



LEARNING TOXICOLOGY  
THROUGH OPEN EDUCATIONAL

# CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES - INTRODUCCIÓN

Ileana MANCIULEA, Lucia DUMITRESCU

Transilvania University of Braşov

[i.manciulea@unitbv.ro](mailto:i.manciulea@unitbv.ro), [lucia.d@unitbv.ro](mailto:lucia.d@unitbv.ro)



## INTRODUCCIÓN

Las personas que viven hoy en día habitan un mundo donde persisten los contaminantes orgánicos (COPs) como DDT, Dieldrin, PCP, HCH, PAH, etc., producidos y utilizados en la agricultura y la industria durante 1920-1950, están presentes en todas partes, incluyendo los tejidos de los organismos que habitan en la Tierra, presentando efectos nocivos para los seres humanos y el medio ambiente.

Se han encontrado COPs en todos los continentes y en todas las zonas climáticas importantes, incluidas las regiones más remotas del mundo, como el océano abierto y los desiertos, y en todas las especies de vida silvestre y humanos (Ritter et al., 1997, AMAP, 2014). Los COPs son sustancias químicas que persisten en el medio ambiente, se bioacumulan y representan un riesgo de causar efectos adversos a la salud humana y/o al medio ambiente. Estos contaminantes se transportan a través de las fronteras internacionales, lejos de sus fuentes, incluso a las regiones donde nunca se han producido o utilizado. Los ecosistemas y los pueblos indígenas del Ártico están particularmente en peligro debido al transporte ambiental a largo plazo y la biomagnificación de estas sustancias. El Báltico y las regiones alpinas también se citan como ejemplos de sumideros de COPs en la UE. Los COPs representan una amenaza para el medio ambiente y/o para la salud humana en todo el mundo. La acción internacional es necesaria para reducir y eliminar la producción, el uso y la eliminación de estos compuestos.

Los COPs son compuestos orgánicos halogenados y naturales, antropogénicos, resistentes a la degradación química, fotolítica y biológica, características que conducen a su acumulación en ecosistemas terrestres y acuáticos. Los seres humanos pueden estar expuestos a los COPs a través de: dieta, accidentes de trabajo y el medio ambiente (incluyendo interiores). La exposición a los COPs, ya sea aguda o crónica, puede estar asociada con una amplia gama de efectos adversos para la salud, incluyendo enfermedad y

muerte. Algunos de los COPs, como los PCBs, pueden persistir en el medio ambiente por largos períodos de años y bioconcentrarse con factores de hasta 70.000 (Ritter et al., Stockholm 2007; AMAP, 2014; WHO 2010; WHO, 2016).

## COPs: PROPIEDADES Y COMPORTAMIENTO AMBIENTAL

El comportamiento de los productos químicos COPs en el medio ambiente está determinado por:

- Su estructura química, propiedades químicas/físicas, naturaleza del medio ambiente.
- Los compuestos orgánicos que tienen muy baja persistencia, baja toxicidad e inmovilidad no presentan riesgos para el medio ambiente y para la salud humana.
- *Los COPs son compuestos orgánicos persistentes, móviles y tóxicos.*
- Relativamente pocas sustancias poseen propiedades que corresponden a COPs.
- *Persistencia* es la longitud de tiempo que el compuesto permanecerá en el ambiente antes de ser eliminado o degradado a otras sustancias menos peligrosas.
- Muy persistente en el medio ambiente son los COPs con vidas medias mayores de 6 meses.
- *Disipación*, es una combinación de al menos dos procesos, degradación y movilidad, y representa la desaparición de una sustancia del medio ambiente.
- *Semi-volatilidad* es una propiedad importante de los COPs que confiere un grado de movilidad a través de la atmósfera, suficiente para permitir que cantidades relativamente grandes entren a la atmósfera y sean transportadas a largas distancias.
- Las sustancias semi-volátiles suelen ser altamente halogenadas, tienen un peso molecular de 200 a 500 y una presión de vapor inferior a 1000 Pa. Estas sustancias pueden volatilizarse de las regiones calientes y condensarse y tienden a permanecer en regiones más frías.

- *Lipofilia* es la tendencia de los COPs a disolverse preferentemente en grasas en lugar de agua.
- Alta lipofilidad de los COPs determinan su bioconcentración del medio a los organismos vivos. Combinada con la persistencia ambiental y la resistencia a la degradación biológica, la lipofilia también da lugar a la biomagnificación a través de la cadena alimentaria (Ritter et al.1997, Stockholm 2007; UNEP, 2010; Ding,2013).

