

ANEXO 3

“CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y AMBIENTALES DE LOS COPs”



ANEXO 3: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y AMBIENTALES DE LOS COPs

Los criterios que se usan para definir la peligrosidad de las sustancias para los organismos vivos, se refieren al siguiente conjunto de características de las mismas:

- Estructura química
- Características físico-químicas
- Persistencia
- Transformación química o bioquímica
- Movilidad ambiental
- Bioconcentración, bioacumulación y biomagnificación
- Efectos adversos sobre organismos vivos

La persistencia es la propiedad de las sustancias que les permite resistir los procesos de degradación. Las características físico-químicas de los compuestos orgánicos persistentes determinan una resistencia de sus moléculas a la degradación química, bioquímica y fotoquímica, lo que se refleja en una vida media prolongada en el ambiente; los compuestos cuyo tiempo de degradación es extremadamente largo, se consideran persistentes.

En su gran mayoría los COPs son productos sintéticos, con carácter xenobiótico; son ubicuos, se encuentran en todos los medios ambientales y en todas las regiones del planeta, incluso desiertos, océanos y regiones polares. También se les encuentra en organismos de todos los niveles tróficos. Se bioacumulan en múltiples especies y se biomagnifican en todas las cadenas tróficas.

Los COPs pueden ser de dos tipos de subgrupos de carácter orgánico: los hidrocarburos halogenados y los hidrocarburos poliaromáticos (HPA). Entre los primeros se encuentran los hidrocarburos clorados, en los que la molécula puede tener uno o más átomos de cloro unidos a uno o más átomos de carbono. Los HAP son en general productos de la combustión incompleta de materia orgánica, entre ellos se encuentran las dioxinas y los furanos.

Entre los COPs aromáticos clorados se encuentran p,p'-dicloro-difenil-tricloroetano (DDT), hexaclorobenceno (HCB), policloro-dibenzo-dioxinas (PCDD) y policloro-dibenzo-furanos (PCDF). COPs ciclodiénicos son clordano, heptacloro y mirex. Toxafeno es un compuesto cicloalifático.

Los enlaces de carbono-cloro son muy estables y tienen baja polaridad, lo que los hace poco reactivos y resistentes a agentes degradantes. La cantidad de átomos de cloro determina en forma directamente proporcional la intensificación de algunas de las principales características de estos compuestos. A medida que aumenta el número de átomos de cloro en la molécula, aumentan la estabilidad de la molécula, la liposolubilidad, la tendencia a la bioacumulación, la adsorción a partículas, la resistencia a la degradación de todo tipo, la persistencia y la vida media en el ambiente. A su vez, hidrosolubilidad, potencial de percolación y presión de vapor, disminuyen con el aumento de átomos de cloro en la molécula. Un buen ejemplo de este perfil son los PCBs. Los compuestos aromáticos clorados son más estables que los alifáticos clorados.

Los indicadores físico-químicos de mayor importancia para entender la dinámica ambiental de los COPs son la solubilidad en agua, presión de vapor, constante de la ley de Henry (H), el coeficiente de partición octanol-agua (K_{ow}) y el coeficiente de partición carbono orgánico-agua (K_{oc}).

Entre los parámetros usados para determinar las propiedades de los plaguicidas que influyen en los procesos de su dinámica ambiental, están los siguientes.

Respecto a la *degradación* están el tiempo de semidesintegración (DT_{50}), que precisa la vida media del compuesto en un medio específico como suelo, agua, etc.; la biodegradación, que es la transformación de la sustancia por acción microbiana y que puede ser aeróbica o anaeróbica; la hidrólisis, que es influida considerablemente por el pH del ambiente, y la fotólisis.

En cuanto a la *movilidad*, inciden a) la solubilidad en agua, que se expresa en mg/L a 20° ó 25° C y que refleja el grado con que los compuestos serán arrastrados o eliminados desde el suelo o materiales contaminados; COPs con alto grado de solubilidad en agua serán fácilmente percolados o lavados desde los suelos; b) el coeficiente de partición carbono orgánico-agua (K_{oc}), define la proporción del plaguicida adsorbido a las partículas del suelo versus lo que está disuelto en el agua del suelo, es una razón cuyos valores bajos indican fácil percolación desde el suelo y valores altos indican fuerte fijación del compuesto al suelo; c) la volatilidad parcial, evidenciada por la presión de vapor, parámetro que depende de la temperatura ambiental, en ambientes cálidos la tendencia a volatilizarse es mayor que en climas fríos, o sea, la vida media en agua y suelos es más corta en climas cálidos que en climas fríos.

