sido descritas en numerosos estudios de plancton, peces, aves marinas y mamíferos marinos. El oso polar (*Ursus maritimus*) es un carnívoro en el que se ha demostrado un alto grado de biomagnificación de OC debido a que es el principal depredador ya que se alimenta de focas, las cuales a su vez capturan peces y crustáceos (Espeland *et al.* 1997).

Resumiendo, los plaguicidas en el medio acuático pueden ser degradados, permanecer sin cambios, regresar a la atmósfera por volatilización, depositarse en los sedimentos, bioconcentrarse en los organismos de dichos ecosistemas e incluso biomagnificarse.

Distribución de organoclorados en ecosistemas costeros

Benítez y Bárcenas (1996) mencionan que las principales rutas de entrada de plaguicidas al Golfo de México son los ríos: Bravo, Soto la Marina, Pánuco, Tuxpan, Cazones, Tecolutla, Actopan, La Antigua, Papaloapan, Jamapa, Coatzacoalcos y Grijalva; asimismo se ha determinado la presencia de OC en los sistemas estuarinos de Alvarado–Camaronera (Veracruz), Carmen–Machona y Términos (Campeche).

En el Golfo de México, la laguna Alvarado se caracterizó por tener mayores concentraciones de OC totales en sedimentos, con respecto a El Carmen y Machona; de éstos el endrín tuvo niveles promedio de 7.8 ng/g, destacando el hecho de que se detectó en los tres cuerpos lagunares mencionados. En el caso de organismos, el ostión, registró las mayores concentraciones promedio en Alvarado (17.65 ng/g) y aunque los niveles todavía no sobrepasan los límites establecidos por USFDA (1984) de 500–700 ng/g peso seco como máximo en alimentos para consumo humano, dichas concentraciones son estables y se encuentran en niveles subletales en los organismos de estas tres lagunas (Rueda, 1993).

En la laguna de Términos, tanto en peces como en sedimentos hay un claro predominio de p,p' DDT y endosulfán en el área de Candelaria y Palizada. Los OC en esta laguna están asociados a los cultivos de chile, arroz, maíz y a su empleo en las campañas de salud (Díaz, 1992; Benítez y Bárcenas, 1996).

En la porción del Pacífico, en el Estado de Chiapas diversas áreas se dedican a la agricultura de plantaciones de café, plátano, mango, soya, sorgo y algodón, por lo mismo, se utilizan extensamente los agroquímicos incluyendo los OC, éstos ingresan a los ambientes costeros principalmente por medio del aporte fluvial, detectándose niveles importantes de OC. en los sistemas lagunares Chantuto–Panzacola y Carretas–Pereyra, Chis. Rueda *et al.* (1997) concluyeron que en los sedimentos las mayores concen-

