

**Gaceta
Ecológica**

INE-SEMARNAT MÉXICO

Gaceta Ecológica
Instituto Nacional de Ecología
gaceta@ine.gob.mx
ISSN (Versión impresa): 1405-2849
MÉXICO

2003

Mario Yarto / Arturo Gavilán / Juan Barrera

EL CONVENIO DE ESTOCOLMO SOBRE CONTAMINANTES ORGÁNICOS
PERSISTENTES Y SUS IMPLICACIONES PARA MÉXICO

Gaceta Ecológica, octubre-diciembre, número 069

Instituto Nacional de Ecología

Distrito Federal, México

pp. 7-28

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Universidad Autónoma del Estado de México

Red
ALyC
LA HEMEROTECA CIENTÍFICA EN LÍNEA
www.redalyc.org

El Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes y sus implicaciones para México

MARIO YARTO, ARTURO GAVILÁN Y
JUAN BARRERA



LOS CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES

En los últimos 40 años se ha tomado una conciencia creciente de las amenazas a la salud humana y al ambiente que representa la liberación cada vez mayor de sustancias químicas de origen sintético. La acumulación de evidencias ha hecho que los esfuerzos se concentren en una categoría de sustancias

denominadas contaminantes orgánicos persistentes, mejor conocidas como COP, que son compuestos químicos resistentes a la degradación fotolítica, biológica y química.

Las propiedades tóxicas de estas sustancias perduran durante largo tiempo en el ambiente y pueden recorrer grandes distancias antes de almacenarse en los tejidos grasos, particularmente en los peces y

mamíferos marinos, además de que tienden a concentrarse cada vez más a medida que se transmiten a través de las cadenas tróficas.

Los contaminantes orgánicos persistentes se distinguen por ser semivolátiles, lo que les permite presentarse en forma de vapor o adsorbidos por partículas atmosféricas, facilitando así su transporte a grandes distancias en la atmósfera, a través del aire, el agua o de algunas especies migratorias, antes de depositarse.

En resumen, las propiedades que caracterizan a los contaminantes orgánicos persistentes son las siguientes:

1. Son altamente tóxicos.
2. Son persistentes, es decir, que pueden durar muchos años e incluso décadas antes de degradarse en otras formas menos peligrosas.
3. Se pueden evaporar y viajar grandes distancias por el aire y el agua.
4. Se acumulan en los tejidos grasos.

La combinación de dichas características resulta extremadamente peligrosa. Por ejemplo, su persistencia y movilidad hace que se les encuentre prácticamente en cualquier lugar del planeta, incluso en los casquetes polares del Ártico y Antártico o en islas remotas del Pacífico, en donde nunca han sido utilizados; la propiedad de ser bioacumulables hace que puedan extenderse, y poco a poco comenzar a concentrarse a medida que los organismos consumen a otros a lo largo de la cadena alimenticia, alcanzando niveles sorprendentes (muy superior al de los organismos iniciales) en pescados, aves, mamíferos, y por supuesto a los seres humanos (Interim 2002a).

El transporte de los contaminantes orgánicos persistentes depende de la temperatura. Estas sustancias se evaporan en lugares calientes y viajan con el viento y las partículas de polvo para poste-

riormente ser depositadas en la tierra en sitios fríos, y después vaporizarse y moverse de nuevo. Con esto, los contaminantes se alejan del ecuador hacia los polos y áreas montañosas. Por otro lado, los animales que habitan estas regiones tienden a acumular una capa de grasa natural más gruesa que la de los animales de zonas calientes como un sistema de aislamiento contra las bajas temperaturas, que pueden conllevar al almacenamiento de una mayor cantidad de estos contaminantes en ellos (Interim 2002a).

Aunque existen algunas fuentes naturales de hidrocarburos organoclorados, la mayor parte de los contaminantes orgánicos persistentes deben su origen a fuentes antropogénicas, asociadas con la fabricación, uso y eliminación de determinados productos químicos orgánicos. Algunos de estos compuestos son conocidos plaguicidas que se han utilizado extensivamente durante mucho tiempo para diversos propósitos; mientras otros se emplean como aditivos o auxiliares en una variedad de aplicaciones industriales entretanto las dioxinas, los furanos y el hexaclorobenceno se generan como subproductos no intencionales en procesos de combustión, en la quema de basura o en incendios involuntarios (Ritter *et al.* 1995).

