

## **COMPORTAMIENTO DE PLAGUICIDAS PERSISTENTES EN EL MEDIO AMBIENTE**

Sandra Viviana Jáquez Matas, Laura Silvia González Valdez, Rafael Irigoyen Campuzano,  
Víctor Ortega Martínez

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango del Instituto  
Politécnico Nacional, Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Dgo., 34200.

Tel/Fax: 618 8142091

Correo electrónico: viviana\_vj@hotmail.com

### **RESUMEN**

Los plaguicidas son sustancias o mezcla de sustancias utilizadas para controlar plagas que atacan los cultivos agrícolas o insectos que son vectores de enfermedades. Los plaguicidas químicos sintéticos son resultado de un proceso industrial de síntesis química, y se han convertido en la forma dominante del combate a las plagas. Su adecuada utilización contribuye a elevar la producción de alimentos y además, a bajo costo. Sin embargo, dada su naturaleza, al ser aplicados constantemente a suelos agrícolas generan residuos que pueden contaminar suelos, cuerpos de agua, aire y biota, llegando a afectar cadenas tróficas y como consecuencia a la salud humana. Esta contaminación puede ocurrir por medio de una serie de complejos procesos de transporte, volatilización, precipitación pluvial, escurrimientos, infiltraciones y lixiviaciones, los cuales están influidos por múltiples factores del tipo: climático, geomorfológico, edafológico, actividades antropogénicas (manejo), y por las propiedades fisicoquímicas de estos compuestos. La presencia de estos residuos depende en gran medida del grado de persistencia de los plaguicidas; unos se degradan con rapidez, otros precisan de amplios periodos de tiempo. Convenios internacionales como el de Estocolmo, pretenden eliminar o restringir los contaminantes orgánicos persistentes (COP's), entre los cuales se encuentran varios plaguicidas organoclorados, con el fin de prevenir que el inadecuado uso o alguna circunstancia no prevista desencadene algún desequilibrio medio ambiental.

**PALABRAS CLAVE:** Plaguicidas persistentes, organoclorados, medio ambiente.

### **ABSTRACT**

Pesticides are substances or mixture of substances used to control pests that attack agricultural crops and insects that are disease vectors. Synthetic chemical pesticides are the result of an industrial process of chemical synthesis, and have become the dominant form of combating pests. Their use contributes to adequate food production at low cost. However, by their nature, when applied to agricultural soils constantly generate waste that can contaminate soil, waterways, air and biota, affecting food chains and consequently to human health. This contamination can occur through a series of complex transport processes, volatilization, precipitation, runoff, infiltration and leaching, which are influenced by many factors such as climate, geomorphological, edaphic, anthropogenic activities (management), and the physicochemical properties of the compounds. The presence of these residues depends largely on the degree of persistence

of pesticides, some are degraded rapidly, and others require extended periods of time. International agreements such as the Stockholm Convention, intended to eliminate or restrict persistent organic pollutants (POPs), among which are several organochlorine pesticides in order to prevent the improper use or some unforeseen circumstance triggers some environmental imbalance.

**KEY WORDS:** Persistent pesticides, organochlorines, environment.

## **INTRODUCCIÓN**

El propósito del presente artículo es proporcionar una visión general acerca de cómo se comportan los residuos plaguicidas en el medio ambiente, principalmente los de mayor persistencia.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a los plaguicidas como cualquier sustancia o mezclas de sustancias, de carácter orgánico o inorgánico, que está destinada a combatir insectos, ácaros, roedores y otras especies indeseables de plantas y animales que son perjudiciales para el hombre, incluyendo los vectores de organismos causantes de enfermedades humanas, y las especies que interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, madera, entre otros, también aquellas otras sustancias destinadas a utilizarse como regulador del crecimiento de la planta, defoliante o desecante, asimismo aquellas que pueden administrarse a los animales para combatir insectos arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos (OMS, 2010).