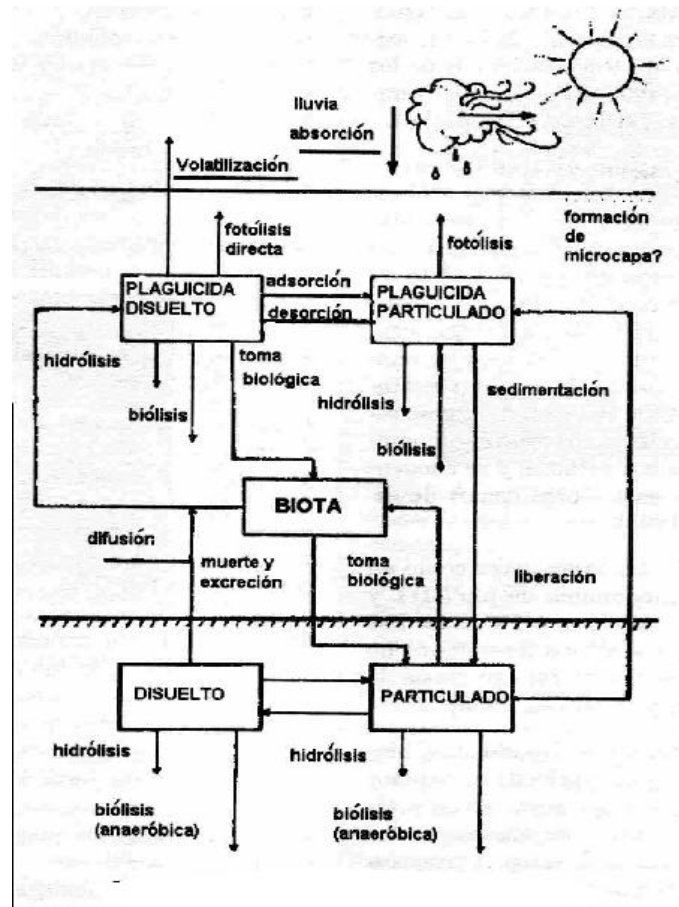


Figura 5. Ruta y transporte de plaguicidas.

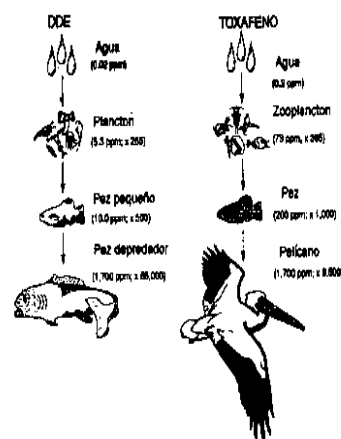


Figura 6. Ejemplo de biomagnificación de DDE y Toxafeno en sistemas acuáticos.

traciones de OC se presentaron en Carretas–Pereyra (71.59 ng/g – 157 ng/g), predominando el heptacloro, époxido de heptacloro y aldrín, mientras que en Chantuto–Panzacola las concentraciones fueron de 25.77 ng/g a 72.07 ng/g, sobresaliendo el endosulfán II, p,p'DDE y époxido de heptacloro. Cabe señalar que la mayoría de esos compuestos han sido restringidos y prohibidos para su empleo en México debido a su alta toxicidad. También se determinaron OC en organismos de importancia comercial, entre ellos el camarón, registrándose las concentraciones promedio más altas en Chantuto–Panzacola (21.42 ng/g), mientras que en Carretas–Pereyra el promedio fue de 8.72 ng/g; en tanto que para el pescado “pargo prieto” en este mismo sistema, los niveles cuantificados fueron de 93.9 ng/g; dichos niveles se encuentran por debajo de los límites permitidos para consumo humano de acuerdo con las normas establecidas por las diferentes agencias internacionales (USDFA 1984, Mugachia *et al.* 1992).

En un estudio reciente en la costa noroeste de Baja California se concluyó que los plaguicidas más frecuentemente detectados fueron el p,p'DDE, lindano, y clordano y que las concentraciones de OC totales estuvieron en un intervalo de 0.2 a 4.5 ng/g (Gutiérrez *et al.* 1998).

Efectos de los organoclorados en los organismos

Los contaminantes orgánicos como los OC en el ambiente marino y estuarino, pueden afectar el desarrollo de los organismos e inclusive la salud humana, sobre todo a través del consumo directo de especies como el ostión, camarón, mejillón, langostino, jaiba y peces.

Debido a que los OC son compuestos orgánicos hidrofóbicos, tienden a acumularse en el tejido adiposo de los organismos. Como todos los organismos contienen lípidos, captan fácilmente plaguicidas lipofílicos del suelo y del agua de los ambientes. En ciertos ambientes los organismos pueden bioconcentrar estos OC solubles en grasa de 10 a 1000 veces los niveles detectados en los ambientes (Tardiff, 1992). La bioconcentración de los plaguicidas se lleva a cabo por inhalación, absorción dérmica, ingestión y acción sistémica a través de las superficies de las plantas y raíces, y superficies celulares de los microorganismos; la ingestión de alimento o agua son de particular importancia, siendo los juveniles los organismos de mayor riesgo. El principal impacto de los plaguicidas es sobre las llamadas especies no–blanco (una especie no–blanco se refiere a las especies benéficas de las tramas de la naturaleza) ya que entre éstas se encuentran depredadores que funcionan de manera natural como controles biológicos de las poblaciones de insectos–plaga.