## QUÍMICA Y TOXICOLOGÍA DE LOS COPs

### QUÍMICA

- Por definición, los COPs son compuestos orgánicos, a menudo halogenados/clorados.
- Los COPs son altamente resistentes a la degradación biológica, fotolítica o química.
- El enlace carbono-cloro es muy estable frente a la hidrólisis y, cuanto mayor es el número de sustituciones de cloro y/o grupos funcionales, mayor es la resistencia a la degradación biológica y fotolítica. El cloro unido a un anillo aromático (benceno) es más estable a la hidrólisis que el cloro en las estructuras alifáticas.
- Los COPs con alto grado de halogenación, tienen una solubilidad en agua muy baja y una alta solubilidad lipídica y pueden pasar fácilmente a través de las estructuras fosfolípicas de las membranas biológicas y acumularse en depósitos de grasa.
- Los hidrocarburos halogenados son un grupo importante de COPs y los organoclorados son el grupo más importante (dioxinas, furanos, PCBs, hexaclorobenceno, mirex, toxafeno, heptacloro, clordano y DDT).
- Los COPs se caracterizan por su baja solubilidad en agua, alta solubilidad lipídica y persistencia ambiental, vida media larga y su potencial de bioacumulación y biomagnificación en organismos una vez dispersos en el medio ambiente.

- Aunque se sabe que existen algunas fuentes naturales de organoclorados (bacterias, hongos, plantas, organismos marinos, insectos, etc.), la mayoría de los COPs provienen casi exclusivamente de *fuentes antropogénicas* asociadas con la fabricación y el uso de productos químicos orgánicos. Por el contrario, HCB, dioxinas y furanos se formaron *de forma no intencional* en una amplia gama de procesos de fabricación y combustión.
- Los COPs son típicamente *compuestos semi-volátiles*, característica que favorece su transporte a gran distancia a través de la atmósfera y la resistencia a la degradación biológica y fotolítica. La volatilización puede ocurrir desde las superficies de plantas y del suelo mediante la aplicación de COPs como pesticidas.
- Los compuestos orgánicos halogenados/clorados han sido utilizados por la industria química, produciendo millones de toneladas por año de PVC, disolventes, pesticidas) y en las especialidades químicas y farmacéuticas.
- Además, tanto las fuentes antropogénicas como las no antropogénicas también conducen a la producción de subproductos y emisiones indeseables, caracterizados por su *persistencia y resistencia a la degradación* (tales como dioxinas cloradas, furanos, etc.).
- Debido a sus propiedades fisicoquímicas, los COPs pueden transformarse en el medio ambiente en una variedad de procesos microbianos, químicos y fotoquímicos. La eficiencia de estos procesos ambientales depende en gran medida de las propiedades del compuesto específico y las características del medio ambiente.
- Los compuestos de hidrocarburos clorados cíclicos, aromáticos y de tipo ciclodieno, como algunos pesticidas clorados (DDT, clordano, lindano, heptacloro, dieldrín, aldrin, etc.), con pesos moleculares superiores a 236 g/mol, tienen la capacidad de acumularse en sustancias biológicas tejidos y son conocidos por su persistencia en el medio ambiente.
- Los hidrocarburos clorados de menor peso molecular (menos de 236 g/mol) pueden incluir alcanos y alquenos (diclorometano, clorpicrina, cloroformo) ya menudo se asocian con poca toxicidad aguda, efectos toxicológicos

reversibles y vidas medias medioambientales y biológicas relativamente cortas.

- *La biodisponibilidad* (la proporción de la concentración total de un producto químico disponible para la absorción por un organismo particular), está controlada por una combinación de propiedades químicas del compuesto incluyendo el ambiente y las propiedades morfológicas, bioquímicas y fisiológicas del organismo.
- Generalmente, la excreción de contaminantes orgánicos se facilita mediante la conversión metabólica a compuestos más polares. Debido a su resistencia a la degradación y degradación, los COPs no son fácilmente excretados y los contaminantes (por ejemplo, toxafeno, PCBs, etc.) más resistentes al metabolismo tienden a acumularse en los organismos ya través de la cadena alimentaria. Algunos contaminantes orgánicos pueden convertirse en metabolitos más persistentes (por ejemplo, la conversión metabólica de DDT en DDE y de aldrin en su metabolito persistente dieldrin). (Ritter et al. 1997; Ding et al. 2013; WHO, 2010).