A esta descripción corresponden los doce COP considerados como prioritarios y objeto directo de la Convención de Estocolmo: aldrina, bifenilos policlorados, clordano, DDT, dieldrina, endrina, heptacloro, hexaclorobenceno, mirex, toxafeno, dioxinas y furanos. También es el caso de otros grupos de sustancias que son candidatas a ser incluidas en dicho convenio: hexaclorociclohexano, clordecona, atrazina, endosulfán, pentaclorofenol, los ftalatos, las parafinas policloradas, hexabromobifenilo, éteres bifenílicos polibromados, hidrocarburos policíclicos aromáticos, nonil y octil-fenoles, el perfluoro-octilsulfonato y los compuestos órgano-estánnicos, órgano-mercúricos y órgano-plúmbicos (PNUD 2001).

PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES

En general, el uso de compuestos potencialmente tóxicos al ambiente y a la salud humana se ha dado en aplicaciones donde se busca una combinación de propiedades entre las que se cuentan: elevada resistencia y estabilidad mecánica y química; alta permittividad eléctrica; resistencia a la oxidación, al calor y al fuego (altas temperaturas de inflamación) y en algunos casos, afinidad por disolventes grasos.

Los contaminantes orgánicos persistentes pueden clasificarse en dos subgrupos: los hidrocarburos aromáticos policíclicos y los hidrocarburos aromáticos. Los hidrocarburos aromáticos generalmente son los más resistentes a la degradación y se han producido, empleado y liberado de una manera más amplia. Se ha observado que los derivados clorados son los más persistentes de todos los hidrocarburos halogenados (Ritter *op. cit.*).

Los contaminantes orgánicos persistentes suelen ser compuestos halogenados, y en su mayoría clorados. Los enlaces carbono-cloro son muy estables frente a la hidrólisis y a mayor número de estos enlaces, más elevada es la resistencia a la degradación por acción fotolítica o biológica. Los COP suelen ser estructuras en anillo con una cadena sencilla o ramificada. Por su baja solubilidad en agua y alta en lípidos pueden pasar a través de las membranas biológicas y acumularse en los depósitos de grasa de los organismos (Ritter *op. cit.*).

Los compuestos halogenados son de uso común, ya que han sido ampliamente utilizados en la industria química para la obtención de diversos productos como: cloruro de polivinilo, disolventes y diversas especialidades químicas y farmacéuticas (Ritter 1995).

La biodisponibilidad es la proporción de la concentración total de una sustancia que está disponible para su absorción por un organismo determinado. Ésta depende de una combinación de propieda-



des químicas del compuesto, entre ellas el medio ambiente natural y las características morfológicas, bioquímicas y fisiológicas del propio organismo. Por esta razón, y aunado a que los contaminantes orgánicos persistentes no se degradan, es difícil excretarlos y tienden a acumularse en los organismos. De la misma manera, algunos de estos compuestos se degradan en formas más persistentes que el compuesto primario, como es el caso de la conversión del DDT a DDE (Ritter *op. cit.*).

LA TOXICIDAD AL AMBIENTE

Se ha relacionado a los contaminantes orgánicos persistentes con efectos significativos para el medio ambiente en una gran variedad de especies y prácticamente en todos los niveles tróficos. Si bien la intoxicación aguda por COP está bien documentada, preocupan en particular los efectos perjudiciales asociados con la exposición crónica a concentraciones bajas en el medio ambiente (Ritter *op. cit.*).

Los contaminantes orgánicos persistentes tienen una larga vida biológica, facilitando de esta manera la acumulación de concentraciones unitarias aparentemente pequeñas durante prolongados periodos. Para varios de estos contaminantes, hay algunas pruebas experimentales de que tal exposición acumulativa, a un nivel bajo, puede estar asociada con efectos no letales crónicos, entre ellos una posible inmunotoxicidad, efectos cutáneos, alteración del rendimiento y carcinogenicidad patente (Ritter *op. cit.*).

Diversos autores han notificado inmunotoxicidad asociada con la exposición a diferentes COP. Los investigadores han señalado asimismo que varios COP prevalentes, como los TCDD, los PCB, el clordano, el heptaclorobenceno, el toxafeno y el DDT han inducido inmunodeficiencia en diversas especies silvestres (Ritter *op. cit.*).

La exposición a los COP se ha correlacionado con la disminución de la población de varias especies de mamíferos marinos, como la foca común, la marsopa común, el tursón y la ballena blanca del río San Lorenzo. Además se ha establecido una relación clara de causa-efecto entre el fracaso en la reproducción del visón y la exposición a algunos COP (Ritter 1995).