El primer plaguicida sintetizado fue el DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano), y sus propiedades insecticidas se descubrieron en 1939. Autorizada su comercialización en los Estados Unidos en 1945, se expande al resto del mundo, iniciándose también la búsqueda de múltiples compuestos análogos. Siendo la agricultura, la salud pública, el control estructural de plagas, la industria, el tratamiento de áreas verdes y de grandes reservas y depósitos de agua, las principales actividades donde se utilizan plaguicidas. A pesar de que el uso dado a los plaguicidas ha sido múltiple y variado, la agricultura es la actividad que más emplea este tipo de compuestos, consumiendo el 85% de la producción mundial (Ramírez y Lacasaña, 2001).

El uso del DDT y de varios plaguicidas ha ocasionado daños importantes en el medio ambiente y las personas, originando la necesidad de monitorear constantemente diversas matrices ambientales, agua superficial, agua subterránea, suelo, sedimentos, aire, entre otros factores (Mejías y Jerez, 2006). Estos daños se asociaron principalmente con la agricultura convencional, que Schuldt (2006) la definió como un sistema de producción extremadamente artificial basado en el alto consumo de insumos sin considerar los ciclos naturales, y en el uso de sustancias químicas sintéticas de manera parcial o total.

El empleo incontrolado de estos plaguicidas químicos sintéticos puede suponer un grave riesgo y efectos negativos. Uno de estos efectos es la presencia de residuos de plaguicidas y sus metabolitos en el ambiente y en los alimentos. La presencia de estos residuos depende en gran medida del grado de persistencia de los plaguicidas, que es muy diverso; mientras unos se degradan con rapidez, precisan de amplios periodos de tiempo. En muchos casos, el suelo y las aguas subterráneas se convierten en reservas ambientales de estos residuos, desde los cuales se pueden desplazar, a través de una gran variedad de rutas, a la atmósfera, aguas y organismos vivos, donde sufren diferentes procesos de acumulación, degradación y disipación (Andreu, 2008).

El descubrimiento de la presencia y la acumulación de los plaguicidas organoclorados en el tejido adiposo de animales y humanos y su biomagnificación en la cadena alimenticia, originó que se les agrupara bajo el nombre de contaminantes orgánicos persistentes y que en la década de los setenta se estableciera su restricción y prohibición. Esta prohibición se ha aplicado fundamentalmente en los usos agrícolas y sanitarios de países del primer mundo y de manera paulatina en países en desarrollo (Waliszewski, 2008).

Reconocido así, el riesgo de los plaguicidas especialmente de los persistentes, es por los posibles efectos nocivos que pueden ocasionar en los seres vivos a los cuales no están destinados (Triviño, 1982). En convenios internacionales como el de Estocolmo (COP, 2001), se pretende eliminar o restringir los contaminantes orgánicos persistentes, entre los cuales se encuentran varios plaguicidas organoclorados, denominados de interés prioritario, los cuales están listados en los anexos A Parte I y B Parte I de ese Convenio.

## CLASIFICACIÓN DE PLAGUICIDAS

Los plaguicidas se clasifican en función de algunas de sus características principales, como la toxicidad aguda, la vida media, la estructura química y su uso. De acuerdo a su estructura química, los plaguicidas se clasifican en diversas familias, que incluyen desde los compuestos organoclorados y organofosforados hasta compuestos inorgánicos. En la Tabla 1 se contemplan algunas familias de plaguicidas relevantes debido al daño que causan a la salud y a su gran demanda de uso (Ramírez y Lacasaña, 2001).

Tabla 1.- Clasificación de los plaguicidas, según la familia química.

FAMILIA QUÍMICA	EJEMPLOS
Organoclorados	DDT, aldrín, endosulfán, endrín
Organofosforados	Bromophos, diclorvos, malatión
Carbamatos	Carbaryl, methomyl, propoxur
Tiocarbamatos	Ditiocarbamato, mancozeb, maneb
Piretroides	Cypermethrin, fenvalerato, permethrin
Derivados bipyridilos	Clomequat, diquat, paraquat
Derivados del ácido fenoxiacético	Dicloroprop, picram, silvex
Derivados cloronitrofenólicos	DNOC, dinoterb, dinocap
Derivados de triazinas	Atrazine, ametryn, desmetryn, simazine
Compuestos orgánicos del estano	Cyhexatin, dowco, plictrán
Compuestos inorgánicos	Arsénico pentóxido, obpa, fosfito de magnesio, cloruro de mercurio, arsenato de plomo, bromuro de metilo, antimonio, mercurio,



Tabla 3. Clasificación de los plaguicidas según su vida media de efectividad.