## TOXICOLOGÍA

### Medio Ambiente

- Los COPs se han asociado con un impacto medioambiental significativo en una amplia gama de especies y prácticamente en todos los niveles tróficos. Los efectos agudos de la intoxicación por COPs han sido bien examinados y los efectos adversos se asociaron con la exposición crónica a bajo nivel en el medio ambiente.
- La larga vida media biológica de los COP en organismos vivos facilita la acumulación de pequeñas concentraciones de unidades durante largos períodos de tiempo. Para algunos COPs, existen pruebas experimentales de que las exposiciones acumuladas de bajo nivel pueden estar asociadas con efectos crónicos no letales (inmunotoxicidad, efectos dérmicos y carcinogenicidad).



- Los estudios demostraron que la disfunción inmune es causa de aumento de la mortalidad entre los mamíferos marinos y también demostró que el consumo de dietas contaminadas con COPs puede conducir a deficiencias de tiroides y susceptibilidad a infecciones microbianas y trastornos reproductivos en mamíferos marinos.
- Se ha inducido inmunodeficiencia en una variedad de especies de vida silvestre por COPs (TCDD, PCBs, clordano, HCB, toxafeno, DDT).
- La fauna silvestre, con alta incidencia de tumores, contenía altas concentraciones de PCBs, mirex, clordano y toxafeno (AMAP, 2014; WHO, 2010; WHO, 2016).

### Salud humana

- Estudios científicos sugieren que algunos COPs tienen el potencial de causar efectos adversos significativos a la salud humana, a nivel local, regional y global, a través del transporte de largo alcance (TLA).
- Para algunos COPs, la exposición ocupacional y accidental de alto nivel presenta un gran riesgo para los trabajadores, especialmente en los países en desarrollo donde el uso de COPs en la agricultura resulta en un gran número de muertes.
- Por ejemplo, un estudio en Filipinas mostró que en 1990, el endosulfán se convirtió en la principal causa de envenenamiento agudo relacionado con pesticidas entre los agricultores.
- La exposición de los trabajadores a los COPs durante la gestión de residuos es una fuente importante de riesgo ocupacional en muchos países. La exposición a corto plazo a concentraciones elevadas de ciertos COPs resulta en enfermedad y muerte.
- La exposición ocupacional, de espectadores y de campos cercanos a los productos químicos tóxicos es a menudo difícil de minimizar, especialmente en los países en desarrollo.
- Los problemas en la gestión de la exposición en el lugar de trabajo se deben a la falta de capacitación y de equipo de seguridad y condiciones de trabajo deficientes.

- Los primeros informes de exposición a los COPs relacionados con el impacto en la salud humana incluyen un episodio de intoxicación por alimentos con HCB en el sureste de Turquía, causando la muerte del 90% de los afectados y, en otra exposición, cirrosis hepática, porfiria y trastornos neurológicos.
- Incidente agudo en Italia en 1976, la liberación de 2,3,7,8-TCDD al medio ambiente resultó en un aumento de cloracné.
- La EPA está revisando actualmente los efectos sobre la salud relacionados con dioxinas, especialmente para los criterios de valoración no cancerígenos (inmunotoxicidad, trastornos reproductivos y neurotoxicidad).
- Tales efectos no son comunes en el caso de exposición a concentraciones inferiores derivadas del medio ambiente y de la cadena alimentaria.
- Las observaciones de laboratorio y de campo en animales, así como los estudios clínicos/epidemiológicos en humanos y los estudios sobre cultivos celulares, demostraron que la sobreexposición a ciertos COPs puede estar asociada con una amplia gama de efectos biológicos.
- Estos efectos adversos pueden incluir disfunción inmunológica, déficits neurológicos, anomalías reproductivas, anomalías del comportamiento y carcinogénesis.
- Es difícil establecer las pruebas científicas que demuestren un vínculo entre la exposición crónica a las concentraciones subletales de COPs (que se producen como resultado del transporte de largo alcance) y la salud humana.
- Los estudios informaron que la ingesta dietética de PCBs, dioxinas y furanos puede estar ligada a la reducción de los linfocitos, y sugirió que los niños con consumo de COPs tienen tasas de infección 10-15 veces mayores que los niños con niveles más bajos.
- El feto en desarrollo y el recién nacido son particularmente vulnerables a la exposición a los COPs debido a la transferencia transplacentaria / lactación de las cargas maternas.