La bibliografía científica ha demostrado una relación directa de causa-efecto en el visón y el hurón entre la exposición a los PCB y la aparición de disfunciones inmunitarias, problemas reproductivos, aumento de la mortalidad de las crías, deformaciones y mortalidad de adultos. De la misma forma, se ha demostrado una correlación convincente entre las concentraciones de bifenilos policlorados y dioxinas en el medio ambiente y la reducción de la viabilidad de las larvas de varias especies de peces.

En 1991, el Comité Científico Consultivo de la Comisión Internacional Conjunta de los Grandes Lagos de los EE.UU. y Canadá revisó la literatura existente sobre los efectos de los COP en más de una docena de especies predadoras incluyendo águilas, cormoranes, truchas, visones y tortugas, entre otras,

y encontró que estas especies padecían efectos importantes en su salud, además de presentar reducción en su población y disfunciones reproductivas, adelgazamiento de la pared de los huevos, cambios metabólicos, deformidades y defectos de nacimiento, tumoraciones, cáncer, cambios en su comportamiento, fallas en el sistema hormonal y baja de defensas, entre otros (Orris *et al.* 2000).

También es digno de mención un informe en el que se indica que las ballenas blancas encontradas muertas encalladas en el río San Lorenzo con una alta incidencia de tumores, contenían concentraciones significativamente elevadas de PCB, mirex, clordano y toxafeno. Asimismo, una incidencia del 100% de lesiones tiroideas en el salmón plateado, el salmón rosado y el salmón real monitoreados en los Grandes Lagos durante los dos últimos decenios se les ha asociado con un aumento de la acumulación corporal de los COP (Ritter *op. cit.*).

LA TOXICIDAD A LA SALUD HUMANA

Los seres humanos están expuestos a los COP a través de los alimentos, siendo los más importantes los ricos en grasa (carne, pescado y productos básicos). Como resultado de estudios realizados en los Estados Unidos de América se han encontrado contaminantes orgánicos persistentes en hamburguesas, helados y pizzas.

Los trabajadores y residentes de sitios localizados cerca de fuentes generadoras de COP están expuestos también a la inhalación y al contacto cutáneo con estas sustancias. Además, se tiene exposición importante de los habitantes de las regiones árticas por la ingestión de animales con elevados niveles de COP.

Los efectos de los contaminantes orgánicos persistentes pueden ser muy sutiles y desencadenarse a bajas concentraciones, presentándose después de varios años de la exposición, llegando en ocasiones a presentarse en las generaciones subsecuentes. Esto

hace que su diagnóstico sea difícil de realizar y dificulta la evaluación de los problemas potenciales de salud pública.

En los últimos años se ha acumulado evidencia científica para relacionar la exposición a COP específicos con sus efectos a la salud. Entre esta se tiene:

- Cáncer.
- Impedimento en el comportamiento neuronal, incluyendo desorden en el aprendizaje, bajo desempeño mental y déficit en la atención.
- Alteraciones en el sistema inmune.
- Deficiencias reproductivas.
- Reducción del periodo de lactancia en madres en esta etapa.
- Diabetes.

El mecanismo más importante para la mayoría de estos efectos es la inducción de disfunciones en el sistema endócrino. Diversos estudios han demostrado que los COP, como la dieldrina, DDT, heptacloro, mirex, toxafeno, dioxinas y BPC pueden causar efectos en el sistema reproductivo y endocrino, en el crecimiento celular, en el metabolismo de carbohidratos y lípidos, y sobre la concentración de iones y agua en el cuerpo.

Existen tres tipos de exposición humana:

1. La exposición aguda de altas dosis, la cual esta involucrada a accidentes con capacitores u otra clase de equipo que maneje BPC, o por la ingestión de alimentos altamente contaminados, como sucedió en Japón y Taiwán en 1968 y 1979, respectivamente.
2. La exposición crónica de mediano nivel, la cual esta vinculada con exposiciones laborales o al consumo de alimentos contaminados.
3. La exposición crónica de bajo rango, la cual esta ligada a la exposición de los niveles existentes en el ambiente.

En general, los efectos a la salud por exposiciones agudas derivadas de accidentes laborales están bien documentados. Sin embargo, la exposición a bajos niveles y sus efectos poblacionales han sido más difíciles de estudiar, debido a que la población está expuesta a diversos COP durante su vida, y la mayoría tiene niveles detectables desde su nacimiento.

CONVENCIONES INTERNACIONALES SOBRE SUSTANCIAS QUÍMICAS Y RESIDUOS PELIGROSOS

CONVENCIÓN DE BASILEA

La Convención de Basilea para el control transfronterizo de residuos peligrosos y su disposición se adoptó en 1989, como respuesta a la incertidumbre de que los residuos tóxicos de los países desarrollados se enviaran para su disposición a países en vías de desarrollo o con economías de transición (Hazardous Chemicals Conventions 2002) .