PERSISTENCIA	VIDA MEDIA	EJEMPLOS
No persistente	De días hasta 12 semanas	Malatión, diazinón, carbarilo, diametrín
Moderadamente persistente	De 1 a 18 meses	Paratión, lannate
Persistente	De varios meses a 20 años	DDT, aldrín, dieldrín
Permanentes	Indefinidamente	Productos hechos a partir de mercurio, plomo, arsénico

Fuente: Ramírez y Lacasaña (2001).

La persistencia se refiere a la capacidad de una sustancia o un compuesto, de permanecer en un sustrato del ambiente en particular, después de que ha cumplido el objetivo por el cual se aplicó. La vida media es el lapso de tiempo necesario para que se degrade la mitad del compuesto o mezcla aplicada.

### **TRANSPORTE DE PLAGUICIDAS EN MEDIO AMBIENTE**

Para comprender cómo se comporta un plaguicida en el ambiente se requiere información sobre las características medio ambientales, el mecanismo de transporte, la geografía del sitio y las características físico-químicas de la molécula del plaguicida estudiado. Ante la gran complejidad y cantidad de datos requeridos, es difícil predecir exactamente lo que le pasará a una partícula de plaguicida cuando ésta ha entrado en el ambiente. A pesar del complejo problema, los científicos han logrado determinar ciertas características físico-químicas cuantificables para los plaguicidas, como es la solubilidad, presión de vapor, constante de la Ley de Henry, el coeficiente de carbono orgánico (Koc) y el coeficiente de partición octanol-agua (Kow). Con esta información se puede predecir el lugar donde pudieran encontrarse diferentes niveles de los residuos plaguicidas (INE, Sin fecha).

Las moléculas de plaguicida no permanecen intactas por tiempo indefinido en el medio ambiente, ya que con el tiempo sufren una degradación influenciada por microorganismos, actividad química, pH, clima, y contenido de materia orgánica del suelo, características topográficas y geológicas del sitio, tipo de suelo, entre otros factores (INE, Sin fecha).

### **CARACTERÍSTICAS MEDIO AMBIENTALES**

La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, ATSDR), define las características medio ambientales como los lugares en que puede estar presente el plaguicida, tales como; materiales o sustancias de desecho, agua subterránea o superficial, aire, suelo, subsuelo, sedimento y biota (ATSDR, 1995).

### **MECANISMOS DE TRANSPORTE AMBIENTAL DE LOS PLAGUICIDAS**

Los mecanismos de transporte son la forma en que se mueven los plaguicidas en el medio ambiente, desde la fuente emisora del plaguicida hasta los puntos donde existe exposición para el ser humano o biota. El transporte ambiental involucra los movimientos de gases, líquidos y partículas sólidas dentro de un medio determinado y a través de las interfaces entre el aire, el agua, sedimento, suelo, plantas y animales (ATSDR, 1995).

Mecanismos que influyen en el destino y transporte de sustancias químicas:

Aire: Fotólisis, reacciones con oxhidrilos, reacciones con ozono, otras reacciones.

Suelo: Fotólisis, hidrólisis, biodegradación, oxidación/reducción.

Agua: Hidrólisis, fotólisis, oxidación/reducción, biodegradación.

Sedimento: Hidrólisis, degradación microbiana, oxidación/reducción.

Biota: Bioacumulación, metabolismo.

Los mecanismos que influyen en el destino y transporte de los plaguicidas se describen a continuación (INE, Sin fecha).

**Difusión.** Es el movimiento de moléculas debido a un gradiente de concentración. Este movimiento es al azar pero trae como consecuencia el flujo de materiales desde las zonas más concentradas a las menos concentradas. Para medir la difusión de un compuesto en el suelo hay que considerar la interacción conjunta de parámetros tales como la porosidad, los procesos de adsorción, la naturaleza del compuesto, entre otros.