Espina y Vanegas (1996) citan que algunos OC son particularmente tóxicos y sus efectos sobre la biota pueden ser letales o subletales ya que alteran procesos biológicos como la tasa de crecimiento y el intercambio de los iones de Na y K o bien, pueden provocar la muerte de los organismos. En los moluscos y crustáceos, el endosulfán provoca una disminución de los aminoácidos libres en la hemolinfa (líquido sanguíneo de los invertebrados), así como la inhibición de la NA–K–ATPasa branquial. Tales perturbaciones alteran los procesos de osmoregulación y el consumo de oxígeno de los organismos, lo que a su vez repercute en su actividad normal. También se presentan alteraciones en la reproducción y el crecimiento de crustáceos y moluscos (bivalvos).

En los peces también los efectos se presentan generalmente durante el ciclo reproductivo, por ejemplo, el DDT y sus derivados alteran el preferendum final de la temperatura de reproducción en los peces, dando como resultado que la población no pueda alcanzar el área donde normalmente ocurre el desove; otro efecto es que los plaguicidas alteran el tiempo en el que el saco vitelino es absorbido. Además de influir sobre la reproducción, algunos OC ocasionan daños en diferentes órganos de los peces como el hígado, riñón, cerebro, branquias, músculo, intestino y gónadas (Jonsson y Toledo, 1993). Al respecto destacan los trabajos de Urdaneta *et al.* (1995) quienes han confirmado la existencia de anomalías en el esqueleto, necrosis en hígado y tumores benignos y malignos en peces de granjas acuícolas en el Estado de Zulia, Venezuela. Cabe señalar que la toxicidad de los pesticidas es mayor en los peces que en los invertebrados.

En las aves, el principal efecto de los OC (Tardiff, 1992) es sobre la reproducción, estableciéndose que principalmente el p,p'DDE ocasiona adelgazamiento de los cascarones de huevos (Fig. 7) en varias especies como el halcón (Fig. 8) y el águila, así como una disminución de la tasa reproductiva, dando por resultado un declinamiento de la población.

En lo referente a mamíferos marinos (ballenas, delfines, focas, entre otros), una gran proporción de la masa de su cuerpo es grasa, que le sirve como aislante térmico y almacenaje de energía. Debido a la naturaleza lipofílica de los OC el transporte y los niveles de éstos están asociados con el metabolismo de los ácidos grasos. La transferencia de residuos de OC durante los períodos de lactancia y ayuno es particularmente importante en estos organismos, la primera, como una ruta de excreción de varios OC en las hembras de foca, no obstante, se desconocen las consecuencias para la descendencia (Espeland *et al.* 1997).

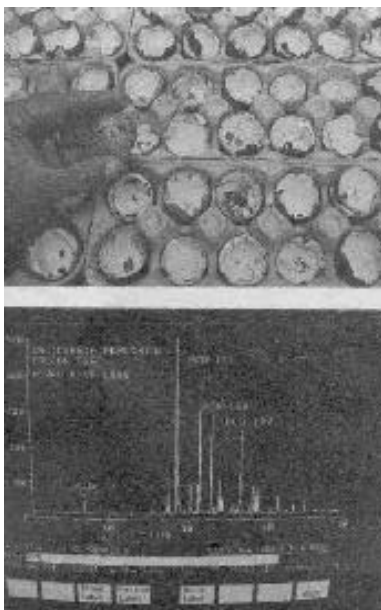


Figura 7. Cromatograma que confirma la presencia de DDE, responsable del adelgazamiento de los cascarones de las aves.



Figura 8. El DDE al adelgazar los cascarones de los halcones ocasiona que éstos se rompan fácilmente y las aves mueran.