Durante la primera década, la Convención se abocó, a la elaboración de controles para el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos, y al desarrollo de criterios para el manejo ambientalmente adecuado de estos residuos. Posteriormente, el trabajo se enfocó en la aplicación de tratados de ejecución y minimización en la generación de residuos peligrosos. Para el 15 de julio del 2002 se contaba con 151 países miembros de la Convención (Interim 2002a).

CONVENCIÓN DE ROTTERDAM

La Convención de Rotterdam acerca del Procedimiento de consentimiento para el manejo de ciertas sustancias químicas peligrosas y plaguicidas, objeto del comercio internacional, se adoptó en 1998. El elevado crecimiento en la producción y el comercio de sustancias químicas durante las anteriores tres décadas elevó los riesgos asociados al comercio inter-



nacional de estas sustancias y a los plaguicidas. Los esfuerzos de la Convención se concentraron en los países carentes de infraestructura adecuada y suficiente para el monitoreo y uso de estas sustancias. En 1980 la UNEP y la FAO desarrollaron códigos de conducta voluntarios y sistemas de intercambio de información hasta llegar al procedimiento llamado Consentimiento informado previo en 1989. Para el 15 de julio del 2002, la Convención contaba con 73 países signatarios y 22 países miembros (Interim 2002a).

LA CONVENCIÓN DE ESTOCOLMO

En mayo de 2001, en Estocolmo, Suecia, un total de 127 países adoptaron un tratado de las Naciones Unidas para prohibir o minimizar el uso de doce de las sustancias tóxicas más utilizadas en el mundo, consideradas causantes de cáncer y defectos congénitos en personas y animales. Las sustancias COP objeto de este convenio incluyen ocho pesticidas, entre ellos el DDT, dos productos industriales y dos subproductos de diversos procesos de combustión,

incluyendo los incendios accidentales de desechos y materiales plásticos: las dioxinas y los furanos.

El objetivo de la Convención de Estocolmo es eliminar o restringir la producción y uso de los contaminantes orgánicos persistentes que se fabrican intencionalmente. Además, se busca minimizar la generación de los contaminantes producidos de manera no intencional, como las dioxinas y los furanos. Para el 15 de julio del 2002, la Convención contaba con 151 países signatarios y 12 países miembros (*op. cit.*).

El Convenio sobre los COP es una importante aportación que complementa otros instrumentos, convenios, acuerdos y planes de acción mundiales o regionales relacionados con el manejo de productos químicos, en especial los ya mencionados: el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación, y el Convenio de Róterdam sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo (PCFP) para ciertos productos químicos peligrosos y plaguicidas en el comercio internacional.

Los objetivos principales de la Convención de Estocolmo son los siguientes (PNUMA 2001):

- Comprometer a la comunidad internacional a proteger la salud humana y al ambiente de los contaminantes orgánicos persistentes.
- Establecer las primeras acciones para detener la emisión y el uso de doce contaminantes orgánicos persistentes prioritarios.
- Una vez implementado, se prohibirá la producción y uso del endrin y el toxafeno en los países que han ratificado la Convención.
- Se solicitará que se detenga la producción de aldrin, dieldrin y heptacloro.
- Se limitará la producción y uso de clordano, hexaclorobenceno y mirex para propósitos específicos y para países que tengan registradas exenciones.
- Se prohibirá la producción de bifenilos policlorados en el año 2025 para que los países se ha-

gan cargo de los equipos que utilicen esta sustancia. Los bifenilos policlorados se deberán tratar y eliminar para el año 2028.

- Se limitará la producción y uso de DDT para el control de vectores como el mosquito que transmite la malaria y se permitirá su uso para producir el plaguicida llamado dicofol.
- Se solicitará a los gobiernos que reduzcan las emisiones de dioxinas, furanos, hexaclorobenzeno y bifenilos policlorados como subproductos no intencionales y hasta donde sea posible eliminarlos.
- Se prohibirá la importación y exportación de los diez contaminantes orgánicos persistentes intencionales y sólo se permitirá su transporte para su adecuada disposición final.
- Se requerirá a los países miembros que en el lapso de dos años elaboren planes nacionales de implementación de la Convención.

COMPROMISOS ADQUIRIDOS POR MÉXICO EN LA CONVENCIÓN DE ESTOCOLMO

La Convención de Estocolmo fue firmada por el gobierno de México el 22 de mayo del 2001 y la aprobó el senado en octubre del 2002. Posteriormente se ratificó en febrero del 2003. El Convenio establece una serie de compromisos y oportunidades para los signatarios, entre las que se incluyen: designar un punto focal nacional; brindar asistencia técnica a otros países que lo requieran; promover la participación pública y la difusión de información y llevar a cabo actividades de investigación, desarrollo y monitoreo.