**Lixiviación.** Es el parámetro más importante de la evaluación del movimiento de una sustancia en el suelo. Está ligada a la dinámica del agua, a la estructura del suelo y a factores propios del plaguicida. Los compuestos aplicados al suelo tienden a desplazarse con el agua y lixiviar a través del perfil, alcanzando las capas más profundas y el acuífero, que en consecuencia resulta contaminado.

**Evaporación.** La tasa de pérdida de un plaguicida por volatilización depende de su presión de vapor, de la temperatura, de su volatilidad intrínseca y de la velocidad de difusión hacia la superficie de evaporación.

### **INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SITIO EN EL TRANSPORTE DE PLAGUICIDAS**

Las características físicas y las condiciones ambientales del sitio de estudio contribuyen al transporte de los contaminantes. Por consiguiente, es necesaria la información acerca del medio como lo son la topografía, geología, tipos de suelo y ubicación, permeabilidad del suelo, cobertura del suelo, precipitación anual, condiciones de temperatura, dirección y flujo de aire y agua, entre otros, para poder estimar hacia donde pudiera desplazarse el plaguicida aplicado (INE, Sin fecha).

### **FACTORES FÍSICO-QUÍMICOS QUE INFLUYEN EN EL DESTINO DE LOS CONTAMINANTES Y EN EL TRANSPORTE AMBIENTAL**

#### **Volatilización**

La volatilidad representa la tendencia del plaguicida a pasar a la fase gaseosa. Todas las sustancias orgánicas son volátiles en algún grado dependiendo de su presión de



vapor, del estado físico en que se encuentren y de la temperatura ambiente. La volatilidad se mide a partir de la constante de Henry que depende de la presión de vapor en estado líquido y de la solubilidad en agua. Un plaguicida con presión de vapor mayor a 10.6 mm Hg puede fácilmente volatilizarse y tiende a alejarse del lugar donde se aplicó (Jenkins, 1999).

La constante de la Ley de Henry (H) describe la tendencia de un plaguicida a volatilizarse del agua o suelo húmedo. El valor se calcula usando la presión de vapor, solubilidad en agua y peso molecular de un plaguicida. Cuando el plaguicida tiene una alta solubilidad en agua con relación a su presión de vapor, el plaguicida se disolverá principalmente en agua. Un valor alto de la Ley de Henry, indica que un plaguicida tiene un potencial elevado para volatilizarse del suelo húmedo, un valor bajo predice un mayor potencial de lixiviación del plaguicida (Jenkins, 1999).

#### Persistencia

Si la vida media y la persistencia de un plaguicida son mayores a la frecuencia con la que se aplican, los plaguicidas tienden a acumularse tanto en los suelos como en la biota y con el tiempo, la mayoría de los plaguicidas sufren una degradación como resultado de reacciones químicas y microbiológicas en suelo o agua (CICOPLAFEST, 1998).

La estabilidad química de los plaguicidas en el ambiente y por tanto su vida media, está relacionada con la eficiencia de los procesos de degradación natural como biodegradación, fotodegradación e hidrólisis química. Sin embargo, la degradación parcial de plaguicidas puede conducir a la formación de metabolitos con gran impacto ambiental (Narváez, 2012).

La difícil detección y cuantificación de metabolitos de plaguicidas no ha permitido establecer el efecto ambiental de muchas de estas sustancias. Solo la descomposición total hasta  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  y minerales, asegura una reducción del 100 % de los efectos tóxicos de un plaguicida en el ambiente (Narváez, 2012).

La descomposición de los plaguicidas en el ambiente depende de varios factores incluidos la temperatura, el pH del suelo, los microorganismos presentes en el

suelo, clima, exposición del plaguicida a la luz, agua y oxígeno. De acuerdo al INE (Sin fecha) existen diferentes conceptos de tipos de vida media de un plaguicida:

- Vida media en suelo: Es el tiempo requerido para que un plaguicida se degrade en el suelo. La vida media está determinada por el tipo de organismos presentes en el suelo, el tipo de suelo (arena, arcilla, limo), pH y la temperatura, entre otros factores.