- Los residentes del Ártico canadiense que tienen niveles de PCBs superiores a la ingesta diaria aceptable, tienen un riesgo especial de efectos reproductivos y de desarrollo.
- Los estudios de carcinogénesis asociados con la exposición ocupacional a 2,3,7,8-TCDD indican que las exposiciones de alto nivel de las poblaciones humanas aumentan la incidencia de cáncer.
- Los estudios de laboratorio proporcionan evidencias sobre que ciertos compuestos químicos organoclorados (dioxinas y furanos) pueden tener efectos cancerígenos y actuar como promotores de tumores (Ritter et al. 1997; Dewailly et al. 2000; UNEP, 2010; WHO, 2016).

### TRANSPORTE AMBIENTAL DE COPs

- La persistencia puede reducirse mediante procesos de transformación ambiental:
  - (a) biotransformación; (b) oxidación abiótica; (c) hidrólisis y fotólisis.
- La importancia de estos procesos depende de las tasas a las que se producen en condiciones ambientales naturales. Estas tasas dependen de la estructura química y las propiedades de la sustancia y su distribución en el medio ambiente.
- Los factores ambientales tienen poco efecto sobre el desglose y la transformación de los COPs.
- Factores que podrían tener algún efecto son menos efectivos en las regiones polares. Dado el uso continuo y la liberación de COPs en otras partes del globo, el resultado de esto es una acumulación neta de COPs en las regiones polares. Algunas de las propiedades físicas dependen fuertemente de las condiciones ambientales.
- La temperatura afecta a la presión de vapor, solubilidad en agua, constante de la ley de Henry.
- La dirección de intercambio de las sustancias en el océano también refleja diferencias en la temperatura del agua superficial y la concentración atmosférica.

- Por ejemplo, el movimiento neto de COPs en el Golfo de Bengala en el Océano Índico es del océano a la atmósfera, mientras que en las regiones polares es el inverso
- La temperatura también puede afectar la deposición en otros lugares. La distribución de los COPs está inversamente relacionada con la presión de vapor, y por lo tanto con la temperatura.
- Temperaturas más bajas favorecen una mayor partición de estos compuestos de la fase vapor a partículas suspendidas en la atmósfera, incrementando su remoción y transporte a la superficie de la tierra por lluvia y nieve.
- Los países en los trópicos tienen temperaturas más altas durante todo el año que los países de las regiones templadas y polares del mundo.
- La práctica del uso de pesticidas en la agricultura tropical durante la temporada de vegetación más húmeda puede facilitar la rápida disipación de los COPs a través del aire y el agua.
- Estas y otras observaciones sugieren que los aportes de COPs a las aguas costeras tropicales a través de la descarga de los ríos son menos significativas que en las zonas templadas.
- El tiempo de residencia en el medio acuático tropical es corto y la transferencia a la atmósfera es mayor en estas áreas. El corto tiempo de permanencia de los COPs en el agua tropical puede considerarse favorable para los organismos locales, pero tiene implicaciones para el medio ambiente mundial, ya que los residuos volátiles de los trópicos se dispersan a través de la atmósfera.
- La distribución de COPs en los océanos se correlaciona con un cambio importante en la distribución durante las últimas décadas. Hasta 1980, hubo mayores concentraciones de COPs (DDT, PCBs en los océanos de las latitudes medias del hemisferio norte, debido al gran uso en los países desarrollados (Japón, Europa y Norteamérica). Esta distribución no se ha visto en las muestras recientes .
- El transporte atmosférico y la acumulación de COPs (PCBs, DDT, HCHs, clordano) en las regiones polares ha sido ampliamente documentado. La

acumulación en las regiones polares es en parte el resultado de la destilación global seguida por la condensación en frío de compuestos dentro del rango de volatilidad de PCBs y pesticidas.