Entre las principales actividades comprometidas por México dentro de la Convención de Estocolmo se encuentran:

- Medidas para reducir o eliminar los COP de las liberaciones derivadas de la producción y utilización intencionales.

a) Prohibir y/o adoptar las medidas jurídicas y administrativas necesarias para eliminar su producción y utilización así como sus importaciones y exportaciones.

b) Restringir su producción y utilización.

- Se deberá cuidar para que un producto químico COP se importe únicamente para fines de su eliminación ambientalmente racional o para una finalidad o utilización permitida.
- Se deberá velar para que un producto químico COP respecto del cual está en vigor una exención específica para la producción o utilización en una finalidad aceptable, teniendo en cuenta las disposiciones de los instrumentos internacionales de consentimiento fundamentado previo existentes.
- Se deberán adoptar medidas para reglamentar nuevos plaguicidas o nuevos productos químicos industriales, con el fin de prevenir la generación de COP.
- Se deberán realizar medidas para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de existencias y desechos con el fin de garantizar que se proteja la salud humana y el medio ambiente, mediante:
 - a) Elaboración de estrategias apropiadas para determinar existencias, los productos y artículos en uso, así como los desechos generados.
 - b) Adoptar medidas de vigilancia para que se gestionen, recojan, transporten y almacenen de manera ambientalmente racional los residuos con características de COP.
 - c) Determinación de estrategias adecuadas para identificar los sitios contaminados con productos químicos COP, y en caso de que se realice el saneamiento de esos sitios, deberá efectuarse de manera ambientalmente racional.
- Se debe cooperar estrechamente con los órganos pertinentes del Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación.

· Proponer la inclusión de productos químicos COP para su adhesión a la Convención de Estocolmo, mediante información científica que especifique la identidad de la sustancia, la persistencia, la capacidad de bioacumularse, su potencial de transporte a grandes distancias, y los efectos adversos que sea capaz de ocasionar.

Asimismo, el artículo 7 del Convenio establece que los países signatarios deberán preparar Planes nacionales de implementación (PNI) en los siguientes dos años a partir de la entrada en vigor del Convenio. Los PNI deberán definir las líneas de acción para iniciar actividades tendientes a proteger la salud humana y al medio ambiente de los efectos de los COP, así como construir un marco de referencia para desarrollar e implementar, en forma sistemática y participativa, una reforma regulatoria y establecer prioridades de política, y finalmente, promover el fortalecimiento de capacidades y programas de inversión (PNUMA 2001).

LA SITUACIÓN DE LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES EN MÉXICO

Desde principios de la década de los ochenta, investigadores nacionales y de otros países iniciaron estudios sobre los niveles de COP en diferentes escenarios y zonas ambientales en México, además se han negociado acuerdos en el seno de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte, para la implementación de Planes de acción regionales (PARAN), y se iniciaron diversas acciones de gestión y regulación. Actualmente, México tiene un avance significativo en el control de varios de estos compuestos (cuadro 1) sin embargo, aún quedan acciones por realizar, las cuales pueden formar parte del Plan nacional de implementación del Convenio de Estocolmo, que se encuentra en proceso de elaboración con la participación de diversas dependencias.

En resumen, debe aprovecharse el trabajo realizado y la experiencia adquirida hasta ahora a través de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte como punto de inicio para la elaboración del Plan nacional de implementación, y con esto completar las acciones pendientes a realizar para controlar la generación y uso de estas sustancias.

LAS NUEVAS SUSTANCIAS COP

Al tiempo que la Convención de Estocolmo ratificaba el acuerdo internacional sobre el control de doce compuestos COP prioritarios, nuevos estudios han señalado la importancia de otras sustancias o grupos de sustancias, con base en los mismos criterios que llevaron a seleccionar los compuestos de la Convención.

A este respecto, el propio Convenio de Estocolmo ha previsto procedimientos para considerar regularmente la inclusión de nuevas sustancias en el listado del Convenio. De acuerdo con lo anterior, cualquier gobierno puede, mediante una argumentación adecuada, proponer la adición de uno o más contaminantes. Un comité de revisión se encargará periódicamente de evaluar, mediante la aplicación del mejor conocimiento científico asequible, si las propuestas recibidas cumplen con los criterios objeto del Convenio. El comité formulará entonces sus recomendaciones a las partes, quienes decidirán sobre su inclusión definitiva. En caso afirmativo, esta decisión se considerará como un *adendum* y las partes procederán a su ratificación. De esta forma, el Comité provee un mecanismo eficaz para que el Convenio se mantenga actualizado, dinámico y capaz de responder a los nuevos datos y descubrimientos científicos.