- Vida media por fotólisis: Es el tiempo requerido para que la mitad de un plaguicida aplicado expuesto a la luz del sol se degrade.

- Vida media por hidrólisis: Es el tiempo requerido para que la mitad de un plaguicida aplicado se degrade por la acción del agua.

Todos los plaguicidas organoclorados son considerados sustancias persistentes, ya que su tiempo promedio de degradación es de 5 años. Su estructura química corresponde a la de los hidrocarburos clorados, lo que les confiere una alta estabilidad física y química, haciéndolos insolubles en agua, estables a la luz solar, a la humedad, al aire y al calor, no volátiles y altamente solubles en disolventes orgánicos (Ramírez y Lacasaña, 2001). Como consecuencia de esto, muchos países permiten el uso de organoclorados exclusivamente en campañas de salud pública para combatir insectos vectores de enfermedades de importancia epidemiológica, como por ejemplo, la malaria y el dengue. Otros países han prohibido o restringido su uso. Se probó en un estudio que la persistencia en el ambiente de algunos de ellos como el DDT y sus metabolitos puede ser de más de 10 años, 5 años para el lindano, de 3 a 5 años para el aldrín, de 8 años para el dieldrín, 3.5 años para el heptacloro, superior a 4 años para el clordano y más de 2 años para el endosulfán (Tapia, 1986).

### Solubilidad en Agua

La solubilidad en agua de un plaguicida es una medida que determina la máxima concentración que se disuelve en un litro de agua, por lo general tiene valores entre 1 a 100000 mg/L. Los plaguicidas muy solubles en agua se adsorben con baja afinidad a los suelos y por lo tanto, son fácilmente transportados del lugar de la aplicación por una

fuerte lluvia, riego o escurrimiento, hasta los cuerpos de agua superficial y/o subterránea (INE, Sin fecha).

#### Coeficiente de adsorción de carbono orgánico ( $K_{OC}$ )

A este valor también se le conoce como coeficiente de adsorción suelo/agua o coeficiente de adsorción. Es una medida de la tendencia de un compuesto orgánico a ser adsorbido (retenido) por los suelos o sedimentos. Un  $K_{OC}$  elevado indica que el plaguicida orgánico se fija con firmeza en la materia orgánica del suelo, por lo que poca cantidad del compuesto se mueve a las aguas superficiales o a los acuíferos (INE, Sin fecha).

#### Coeficiente de Partición Octanol/Agua ( $K_{OW}$ )

El coeficiente de partición octanol-agua ( $K_{OW}$ ) es una medida de cómo una sustancia química puede distribuirse entre dos solventes inmiscibles, agua (es un solvente polar) y octanol (es un solvente relativamente no polar, que representa a las grasas). El  $K_{OW}$  proporciona un valor de la polaridad de un plaguicida, que es frecuentemente utilizado en modelos para determinar cómo un plaguicida puede distribuirse en tejido de grasa animal. Los plaguicidas con una vida media y un  $K_{OW}$  altos pueden acumularse en tejido graso y bioacumularse a lo largo de la cadena alimenticia (INE, Sin fecha).

### **POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA**

La Agencia de Protección Ambiental (EPA, 1986), de los Estados Unidos, realizó estudios de laboratorio durante 10 años, asociando ciertas propiedades de los plaguicidas con la lixiviación, y determinaron los siguientes valores de potencial de contaminación en el agua subterránea: solubilidad en agua > 30 ppm, constante de la ley de Henry <  $10^{-2}$  atm  $m^{-3}$  /mol,  $K_{OC}$  < de 300 a 500, vida media por hidrólisis > de 25 semanas, vida media por fotólisis > de una semana.

En la Figura 1 se muestra una representación gráfica de la contaminación de un ambiente acuático por el uso de plaguicidas, así como los posibles mecanismos de transporte y transformación de plaguicidas en el ambiente, donde la fuente principal de

contaminación es el uso de plaguicidas por aspersión y por disolución directa en la tierra de cultivo (Mendoza, 2006).