- Los contaminantes son continuamente depositados y reevaporados y fraccionados de acuerdo a sus volatilidades. El resultado es un transporte y una deposición relativamente rápidos de COPs que tienen una volatilidad intermedia (como el HCB) y una migración más lenta de sustancias menos volátiles (como el DDT).
- Las características de los ecosistemas polares intensifican la contaminación con COPs. El clima más frío, la reducción de la actividad biológica y la incidencia relativamente pequeña de luz solar aumentan la persistencia de los COPs.
- La inspección de los datos relativos a las concentraciones de COPs en muestras procedentes del Ártico y de las regiones antárticas mostró descensos en las concentraciones, ya que algunos de estos COPs estaban prohibidos o restringidos. El mantenimiento de una base de datos central de todos los datos analíticos sobre los COPs ayudaría en gran medida a determinar las tendencias espaciales y temporales de los datos ya relacionarlos con los cambios en el patrón de uso de los COPs (EMEP, 2008; EMEP, 2014; AMAP, 2014).

## LOS 12 COPs INICIALES EN EL CONVENIO DE ESTOCOLMO

El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (mayo de 2001) se centra en reducir y eliminar las emisiones de 12 COPs (denominadas "Dirty Dozen" por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA))

- Ocho plaguicidas (aldrin, clordano, DDT, dieldrín, endrin, heptacloro, mirex, toxafeno)
- Dos productos químicos industriales (bifenilos policlorados (PCBs) y hexaclorobenceno (HCB));

- Dos subproductos no deseados, dioxinas (PCDD) y furanos (PCDF).

Los 12 COPs se utilizan en o surgen de la industria, la agricultura y el control de vectores de enfermedades.

En 1970, todos los 9 plaguicidas y PCBs habían sido prohibidos o sometidos a severas restricciones de uso en muchos países. Algunos de estos COPs aún están en uso en partes del mundo donde se consideran esenciales para asegurar la salud pública

Con el fin de reducir aún más su uso en estos países, es importante entender qué países están utilizando los COPS y cómo se aplican.

### Aldrin

Aldrin es un pesticida aplicado a los suelos para matar termitas, saltamontes, gusano de la raíz del maíz y otras plagas de insectos. También se utiliza para proteger las estructuras de madera de termitas. Aldrin fácilmente se convierte en dieldrin en plantas y animales y, por lo tanto, los residuos de estos productos químicos se encuentran generalmente en pequeñas cantidades. El aldrin tiene baja toxicidad para las plantas, pero tiene efectos adversos sobre los invertebrados acuáticos, particularmente los insectos. La exposición aguda al aldrin ha causado la muerte en animales acuáticos, aves, peces y seres humanos. El Programa Internacional de Seguridad Química (IPCS) estima que la dosis mortal para los seres humanos es de 5 gramos. La vía de exposición humana más común es a través de alimentos, particularmente productos lácteos y carne. Aldrin ha sido prohibido o severamente restringido en muchos países (UNEP, 2010; WHO, 2010).

### Clordano

El clordano es un insecticida agrícola de amplio espectro utilizado en cultivos (hortalizas, granos, papas, frutas, algodón, etc.). También se utiliza para combatir las termitas. El clordano permanece en el suelo durante mucho tiempo (vida media de un año). El clordano puede matar invertebrados acuáticos, peces y aves. Se cree que el clordano daña el sistema inmunológico humano y

aparece como un posible carcinógeno humano. La vía de exposición humana más común es a través del aire, particularmente desde ambientes interiores. El clordano ha sido detectado en el aire interior de residencias (EE.UU., Japón) y ha sido prohibido en muchos países (WHO, 2016).

## DDT

El DDT fue ampliamente utilizado durante la Segunda Guerra Mundial para proteger a los soldados y civiles contra la malaria, el tifus y otras enfermedades propagadas por insectos. Después de la guerra, el DDT siguió siendo utilizado para controlar enfermedades (malaria, etc.), y se pulverizó sobre cultivos agrícolas, especialmente algodón. Debido a su estabilidad y persistencia (más del 50% puede permanecer en el suelo 10-15 años después de la aplicación), los residuos de DDT se han detectado en el Ártico. Los alimentos contaminados con DDT son la mayor fuente de exposición para la población. Las exposiciones a largo plazo se han asociado con efectos crónicos en la salud (depresión del sistema inmunológico y alteraciones de los estrógenos). El DDT se ha incluido en la lista de posible carcinógeno humano, aunque se ha prohibido su uso en muchos países. Hasta la fecha, 34 países han prohibido el DDT y 34 han restringido severamente su uso (Stockholm Convention 2007; EMEP, 2008; UNEP, 2010; WHO, 2010).