En este sentido, existe evidencia creciente del impacto potencial de algunos compuestos plastificantes, varios tipos de retardantes de flama, ciertos limpiadores y surfactantes, como los alquilfenol-etoxilatos, y varios grupos de compuestos organometálicos, entre otros, los cuales se incluyen en el cuadro

2. En términos generales, estos compuestos pueden considerarse de importancia ambiental prioritaria, y si bien a la fecha se carece de una evaluación adecuada y completa para todos ellos, los datos disponibles sugieren con claridad la necesidad de realizar estudios más detallados sobre su impacto ambiental y sus efectos toxicológicos.

Por estas razones, es fundamental el desarrollo de actividades de investigación con la finalidad de identificar estas sustancias candidatas y establecer cuáles de ellas son de mayor importancia para México, determinar sus usos y lugares de acceso al país, así como definir mecanismos para lograr la disminución de su uso y del control de las otras sustancias tóxicas persistentes que no puedan ser sustituidas por alternativas menos riesgosas. Para lograr esto es necesario reunir suficiente evidencia científica que permita proponer una o más de estas sustancias para su incorporación a la Convención de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes.

CONCLUSIONES

Como se ha explicado anteriormente, los contaminantes orgánicos persistentes son sustancias que han sido utilizadas en todas las regiones del mundo, generando altos niveles de contaminación. Dadas las características físicas y químicas de los COP, su impacto en el medio ambiente y en la salud humana se ha convertido en una preocupación a nivel mundial.

En los últimos 40 años, se ha tomado conciencia sobre las amenazas que representa la liberación de estas

sustancias al ambiente. A nivel internacional se han realizado diversos esfuerzos para reducir la generación, manejo y uso de estas sustancias, teniendo entre estos esfuerzos la firma de convenios internacionales, siendo los principales: la Convención de Basilea para el control transfronterizo de residuos y su disposición, la Convención de Róterdam dio lugar al Procedimiento de consentimiento para el manejo de ciertas sustancias químicas peligrosas y plaguicidas, y la Convención de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes.

Con la firma y ratificación de la Convención de Estocolmo se establecieron una serie de compromisos y oportunidades para México, entre las que se incluyen: designar un punto focal nacional, brindar asistencia técnica a otros países que lo requieran, promover la participación pública y la difusión de información, y llevar a cabo actividades de investigación, desarrollo y monitoreo, así como la elaboración de un Plan nacional de implementación (PNI) en los siguientes dos años.



CUADRO 1. COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES (COP) Y SU ESTATUS EN MÉXICO

No.	SUSTANCIA QUÍMICA	ESTATUS REGULATORIO	ACCIONES REALIZADAS
1	Aldrín	Prohibido de acuerdo con el <i>Diario Oficial de la Federación</i> del 3 de enero de 1991.	Ninguna
2	Clordano	Según el catálogo de CICOPPLAFEST de 1996, el clordano es un plaguicida restringido para uso como termicida, con doce diferentes formulaciones, y para su adquisición se requiere presentar una recomendación escrita por parte de un técnico autorizado por el gobierno federal.	Desde 1996 se implantó un Plan de Acción Regional de América del Norte (PARAN). El Grupo de Trabajo de Manejo Adecuado de Sustancias Químicas (SMOC) recibió y aprobó en el otoño de 2001 el informe final sobre la aplicación del PARAN para clordano, dándolo por concluido.
3	DDT	De acuerdo al <i>Catálogo Oficial de Plaguicidas</i> elaborado por CICOPPLAFEST de 1996, su uso está restringido a campañas sanitarias contra la malaria de las dependencias del ejecutivo.	Desde 1996 se implantó un Plan de Acción Regional de América del Norte. La instrumentación del PARAN concluyó en 2002 debido a que México llevó a cabo las acciones convenidas con mayor rapidez de lo planeado, y esta por concluirse.
4	Dieldrin	Prohibido de acuerdo con el <i>Diario Oficial de la Federación</i> del 3 de enero de 1991.	Ninguna
5	Dioxinas	Las emisiones de dioxinas se encuentran contempladas en los Proyectos de Norma: PROY-NOM-098-ECOL-2000. "Protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes" y PROY-NOM-040-ECOL-2001. "Protección ambiental-Fabricación de cemento hidráulico.- Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera".	En 1999 se encomendó la elaboración del PARAN, a ser aprobado en 2003; se prevé que la implementación inicie en ese mismo año, al tiempo que comienza el trabajo preparatorio de la fase II.
6	Endrin	Prohibido de acuerdo con el <i>Diario Oficial de la Federación</i> del 3 de enero de 1991.	Ninguna