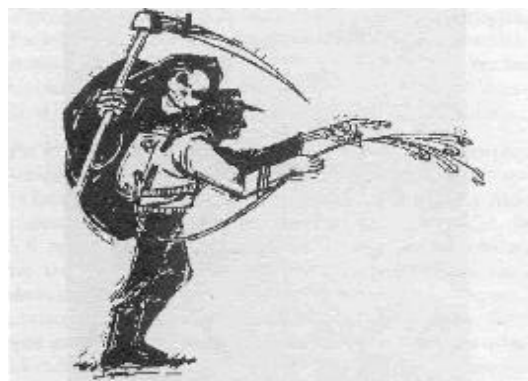


Figura 9. Aplicación de organoclorados con tanque a la espalda.

Efectos de los organoclorados en el hombre

Existen diversas fuentes de exposición humana a los plaguicidas, que circunscriben las agudas o crónicas, las profesionales o no profesionales y las intencionales o no intencionales. La exposición del hombre a los plaguicidas provoca que éstos sean acumulados a partir de tres formas, la oral (por ingestión), la inhalación (a través de las vías respiratorias) y la dérmica (a través de la piel).

En cuanto a la exposición accidental, ésta puede presentarse cuando los OC están depositados en armarios de la casa, almacenados en recipientes sin señal distintiva, guardados junto con productos alimenticios; al usar plaguicidas agrícolas con fines domésticos, colocar agua potable en recipientes vacíos donde anteriormente se guardaban plaguicidas, por el tratamiento de productos alimenticios con estas sustancias y por último, el transporte de alimentos y plaguicidas en un mismo vehículo.

Por otra parte, la exposición profesional se refiere a los obreros que están relacionados directamente con la fabricación y la formulación de OC, a los vendedores, transportistas, mezcladores y cargadores implicados en su distribución; así como a los operarios del equipo de aplicación (Fig. 9), cultivadores y recolectores (Fig.10); socorristas y personal de limpieza relacionados con la industria de los plaguicidas.

Una vez que los OC son incorporados en el organismo humano se almacenan en el tejido graso donde suelen ser inactivos. En las épocas de nutrición deficiente o de relativa inanición, los depósitos adiposos se movilizan y los OC se liberan, pasando al torrente sanguíneo, con posibilidad de producir efectos tóxicos si la concentración alcanza un nivel suficientemente elevado. En los seres humanos los plaguicidas (principalmente DDT y lindano) provocan diversos efectos, entre los que se incluyen los de tipo cutáneo caracterizados por reacciones alérgicas y



Figura 10. Recolectores de sandía contaminada con organoclorados.

exantemas. Frecuentemente todos los OC producen alteraciones metabólicas al desencadenar la formación de enzimas y cloracné; asimismo tienen efectos neurológicos que abarcan lesiones del sistema nervioso central (OMS, 1992).

El endosulfán altera las concentraciones de sodio y potasio y disminuye los niveles de calcio y magnesio en el plasma sanguíneo (Naqvi y Vaishnavi, 1993). En el caso de la exposición a HCH, éste puede ocasionar una enfermedad llamada porfiria; mientras que el DDT y sus metabolitos como el p,p'DDT, p,p'DDE se reporta que tienen efectos estrogénicos. El heptacloro aumenta el riesgo de leucemia y desórdenes en el hígado en niños contaminados por ingestión de leche (Fig. 11) que contenía heptacloro (Nasir, 1998).

De igual forma, además del tejido adiposo, se han reportado OC (dieldrín, DDT, DDE, HCH y epóxido de heptacloro) en el suero y la leche materna (Tardiff, 1992). Un área de preocupación relacionada con la persistencia de plaguicidas en el cuerpo humano ha sido la transferencia de OC al infante a través de la placenta y la leche materna. Los OC se transfieren desde el tejido graso a la grasa de la leche durante la lactancia y las concentraciones determinadas en los recién nacidos son comparables con las evaluadas en el medio. Estos insecticidas también pueden trasladarse (trasladarse) al feto por medio del cordón umbilical. El heptacloro ocasiona nacimientos prematuros y que los recién nacidos tengan un peso bajo y un desarrollo cerebral atrasado e incluso tiene potencial teratogénico. La presencia de compuestos del DDT en altas concentraciones en la sangre de una mujer embarazada puede aumentar el metabolismo del estrógeno y la progesterona, lo que puede provocar un aborto (Nasir *et al.* 1998).