En cuanto a la *bioacumulación*, que es la tendencia de un compuesto a acumularse en los organismos en función del tiempo. Se cuantifica mediante el coeficiente de partición octanol-agua (K_{ow}), coeficiente que refleja la distribución de un plaguicida en dos líquidos que no se mezclan; los compuestos con valores altos del coeficiente –o sea, más disueltos en octanol que en agua- tenderán a acumularse en los organismos. En la práctica el coeficiente se maneja como logaritmo, $\log K_{ow}$. El Convenio de Estocolmo esta-

blece para los COPs un $\log K_{ow}$ superior a 5. También la bioacumulación mide mediante el factor de bioconcentración (FBC), dado que los COPs tienen gran afinidad por los componentes orgánicos del ambiente y de la biota; en mayor o menor intensidad todos tienden a bioconcentrarse en los organismos acuáticos y a incorporarse a las cadenas tróficas. Una medida de la magnitud del fenómeno de bioconcentración que lleva a la bioacumulación es el factor de bioconcentración, cifra que expresa el número de veces que la concentración del compuesto al interior del organismo es mayor que la concentración del mismo en el medio externo, habitualmente agua. El Convenio de Estocolmo establece para los COPs un FBC de 5.000 o más. El factor de bioconcentración puede alcanzar en la biota acuática valores de 18.000 (endrín), 50.000-500.000 (DDT) y 800.000 (PCBs).

La lipofilidad es una característica de los hidrocarburos halogenados con pesos moleculares mayores a 240 g/mol, rango en el cual se encuentran los COPs y es la propiedad que incide en gran medida en su característica de bioacumularse, por su gran afinidad por los tejidos grasos de los organismos vivos, causando los problemas ambientales propios de las cadenas tróficas y los problemas de salud por su acumulación en los humanos en tejidos grasos y en leche.

Al interior de los organismos, la lipofilidad, la resistencia a la degradación bioquímica y la baja y lenta tasa de excreción, favorecen la tendencia de los COPs a bioacumularse y a biomagnificarse. Es por estas razones que, aunque las concentraciones de los COPs en el ambiente puedan parecer extremadamente bajas e inducir la idea de que no significan problema, la carga corporal de los mismos en los organismos vivos superiores, incluido el humano, pueden con el transcurso del tiempo llegar a ser significativamente altas e intrínsecamente peligrosas.

Los diferentes COPs presentan en general características físico-químicas y de dinámica ambiental muy similares. Varias de estas características son intrínsecas a la sustancia, pero pueden variar en sus intensidades según la interacción con las condiciones físicas, químicas y biológicas del ambiente en donde se encuentran; de estas interacciones surgirán situaciones de mayor o menor peligrosidad tóxica.

para los seres vivos que estén en el entorno. Estas variaciones pueden significar factores de riesgo en relación a la exposición humana.

En general, en suelo y agua las tasas de transformación y degradación biológica y química son lentas o nulas, como sucede con el hexaclorobenceno en suelos; el heptacloro en cambio, se biodegrada fácilmente en suelos. Son resistentes a la biodegradación en condiciones aeróbicas, no así en anaerobiosis en que la degradación es relativamente rápida. Estas condiciones determinan que las vidas medias en suelos y aguas sean en general bastante prolongadas, como ocurre con el hexaclorobenceno.

En suelos presentan altas tasas de adsorción a las partículas, en donde tienden a fijarse a tal extremo que en general casi no presentan posibilidades de percolación hacia aguas subterráneas. Las vidas medias en los suelos son del orden de varios años. Presentan de moderada a nula movilidad. Desde el suelo ingresan en parte a los vegetales para iniciar su incorporación a las cadenas tróficas terrestres.

En aguas, la solubilidad va desde los niveles más bajos que presentan dioxinas y furanos (del orden de fracciones de ng/L) y PCBs (del orden de fracciones de $\mu\text{g/L}$), hasta el endrín que presenta el valor más alto de hidrosolubilidad. En este medio tienden a adsorberse fuertemente a sólidos en suspensión y a sedimentos. El pH del agua influye en los procesos de degradación química, más lentos en aguas ácidas y por tanto vida media más larga y más rápidos en aguas alcalinas con vidas medias de pocos días. La tasa de hidrólisis del endrín es muy lenta, con vida media de 13 años a pH 7 en cambio para el diendrín es de 4 años. Todos presentan un potencial de volatilización a partir de las aguas superficiales, lo que junto con el grado de agitación de las aguas condicionan la vida media en este medio: de 5 años el hexaclorobenceno, de 8 días (ríos) a 90 días (lagos) y 13 años (lagunas) el endrín, de 7 años (lagunas) el diendrín, de 1,5 años (lagos) las dioxinas.

En aire, según la presión de vapor los COPs tienden en grado variable a pasar a fase de vapor, especialmente desde las superficies de suelos y aguas. Las tasas de volatilización determinan también los valores de vida media de los COPs en los medios desde donde se evaporan y que son diferentes para cada sustancia: la vida media del DDT en el suelo según su tasa de volatilización es de 110 días. También determinan la capacidad de transporte a distancia, en función del número de cloros en la molécula; los PCBs livianos tienden a volatilizarse con facilidad y alcanzar distancias remotas, lo que no sucede con los PCBs pesados, tipo octa y nona.

Fuentes de información: FAO 2000, Albert 1997.