LOGROS	NECESIDADES
Se logró la prohibición del uso agrícola de este plaguicida.	Se desconocen los volúmenes que se utilizaron antes de ser prohibido, así como su impacto ecotoxicológico. Se desconoce si se utiliza en forma clandestina.
Se logró la restricción en el uso agrícola de este plaguicida. Además, se detectaron sustancias alternativas para el control de termitas.	Se desconocen los volúmenes que se utilizaron antes de ser prohibido, así como su impacto ecotoxicológico. Se desconoce si se utiliza en forma clandestina.
Se logró la restricción en el uso agrícola de este plaguicida. Además, se detectaron sustancias alternativas para el control del mosquito que transmite la malaria y se elaboraron programas de destrucción de los sitios de incubación del mosquito, eliminando los requerimientos de DDT.	Se desconocen los volúmenes que se utilizaron antes de ser prohibido, así como su impacto ecotoxicológico. Se desconoce si se utiliza en forma clandestina.
Se logró la prohibición del uso agrícola de este plaguicida.	Se desconocen los volúmenes que se utilizaron antes de ser prohibido, así como su impacto ecotoxicológico. Se desconoce si se utiliza en forma clandestina.
Se liberó en junio del 2003 el Plan de Acción Regional sobre Dioxinas, Furanos y Hexaclorobenceno para su publicación y posteriormente para iniciar con acciones trilaterales. Se inició la preparación de normas para regular las emisiones de estas sustancias en incineradores de residuos y hornos cementeros.	Hace falta realizar monitoreo para un inventario básico. La CCA apoyó la preparación de una línea de base de inventario, enlazada con los inventarios de Canadá y EE.UU. para obtener una perspectiva regional de las emisiones.
Se logró la prohibición del uso agrícola de este plaguicida.	Se desconocen los volúmenes que se utilizaron antes de ser prohibido, así como su impacto ecotoxicológico.

(Continúa)

CUADRO 1. COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES (COP) Y SU ESTATUS EN MÉXICO

No.	SUSTANCIA QUÍMICA	ESTATUS REGULATORIO	ACCIONES REALIZADAS
7	Furanos	Las emisiones de furanos se encuentran contempladas en los Proyectos de Norma: PROY-NOM-098-ECOL-2000. "Protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes" y PROY-NOM-040-ECOL-2001. "Protección ambiental-Fabricación de cemento hidráulico.- Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera".	En 1999 se encomendó la elaboración del PARAN, a ser aprobado en 2003; se prevé que la instrumentación inicie en ese mismo año, al tiempo que comienza el trabajo preparatorio de la fase II.
8	Heptacloro	Este es un insecticida usado para combatir plagas en suelo y en cultivos; así como termitas, saltamontes, hormigas rojas y mosquitos. Este compuesto no está registrado en México, lo que significa que no puede ser producido, formulado, comercializado, usado e importado de manera legal en el país.	Ninguna
9	Hexaclorobenceno	El hexaclorobenceno (HCB) es usado para el tratamiento de semillas y a menudo se encuentra presente en los plaguicidas clorados. Además, es generado no intencionalmente como subproducto en la fabricación de plaguicidas y de productos químicos industriales, en procesos industriales de plantas de cloro-álcali, en productos pirotécnicos y como resultado de combustión incompleta. En cuanto a su uso en agricultura, este compuesto no está registrado en México, lo que significa que no puede ser producido, formulado, comercializado, usado e importado de manera legal en el país.	En 1999 se encomendó la elaboración del PARAN, a ser aprobado en 2003; se prevé que la instrumentación inicie en ese mismo año, al tiempo que comienza el trabajo preparatorio de la fase II.
10	Mirex	Prohibido de acuerdo con el <i>Diario Oficial de la Federación</i> del 3 de enero de 1991	Ninguna