Uno de los países en donde se han registrado altos niveles de OC (DDT y sus metabolitos y heptaclorociclohexano) en leche materna ha sido Jordania



Figura 11. La leche contaminada con heptacloro aumenta el riesgo de leucemia en niños.

nia (en Valle Jordán) donde se usan extensivamente estos contaminantes para el control de mosquitos, reflejando la contaminación ambiental por estos insecticidas (Nasir *et al.* 1998).

En un estudio presentado por Prado *et al.* (1998) sobre la presencia de OC en leche pasteurizada en la Ciudad de México, se reportaron los siguientes resultados:

Residuo	$\mu\text{g/g}$	LMR*
HCH	0.22	48
Lindano	0.38	8
Aldrín + Dieldrín	0.25	40
Heptacloro + Epóxido de heptacloro	0.15	24
Endrín	0.05	38
DDT + metabolitos	0.12	0

*(% de muestras que sobrepasaron la norma)

Este trabajo fue realizado por la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco y dada su relevancia motivó a la Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México (RAPAM) a demandar una investigación seria y a fondo sobre la contaminación con OC en la leche pasteurizada de vaca y otros productos lácteos. Esta convocatoria se presentó a Instituciones de Investigación y Educación Superior para que se incluya un muestreo más extenso, con el fin de determinar qué marcas comerciales aún presentan concentraciones de residuos de OC que violen las normas sanitarias, se informe a la población y

se tomen las medidas correctivas para evitar que este caso se repita en el futuro y se sancione a los responsables conforme a derecho. Finalmente, aunque no se ha reconocido de manera oficial, se menciona que la leche marca "LALA" procedente de La Laguna, fue una de las leches donde se detectaron residuos de OC (RAPAM, 1998).

Restricciones

En la reglamentación referente al empleo de plaguicidas destacan dos términos "Prohibido" y "Severamente Restringido". Se define como "Prohibido" aquel plaguicida cuyos usos registrados han sido prohibidos en su totalidad por decisión gubernamental, o cuyas solicitudes de registro o una acción equivalente para todos sus usos no han sido otorgadas por motivos de salud humana o ambientales. Se considera "Severamente Restringido" aquel plaguicida del cual virtualmente todos sus usos registrados han sido prohibidos por acciones reglamentarias gubernamentales, no obstante, se autorizan algunos usos registrados específicamente. En E.U.A. en la clase de los plaguicidas "Prohibidos" están el aldrín, DDT, dieldrín y DDE; y entre los "Severamente Restringidos" se ubican el clordano y el heptacloro, (EPA, 1992). Cabe señalar que *Velsicol Chemical Corporation* en 1991 exportó 750 toneladas de clordano y heptacloro a varios países del mundo, a pesar de que en E.U.A. desde 1978, la EPA prohibió el uso agrícola de éstos (Jewell, 1993).

Aparte de establecer restricciones para el uso de los plaguicidas a principios de 1993 la EPA dio a conocer su nueva política sobre la exportación de éstos, siendo los Estados Unidos el único país del mundo en exigir una notificación de exportación de plaguicidas no-registrados. Antes de exportar un plaguicida de este tipo, los exportadores deben enviar a sus clientes una "Declaración de aceptación de comprador extranjero" que informa a dichos compradores que el producto no ha sido autorizado para su uso en E.U.A. El comprador debe remitir la declaración al exportador, quien luego la envía a la EPA; quien a su vez, enviará las declaraciones a la "Autoridades Nacionales Designadas" de los países importadores así como a las de los países de destino final o uso intencional, tal como lo ha definido el Principio de Información y Consentimiento Previos del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Marquardt, 1993).