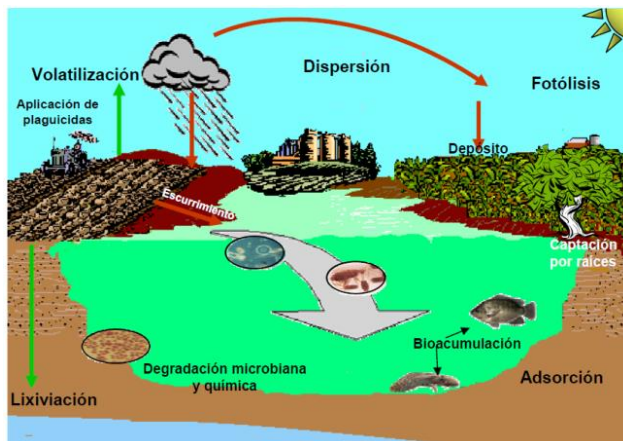


Figura 1. Representación gráfica de la contaminación de un ambiente acuático por el uso de plaguicidas (Fuente: Mendoza, 2006).

Como se muestra en la Figura 1, después de su aplicación los plaguicidas pueden desplazarse de distintas maneras en el medio ambiente, una de las cuales es la degradación biológica o química en el suelo, o bien, descomposición del follaje por la luz solar. También la volatilización y la absorción por plantas (las que pueden ser consumidas por animales y/o humanos). Otra forma puede ser la adsorción a partículas del suelo, la disolución en agua que escurre superficialmente o que se filtra en el suelo (lixiviación). Los plaguicidas que están más firmemente adheridos o adsorbidos a partículas del suelo, se mueven con el sedimento (Jerez, 1999).

De acuerdo a las propiedades físicas y químicas de los compuestos y a las características propias del ambiente, el mecanismo de transporte de los plaguicidas puede ser por precipitación pluvial, dispersión, escurrimientos, infiltraciones (Mendoza, 2006). De acuerdo a lo expuesto anteriormente se puede decir que las propiedades fisicoquímicas del plaguicida y del medio donde se desarrollan son las que determinan la cinética ambiental de plaguicida.

## **DISTRIBUCIÓN Y FIJACIÓN DE LOS RESIDUOS PLAGUICIDAS**

Los plaguicidas entran a los ecosistemas durante su proceso de fabricación y durante su aplicación como control de plagas. La mayoría de los plaguicidas persistentes presentes en el ambiente son el resultado de su uso en el pasado. Por sus características fisicoquímicas, también entran al aire cuando se evaporan del agua y suelo contaminado, lo que les permite migrar grandes distancias, para posteriormente ser depositados nuevamente sobre el suelo y el agua, este ciclo puede repetirse ininidad de veces (Diez, 2007).

En ecosistemas naturales, próximos a zonas agrícolas, es probable que ciertos plaguicidas estén presentes a concentraciones bajas pero persistentes, causando efectos subletales (en la reproducción y el desarrollo) en un gran número de especies del ecosistema (Andreu, 2008). Esto se atribuye al proceso de biomagnificación, que consiste en la bioacumulación de una sustancia tóxica. Ésta se presenta en bajas concentraciones en organismos al principio de la cadena trófica y en mayor proporción a medida que se asciende en la cadena trófica. Esto significa que las presas tienen menor concentración de sustancias tóxicas que el predador (Croteau, 2005).

Lo anterior puede ser a consecuencia de la persistencia de la sustancia, bioenergética de una cadena trófica y/o baja (o no existente) tasa de degradación interna/excreción de la sustancia, incluso debido a no solubilidad en agua (Croteau, 2005).

Los alimentos de origen animal y vegetal, el aire, el agua, el suelo, la flora y la fauna son fuentes comunes de exposición a residuos plaguicidas. En los humanos la exposición aguda se presenta, básicamente, en el ámbito laboral, mientras que la de tipo crónico afecta comúnmente a la población general (Ramírez y Lacasaña, 2001).

En los vegetales, una vez que el plaguicida se encuentra en el interior de los organismos puede llegar a los tejidos parenquimáticos o puede alcanzar los sistemas vasculares. La mayoría de los plaguicidas aplicados al follaje, son transportados desde las hojas a los órganos de almacenamiento y a los puntos de crecimiento. Los plaguicidas aplicados al suelo son absorbidos por las raíces y transportados hacia las hojas ya

desarrolladas. En los animales, una vez absorbidos, por vía digestiva o cutánea, los plaguicidas clorados se acumulan en el tejido adiposo (Jerez, 1999).