## Dieldrin

El dieldrin se usó para controlar termitas, enfermedades transmitidas por insectos e insectos que vivían en suelos agrícolas. Su vida media en suelo es de 5 años. Aldrin se convierte rápidamente en dieldrin, por lo que las concentraciones de dieldrin en el medio ambiente son más altas que el uso de dieldrin indica. Dieldrin es altamente tóxico para los peces y otros animales acuáticos, y afecta al sistema inmunológico humano. Se han encontrado residuos de dieldrin en el aire, el agua, el suelo, los peces, las aves y los mamíferos, incluidos los humanos, expuestos al dieldrin a través de alimentos (principalmente productos lácteos y carnes de animales). El dieldrin fue el

segundo plaguicida más común detectado en una encuesta estadounidense de leche pasteurizada (PNUMA, 2010, OMS, 2016).

## Endrin

Endrin es un insecticida utilizado contra plagas de algodón, arroz y maíz. También se ha utilizado como rodenticida contra ratones y ratas. Los animales pueden metabolizar el endrin, que no se acumula en su tejido graso como otros COPs. Endrin es tóxico para los peces y otros organismos acuáticos y tiene una larga vida media, que persiste en el suelo 12 años. Se sospecha que endrin suprime el sistema inmune humano. Como muchos otros COPs, los seres humanos están expuestos al endrin a través de los alimentos, aunque los niveles de ingesta generalmente son muy bajos (Stockholm Convention 2007; UNEP, 2010).

## Heptacloro

El heptacloro es un insecticida utilizado para combatir las plagas de los suelos y cultivos (particularmente de algodón), termitas, saltamontes, hormigas y mosquitos (para controlar la malaria). El heptacloro se metaboliza en epóxido de heptacloro, que tiene un nivel de toxicidad similar al del heptacloro. Se han detectado residuos en la sangre de ganado de los Estados Unidos y Australia. El heptacloro es tóxico para la fauna incluso a bajas concentraciones. En aves (Canadá y Estados Unidos), la exposición a heptacloro indujo cambios de comportamiento, reducción de la reproducibilidad y aumento de la mortalidad. La comida es la principal fuente de exposición para los seres humanos. El heptacloro está listado como un posible carcinógeno humano. Varios países han prohibido o restringido el uso de heptacloro (Stockholm Convention 2007; EMEP, 2008; WHO, 2010).

## Mirex

El insecticida Mirex fue utilizado contra hormigas, termitas (EE.UU., América del Sur, África).



- Mirex también se utiliza como retardante del fuego en plásticos, caucho, pintura y artículos eléctricos.
- Mirex es uno de los COPs más estables y persistentes con una vida media de hasta 10 años.
- Mirex es tóxico para plantas, organismos acuáticos (crustáceos, peces) y aves.
- Los seres humanos están expuestos al mirex a través de sus dietas (carne, pescado, animales salvajes).

### Toxafeno

- El toxafeno es un insecticida utilizado para proteger el algodón, los cereales, las frutas, las nueces y las verduras.
- El toxafeno (una mezcla de hasta 670 sustancias químicas) fue el plaguicida más utilizado en los Estados Unidos en 1975. El 50% del toxafeno liberado puede persistir en los suelos hasta 12 años.
- Toxafeno, No es tóxico para las plantas pero altamente tóxico para los peces y las aves.
- Los seres humanos están expuestos al toxafeno a través de las dietas, los niveles en los alimentos son generalmente bajos.
- El toxafeno ha sido catalogado como un posible carcinógeno humano (UNEP, 2010; WHO, 2010).

### Bifenilos Policlorados PCBs

- Los PCBs fueron fabricados por primera vez en 1929 y utilizados en la industria como fluidos de intercambio de calor, en transformadores eléctricos y condensadores (donde se siguen utilizando), como aditivos en pinturas, adhesivos y plásticos. Los PCBs son subproductos de la combustión incompleta y de algunos procesos industriales.
- De los 209 tipos diferentes de PCB, 13 exhiben una toxicidad de tipo dioxina.
- Su persistencia en el ambiente depende del grado de cloración, las vidas medias pueden variar de 10 días a un año y medio.