No obstante lo anterior, en 1993 *Velsicol Chemical Corporation* en E.U.A. afirmó que seguirá produciendo los insecticidas extremadamente tóxicos, clordano y heptacloro para la exportación "siempre y cuando los compre la gente". Esta compañía es la única productora de estos dos compuestos cuyos mercados van

disminuyendo rápidamente en el mundo industrializado debido a que se ha demostrado que son carcinogénicos en animales de laboratorio. *Velsicol* vende los plaguicidas particularmente a los países del tercer mundo (Jewell, 1993).

En Europa la Regulación sobre Exportación e Importación de Ciertas Sustancias Peligrosas de 1992 prohíbe la importación de productos tóxicos en otros países. Este procedimiento se basa en el principio de que los envíos internacionales de sustancias químicas prohibidas o severamente restringidas no deberían hacerse sin el acuerdo del país importador, entre dichas sustancias están los OC: aldrín (29 países), DDT (33 países), dieldrín (32 países), endosulfán (9 países), endrín (31 países), hexacloroheptano (21 países), lindano (18 países) y heptacloro (21 países). No obstante, la Comunidad Económica Europea (CEE) permite a los exportadores vender productos tóxicos obsoletos o prohibidos en otros países, de tal manera que en Italia y Holanda pueden exportar si siguen el procedimiento de "Consentimiento previo al país importador" (PIC), que dicta su legislación. Gran Bretaña notifica voluntariamente al país importador sobre los productos prohibidos o severamente restringidos, mientras que en Francia, simplemente no hay restricciones para la exportación de plaguicidas, ni siquiera de los altamente tóxicos. Así pues, todos los productos prohibidos en Europa, tales como el DDT y endrín se pueden comercializar libremente en el extranjero (Restrepo, 1988).

Este comercio indebido se ve facilitado por la incapacidad o la renuencia de los gobiernos importadores por proteger a sus ciudadanos de los venenos extranjeros (Fig. 12). Por ejemplo, en 1991, comerciantes de desechos de Alemania recibieron autorización del Ministerio de Agricultura de Albania para enviar a ese país, cinco cargamentos de plaguicidas vencidos y prohibidos (incluyendo toxafeno) como "ayuda humanitaria" para uso agrícola. Según la regulación este comercio tóxico es perfectamente legal (Jewell, 1993).

México manufactura la mayoría de plaguicidas que consume y también es un país exportador, particularmente de DDT el cual está controlado por la corporación gubernamental FERTIMEX. Ésta también produce plaguicidas para venta a corporaciones transnacionales que regresan los productos a México al por menor, bajo docenas de nombres comerciales. Existen casi tres docenas de plantas públicas y privadas para la formulación de plaguicidas, las que operan en una fracción pequeña (5-15%) de su capacidad y están buscando activamente inversionistas para su expansión (Wright, 1991).

"UN DIA HIJO MIO,
TODO ESTO SERA TUYO....."



Figura 12. Sin palabras ...

Por otra parte, en nuestro país, el Catálogo Oficial de Plaguicidas (Diario Oficial de la Federación, 1991), tiene registrados 250 ingredientes activos que pueden ser empleados en el país. En el mismo catálogo también se indica el uso de los diferentes insecticidas, así como los compuestos suspendidos, restringidos y prohibidos para su uso en la República Mexicana; sin embargo, no está establecido un límite de tolerancia específico de los plaguicidas en alimentos. Por lo anterior los niveles de OC detectados en éstos se evalúan y comparan con base en las regulaciones adoptadas por agencias internacionales, en especial las determinadas por el gobierno de Estados Unidos, las cuales establecen los límites máximos de OC permisibles en alimentos para consumo humano (USFDA).

Comentarios

Los OC están siendo reemplazados por plaguicidas organofosforados o carbamatos en los países desarrollados para evitar posibles problemas de contaminación, puesto que en los sistemas acuáticos los efectos de éstos ya han sido ampliamente demostrados.