Se considera que el ingreso de plaguicidas organoclorados a los suelos ocurre por la superficie, y que son sustancias lipofílicas retenidas en la fracción orgánica del suelo. En la Figura 2 se muestra el ciclo de distribución y fijación de plaguicidas de alta persistencia (De la Barra, 1987).

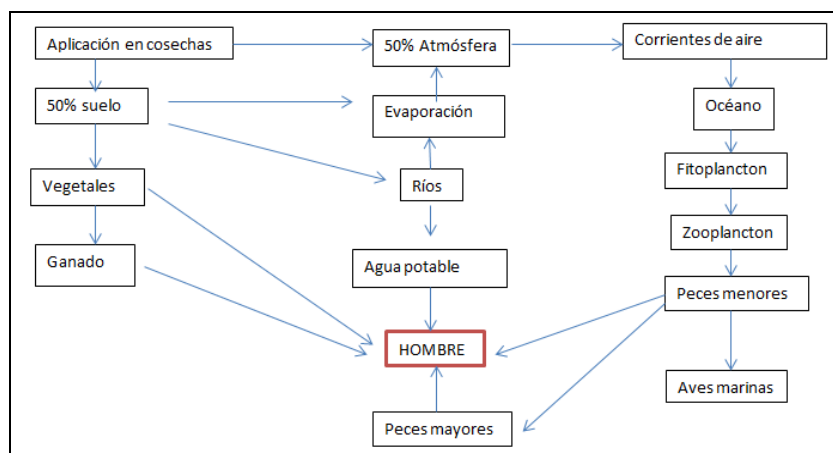


Figura 2. Ciclo de distribución y fijación de plaguicidas de alta persistencia. (Fuente: De la Barra, 1987).

En otros diversos estudios (Triviño, 1982; Carrillo, 1986 y González, 1987, citados por Jerez, 1999) se ha encontrado que los residuos de plaguicidas pueden ser detectados a varios kilómetros desde su sitio de aplicación y persistir, no solo donde han sido aplicados, sino también en otros componentes del ecosistema. Además se ha estimado que sólo el 0.1 % de la cantidad de plaguicidas aplicado llega a la plaga, mientras que el restante circula por el medio ambiente, contaminando el suelo, agua y la biota (Rodríguez, 2006).

## CONSIDERACIONES FINALES

Los plaguicidas al ser aplicados constantemente en zonas agrícolas generan residuos que pueden contaminar biota, suelos, cuerpos de agua y aire, llegando a afectar cadenas tróficas y como consecuencia la salud humana. Esta contaminación puede ocurrir

por biomagnificación, transporte, precipitación pluvial, evaporación, escurrimientos, infiltraciones, y lixiviaciones. Algunos de ellos son considerados sustancias Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), y la presencia de estos plaguicidas en el medio ambiente, su concentración y transformación en los organismos vivos representan un grave problema ambiental y de salud.

Por lo tanto, se hace necesario caracterizar el destino final y la toxicidad no prevista de estos residuos plaguicidas para así poder evaluar con certeza el riesgo asociado a su uso y con esto poder establecer medidas preventivas para evitar o reducir el ingreso de agroquímicos a los ambientes naturales.

En México son relativamente escasos los estudios sobre residuos de plaguicidas en matices ambientales, consecuentemente, el Instituto Nacional de Ecología indica que sería importante realizar investigaciones a nivel de laboratorio y campo con las condiciones ambientales que prevalecen en México, a fin de entender los parámetros ambientales e identificar de forma precisa el transporte y comportamiento de los plaguicidas en el ambiente a lo largo de su ciclo de vida. Esto proporcionaría la mínima información requerida para prevenir el desarrollo de resistencia de las plagas, la intoxicación de insectos, animales y plantas benéficos para el hombre y evitar la bioacumulación a lo largo de las cadenas tróficas, asimismo prevenir y controlar la contaminación de suelo, aire y agua.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Andreu, S. O. 2008. Evaluación de riesgos ambientales del uso de plaguicidas empleados en el cultivo del arroz en el parque Natural de la Albufera de Valencia. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Valencia. España.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 1995. Evaluación de Riesgos en Salud por la Exposición a Residuos Peligrosos. Atlanta, Georgia.