- Muchos de los países dejaron de producir en la década de 1970, sin embargo, los PCBs permanecen en el medio ambiente durante décadas, están disponibles para su captación y bioacumulación en los organismos. Los PCBs son tóxicos para los organismos acuáticos, peces y especies silvestres.
- La exposición crónica puede causar alteración de las enzimas hepáticas, problemas de desarrollo, mentales y de comportamiento, inmunosupresión y posiblemente cáncer.
- Los seres humanos están expuestos a PCBs a través de su dieta. Los aceites vegetales y la leche, los peces y los mamíferos marinos, ricos en grasas corren el riesgo de contaminación por PCBs.
- El Organismo Internacional de Investigación sobre el Cáncer de la OMS clasifica a los PCBs como un posible carcinógeno humano (WHO 2016; UNEP, 2010; Ding et. al. 2013; WHO 2016 ).

### Hexaclorobenceno (HCB)

- El HCB fue fabricado por primera vez en 1945 para el tratamiento de semillas (especialmente trigo).
- A mediados de los años ochenta la mayoría de las naciones cesaron su fabricación.
- El HCB se genera como subproducto no intencional de la fabricación de plaguicidas, productos químicos orgánicos (disolventes, colorantes), conservantes de la madera.
- El HCB es el resultado de una combustión incompleta (quemado de residuos municipales, combustibles).
- La exposición aguda al HCB de los seres humanos, animales, peces, aves, determina el daño renal y hepático, los efectos nerviosos centrales, los trastornos neurológicos y metabólicos respiratorios, la muerte. Alimentos (productos lácteos, carne animal), en todo el mundo, contienen HCB, que también se ha encontrado en el aire del Ártico, nieve, agua de mar, vegetación, biota. El 100% del contaminante de HCB en los pesticidas (simazina, atrazina)

se libera en el aire, lo que representa un riesgo para la salud de los aplicadores (Ding et. al. 2013, WHO, 2016).

### **PoliCloro Dibenzo-p-Dioxinas (PCDD)**

- Los PCDD son producidos de forma no intencionada por combustión incompleta (quema de residuos hospitalarios, municipales y peligrosos, carbón, turba, madera) durante la fabricación de plaguicidas y otras sustancias cloradas.
- Se encontraron dioxinas en los suelos de 10 a 12 años después de la primera exposición.
- Debido a su lipofilia, las dioxinas se acumulan en los seres humanos y en el tejido de la vida silvestre.
- Pequeñas cantidades en agua contaminada pueden bio-concentrar la cadena alimenticia a niveles peligrosos. Los alimentos (de los animales) son la principal fuente de exposición para los seres humanos.
- Las dioxinas pueden causar efectos en el desarrollo reproductivo, daño al sistema inmunológico, trastornos de la tiroides, trastornos del sistema nervioso, diabetes y son teratógenos, mutágenos, carcinógenos. Las dioxinas se encuentran en todos los seres humanos, con niveles más altos en las personas que viven en países industrializados. La semivida de eliminación estimada para las dioxinas en los seres humanos es de 7,8 a 132 años (Ding et. al. 2013, WHO, 2010, WHO, 2016).

### **PoliCloro DibenzoFuranos (PCDF)**

- Los PCDF/furanos se producen involuntariamente a partir de los mismos procesos que producen dioxinas y PCBs, detectándose en las emisiones de incineradores de desechos y automóviles.
- Los furanos son estructuralmente similares a las dioxinas y comparten muchos de sus efectos tóxicos.
- Los 135 PCDF diferentes tienen toxicidad variada y persisten en el medio ambiente mucho tiempo.

- Los alimentos (especialmente los productos animales grasos) son la principal fuente de exposición para los seres humanos.
- Los furanos se clasifican como posibles carcinógenos humanos (Ding et. al. 2013; WHO, 2016).

## COPS ADICIONALES

### Difenil éteres polibromados (PBDE)

- Los PBDE son retardadores de llama utilizados en la producción de materiales plásticos y textiles, computadoras, muebles, automóviles. Los PBDE fueron prohibidos en Europa en 2005 y EE.UU. en 2003.
- Los PBDE se han encontrado en niveles altos en el polvo de interior y se acumulan en la sangre humana, tejido graso y leche materna (en niveles estadounidenses 40 veces más altos que en Europa).
- Se ha encontrado que los mamíferos marinos (delfines, ballenas, etc.), aves y peces (salmón, atún, etc.) están contaminados con PBDE. La investigación vinculó algunos PBDEs con efectos sobre la función tiroidea, la función cerebral, la fertilidad masculina, el desarrollo del sistema nervioso embrionario y ovárico (UNEP, 2010; POPs Fach Sheets).