La presencia de OC en regiones prístinas resulta principalmente del transporte atmosférico desde áreas industrializadas, por lo que este grupo de productos químicos ha sido reconocido desde hace varias décadas como contaminante ambiental global (Espeland *et al.* 1997).

La detección de OC en leche materna, fetos y otras muestras biológicas ilustran la necesidad del manejo y evaluación de las exposiciones que ocurren, debido a que los residuos pueden persistir en el ambiente, en las cadenas alimenticias y en el cuerpo humano

por largo tiempo incluso después de que el uso del químico ha sido discontinuado.

Por último, Suecia es uno de los países en los que se ha determinado que los niveles de OC empezaron a disminuir considerablemente desde la década de los años 70 a pesar de que en los años 60 estaba muy contaminado por DDT y HCH, lo que demuestra que las medidas de protección ambiental implementadas tuvieron un efecto positivo (Bignert *et al.* 1998).

Bibliografía

1. Benítez, J.A., Bárcenas C. 1996. Patrones de Uso de los Plaguicidas en la Zona Costera del Golfo de México. In. Botello A.V., J.L. Rojas-Galaviz, J. Benítez y D. Zárate-Lomelí (Eds), 1996. Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. Universidad Autónoma de Campeche, EPOMEX Serie Científica 5. 155–167 pp.
2. Bignert, A., M. Olsson, W. Persson, S. Jensen, S. Zakrisson, K. Litzén, U. Eriksson, L. Höggberg, T. Alsberg. 1998. Temporal trends of organochlorines in Northern Europe, 1967–1995. Relation to global fractionation, leakage from sediments and international measures. *Environ. Pollut.* 99(2):177–198.
3. Diario Oficial de la Federación. 1991. Catálogo Oficial de Plaguicidas. Tomo CDLV N. 13. México, D.F. 1a. y 2a. Sección 128 p.
4. Díaz, G.G. 1992. Determinación de Hidrocarburos Organoclorados en Sedimento y Organismos de la Plataforma Continental y Zonas Costeras del Golfo de México. Tesis Doctoral, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. 169 p.
5. Espeland, O., L. Kleivane, S. Haugen, J.U. Skaare. 1997. Organochlorines in Mother and Pup Pairs in Two Arctic Seals Species: Harp Seal (*Phoca groenlandica*) and Hooded Seal (*Cystophora cristata*). *Mar. Environ. Res.* 44(3):315–330.
6. Espina S., C. Vanegas. 1996. Ecotoxicología y Contaminación. In. Botello A.V., J.L. Rojas-Galaviz, J. Benítez y D. Zárate-Lomelí (Eds), 1996. Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. Universidad Autónoma de Campeche, EPOMEX Serie Científica 5. 93–94 pp.
7. Goldberg, D.E. 1976. *The Health of the Oceans*. UNESCO Press, París, Francia. 172 pp.
8. Goldberg, D.E. 1995. Emerging Problems in the Coastal Zone for the Twenty-first Century. *Mar. Pollut. Bull.* 31:152–158.
9. Gutiérrez, G.E., L.M. Ríos, G.F. Muñoz, J.C. Villaescusa. 1998. Chlorinated Hydrocarbons in Marine Sediments of the Baja California (Mexico)–California (USA) Border Zone. *Mar. Pollut. Bull.* 36(1):27–31.