CICOPLAFEST (Comisión Intersecretarial para el Control y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas). 1998. Catálogo Oficial de Plaguicidas. SEMARNAP-SSA. México.

COP (Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes). 2001. Consultado 10 de Abril 2012. [www.pops.int/](http://www.pops.int/)

- Croteau, M., S. N. Luoma, A. R Stewart. 2005. Trophic transfer of metals along freshwater food webs: Evidence of cadmium biomagnification in nature. *Limnology and Oceanography* 50: 1511-1519.
- De La Barra, M. 1987. Determinación del contenido de pesticidas organoclorados en alimentos para ganado bovino, por cromatografía gas-líquido. Tesis de licenciatura. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Diez, C. F. G. D. L. R. 2007. Estudio: precisión del inventario de plaguicidas obsoletos y sitios contaminados con éstos. Donación TF-053710. Actividades de rehabilitación para ayudar a México a cumplir con convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.
- EPA (Environmental Protection Agency U. S.). 1986. Pesticides in Groundwater: Background Document. USA.
- INE (Instituto Nacional de Ecología). Sin fecha. Características físico-químicas de los plaguicidas y su transporte en el ambiente. Consultado 3 de Abril 2012. <http://www2.ine.gob.mx/sistemas/plaguicidas/>
- Jerez F. V. 1999. Determinación de pesticidas organoclorados en suelo agrícola y productos agropecuarios de la comuna de Chonchi, provincia de Chiloé. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Jenkins, J. J., P. A. Thomson. 1999. Extension Pesticide Properties Database. Oregon State University Extension Service. USA.
- Mejías B. J., B. J. Jerez. 2006. Guía para la toma de muestras de residuos plaguicidas: Agua, sedimentos y suelo. Gobierno de Chile. Ministerio de Agricultura. Servicio Agrícola y Ganadero. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chile.
- Mendoza, R. C. 2006. Representación gráfica de la contaminación de un ambiente acuático por el uso de plaguicidas. Modelo conceptual. Lugar de impresión.
- Narváez, V. J. F., B. J. A. Palacio, J. Molina. 2012. Persistencia de plaguicidas en el ambiente y su ecotoxicidad: Una revisión de los procesos de degradación natural. *Revista Gestión y Ambiente* 15: 27-38.



- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2010. Código internacional de conducta sobre la distribución y utilización de plaguicidas. Directrices para el registro de plaguicidas. Consultado 3 de Noviembre 2012. [http://whqlibdoc.who.int/hq/2010/WHO\\_HTM\\_NTD\\_WHOPES\\_2010.7\\_spa.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2010/WHO_HTM_NTD_WHOPES_2010.7_spa.pdf)
- Ramírez, J. A., M. Lacasaña. 2001. Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. Archivos de Prevención y Riesgos Laborales 2: 67-75.
- Rodríguez S., J. D., M. G., et al. 2006. Evaluación de plaguicidas organoclorados en suelos de La Comarca Lagunera, México. Agrofaz 6: 77-83.
- Schuldt, M. 2006. Lombricultura: teoría y práctica. Ediciones Mundi-Prensa. Buenos Aires, Argentina.
- Tapia, R. 1986. Problemas de residuos y toxicología de pesticidas. Simiente 50: 65-68.
- Triviño, I. A. 1982. Contaminación de leche materna, tejido adiposo de mujeres y leche de vaca por plaguicidas de alto poder residual. Boletín del Instituto de Salud Pública de Chile 23: 90-99.
- Waliszewski S. M., Xóchitl M. G., R. M., et al. 2008. Uso de ácido sulfúrico en las determinaciones de plaguicidas organoclorados. 1. Calidad químico-analítica de la precipitación de grasas por el ácido sulfúrico concentrado en muestras de alto contenido de lípidos. Revista internacional de contaminación ambiental 24: 33-38.