### Compuestos perfluorados PFC

Los PFC se usan como tensioactivos industriales y comerciales. En contraste con la mayoría de los COPs que se depositan en el tejido graso, los PFC circulan en la sangre y se acumulan principalmente en el hígado. Los PFC se bioacumulan y son extremadamente resistentes a la degradación física. Los estudios demostraron vínculos entre productos químicos tales como ftalatos, bisfenol A, PFC que se encuentran en productos de consumo (juguetes para bebés, cosméticos, etc.) y trastornos reproductivos. (UNEP, 2010, POPs Fach Sheets).

## ALTERNATIVAS A LOS COPs

Con respecto a las alternativas a los COPs, existen muchas barreras para la adaptación de nuevas tecnologías limpias, especialmente en los países en

desarrollo. Algunas alternativas son más costosas, tanto en los precios como en los recursos que se requieren para aplicar que los COPs más antiguos y peligrosos. Las alternativas pueden ser más tóxicas para el aplicador que los COPs, agregando los costos de salud. Otros problemas de adopción son la educación y la formación, tanto en los compuestos antiguos como en los nuevos, para todos los usuarios de la cadena de producción, para los usuarios individuales y para los vendedores. La reglamentación de la infraestructura necesaria para gestionar el uso de alternativas a los COPs, desarrollado en todos los países (UNEP, 2010; WHO, 2016).

## CONCLUSIONES

Los COPs se caracterizan por la lipofilia, la persistencia y la semi-volatilidad, características que predisponen a los COPs a una larga persistencia ambiental y transporte y acumulación de largo alcance en las regiones polares del mundo, lejos de cualquier fuente de uso. Los COPs también son conocidos por su capacidad para biomagnificar y bioconcentrar en condiciones ambientales típicas, potencialmente alcanzando concentraciones toxicológicas. Los COPs han sido implicados en una amplia gama de efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente, como la reproducción y la disfunción endocrina y la inmunosupresión. En muchos casos, el Organismo Internacional para la Investigación (CIIC) considera que los COPs son considerados posibles carcinógenos humanos. Debido a sus características tóxicas, los COPs representan una amenaza para los seres humanos y el medio ambiente. Por lo tanto, en los últimos años, la comunidad internacional pidió que se adoptaran medidas urgentes a nivel mundial para reducir y eliminar la liberación de COPs y para identificar sus posibles riesgos para la salud humana y el medio ambiente (UNEP, 2010; EMEP, 2014; WHO, 2016).

## REFERENCIAS

1. AMAP 2014. Technical Report No.7.Trends in Stockholm Convention on POPs in Arctic Air, Human media and Biota.
2. Dewailly, E., et al. Susceptibility to infections and immune status in Inuit infants exposed to organochlorines. Environ.Health Perspect. 108, 2000.
3. Ding, L., Y. Li, P. Wang, X. Li, Z. Zhao, T. Ruan, Q. Zhang. 2013. Spatial concentration, congener profiles and inhalation risk assessment of dioxins/furans and PCBs in the atmosphere of Tianjin, China. Chinese Sci. Bull. (2013).
4. EMEP, 2008. Transboundary Acidification, Eutrophication and Ground Level Ozone in Europe in 2006.
5. EMEP, Status Report 2014. POPs in the Environment.
6. POPs Facht Sheets. Blue Voice Organization. [www.bluevoice.org](http://www.bluevoice.org)
7. Ritter, L., Solomon,K. R., Forget, J., Persistent Organic Polutants.A review of selected POPs. The International Programme on Chemical Safety (IPCS), WHO, 1997.
8. Stockholm Convention, POPs Review Committee, 2007.
9. UNEP New POPs 2010. An introduction to the nine chemicals added to Stockholm, Convention, Conference of the Parties at its fourth meeting.
- 10.WHO EU, 2016, WHO Regional Office for Europe. Health risk assessment of air pollution. General priciples, 2016.
- 11.WHO, 2010 Preventing disease through healthy environments. Exposure to dioxins and dioxin-like substances: a major public health concern.



VNIVERSIDAD  
D SALAMANCA

CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITA DI BOLOGNA



South-Eastern Finland  
University of Applied Sciences

U. PORTO



Universitatea  
TRANSILVANIA  
din Braşov



UNIVERZITA  
KARLOVA



ИКИТ

<https://toxoeer.com>

Project coordinator: Ana I. Morales  
Headquarters office in Salamanca.  
Dept. Building, Campus Miguel de Unamuno, 37007.  
Contact Phone: +34 663 056 665