10. Iwate, H., S. Tanabe, N. Sakai, A. Nishimura, R. Tatsukawa. 1994. Geographical distribution of persistent organochlorines in air, water and sediments from Asia and Oceania, and their implications for global redistribution from lower latitudes. *Environmental Pollution*. 85:15–33.
11. Jewell, T. 1993. La Regulación Consentimiento Previa Información de la Comunidad Europea No Ofrece Ganancias al Medio Ambiente. *Boletín El Tráfico Tóxico*. Greenpeace. 62:8–10. 32–34.
12. Jonsson, C.M., M.T. Toledo. 1993. Bioaccumulation and Elimination of Endosulfan in the fish Yellow Tetra (*Hyphessobrycon bifasciatus*). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 50:572–577.
13. Larsson, P., C. Jörnmark, A. Anders Södergren. 1992. PCBs and Chlorinated Pesticides in the Atmosphere and Aquatic Organisms of Ross Island, Antarctica. *Mar. Pollut. Bull.* 25(9–12):281–287.
14. Mansingh, A., A. Wilson. 1995. Insecticide Contamination of Jamaican Environment III. Baseline Studies on the Status of Insecticidal Pollution of Kingston Harbour. *Mar. Pollut. Bull.* 30(10):640–645.
15. Marquardt, S. 1993. Estados Unidos define nueva política sobre la exportación de plaguicidas. *Boletín El Tráfico Tóxico*. Greenpeace. 61:7–9.
16. Mugachia, J., L. Kanja, T. Maitho. 1992. Organochlorine pesticide residues in estuarine fish from the Athi River, Kenya. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 49:199–206.
17. Murty, A.S. 1986. Toxicity of Pesticides to Fish. Vol. I. CRC Press, inc. Florida, U.S.A. 178 pp.
18. Naqvi, S., Ch. Vaishnavi. 1993. Bioaccumulative potential and toxicity of endosulfan an insecticide to non-target animals. Mini-review. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 105C: 347–361.
19. Nasir, K., Y.Y. Bilto, Al-Shuraiki. 1998. Residues of chlorinated hydrocarbon insecticides in human milk of Jordanian women. *Environ. Pollut.* 99(2):141–148.
20. Organización Mundial de la Salud (OMS). 1992. Consecuencias Sanitarias del Empleo de Plaguicidas en la Agricultura. Ginebra, Suiza. 128 p.
21. Peterson, S.M., G.E. Batley. 1993. The Fate of Endosulfan in Aquatic Ecosystems. *Environ. Pollut.* 82:143–152.
22. Prado, G., G.G. Díaz, S. Vega, M. González, N. Pérez, G. Urbán, R. Gutiérrez, A. Ramírez, M. Pinto. 1998. Residuos de plaguicidas persistentes en leche pasteurizada. RAPAM. *Boletín de la red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México*. Ene–may/Boletín 21–22:5–6.
23. RAPAM. 1998. RAPAM demanda una mayor investigación e información pública sobre la contaminación de la leche. *Boletín de la Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México*. Ene–may/Boletín 21–22:6–7.
24. Restrepo, I. 1988. Naturaleza Muerta: Los Plaguicidas en México. Andromeda. México, D.F. 221 pp.
25. Rueda, L.Q., A.V. Botello, G.G. Díaz. 1997. Presencia de Plaguicidas Organoclorados en dos Sistemas Lagunares del Estado de Chiapas, México. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 13(2):55–61.
26. Rueda, Q. 1993. Determinación de Plaguicidas Organoclorados en Sedimentos y Organismos (moluscos y peces) de Lagunas Costeras en el Sureste de México. Tesis Licenciatura. Fac. Ciencias. UNAM. 78 pp.
27. Schnoor, J. L. 1992. Fate of Pesticides and Chemicals in the Environment. John Wiley and Sons.
28. Stainer, R. Y., E. A. Adelberg y J. L. Ingraham. 1986. Microbiología. Ed. Repla, S. A. México. 836 p.
29. Tardiff, R.G. (Ed) 1992. Methods to Assess Adverse Effects of Pesticides on Non-target Organisms. SCOPE 49 IPCS Joint Symposia 16 SGOMSEC 7. John Wiley & Sons, Inc. England.
30. U.S.F.D.A. United States Food and Drug Administration). 1984. Action levels from chemicals and poisonous substances. U.S. Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service. New York.
31. Urdaneta, H., B. Medina, Z. Acosta. 1995. Organochlorine Compounds in Fish from a Farming Station in the Municipality of Páez, State of Zulia, Venezuela. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 54:703–710.
32. Wright, A. 1991. Third World Pesticide Production. *Global Pesticide Campaigner*. 1(3):4–5.