LOGROS	NECESIDADES
<p>Se liberó en junio del 2003 el Plan de Acción Regional sobre Dioxinas, Furanos y Hexaclorobenceno para su publicación y posteriormente para iniciar con acciones trilaterales.</p> <p>Se inició la preparación de normas para regular las emisiones de estas sustancias en incineradores de residuos y hornos cementeros.</p>	<p>Se desconoce si se utiliza en forma clandestina.</p> <p>Hace falta realizar monitoreo para un inventario básico. La CCA apoyó la preparación de una línea de base de inventario, enlazada con los inventarios de Canadá y EE.UU. para obtener una perspectiva regional de las emisiones.</p> <p>Se desconocen los volúmenes que se utilizaron antes de ser prohibido, así como su impacto ecotoxicológico.</p>
<p>No se permite el ingreso de este plaguicida debido a que no cuenta con registro ante las autoridades.</p>	<p>Se desconoce si se utiliza en forma clandestina.</p>
<p>Se liberó en junio del 2003 el Plan de Acción Regional sobre Dioxinas, Furanos y Hexaclorobenceno para su publicación y posteriormente para iniciar con acciones trilaterales.</p> <p>El INE inició este año la elaboración de un inventario nacional de Hexaclorobenceno.</p>	<p>Hace falta realizar monitoreo para elaborar un inventario básico. El INE está elaborando en este año un diagnóstico actualizado.</p>
<p>Se logró la prohibición del uso agrícola de este plaguicida.</p>	<p>Se desconocen los volúmenes que se utilizaron antes de ser prohibido, así como su impacto ecotoxicológico.</p> <p>Se desconoce si se utiliza en forma clandestina.</p>

(Continúa)

CUADRO 1. COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES (COP) Y SU ESTATUS EN MÉXICO

No.	SUSTANCIA QUÍMICA	ESTATUS REGULATORIO	ACCIONES REALIZADAS
11	Bifenilos policlorados	La NOM-133-ECOL-2000 "Protección Ambiental: Bifenilos Policlorados (BPC's)-Especificaciones de Manejo", publicada en el DOF en diciembre de 2001, exige la eliminación de equipo contaminado con BPC's y todos los residuos almacenados de BPC para diciembre del 2008.	Se implantó un Plan de Acción Regional de América del Norte, desde 1997. El programa SMOC verificará que los puntos del PARAN se han cumplido de manera adecuada y que este plan se puede dar por concluido.
12	Toxafeno	No registrado. De acuerdo con el Catálogo Oficial de Plaguicidas elaborado por CICOPPLAFEST de 1996 está prohibida su comercialización y uso.	Ninguna

Fuentes: CICLOPLAFEST 1996 y UNEP 2002.

En México se iniciaron estudios sobre los niveles de COP en el seno de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte, y mediante la implementación de Planes de Acción Regional (PARAN). Con esto se comenzaron diversas acciones de gestión y regulación, así como en la elaboración de inventarios de generación. Actualmente, México tiene un avance significativo en el control de varios de estos compuestos, entre los que se encuentran: mercurio, DDT, clordano, bifenilos policlorados, lindano, dioxinas y furanos, y plomo. Además se ha prohibido o restringido el uso de diversos plaguicidas.

A pesar de estos avances alcanzados, en México se carece de información sobre algunos contaminantes orgánicos persistentes y de los niveles existentes de estas sustancias en diferentes regiones del país. Esto dificulta el tomar acciones específicas para la eliminación en el uso, manejo y generación de estas sustancias por parte de las instancias gubernamentales. Además, es necesario establecer y realizar ac-

tividades de investigación y monitoreo para: evaluar adecuadamente los riesgos ambientales y a la salud asociados a los COP en México; verificar la reducción en los niveles de estas sustancias dentro del territorio nacional; elaborar un diagnóstico de otras sustancias tóxicas persistentes que puedan ocasionar problemas ambientales en nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

- Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas 1996. *Catálogo oficial de plaguicidas*. México.
- Global Environment Facility 2002. *Regionally based assessment of persistent toxic substances. North America regional report*. United Nations Environmental Programme.
- Inter-organization Programme for the Sound Management of Chemicals 2002. *Master list of actions on the reduction and/or elimination of the releases of persistent*

LOGROS

Se finalizó exitosamente con el Plan de Acción Regional sobre Bifenilos Policlorados, y se realizó la disposición de grandes cantidades de aceite dieléctrico contaminado con Bifenilos por parte de la industria.

Además se elaboró normatividad específica para este tipo de residuos.

Se logró la prohibición del uso agrícola de este plaguicida.

NECESIDADES

El equipo de trabajo dará seguimiento al monitoreo de BPC, a través del PARAN sobre monitoreo y evaluación ambiental. El INE dispone de un diagnóstico actualizado de BPC en México.

Se desconocen los volúmenes que se utilizaron antes de ser prohibido, así como su impacto ecotoxicológico.

Se desconoce si se utiliza en forma clandestina.

organic pollutants. Cuarta edición. United Nations Environmental Programme.

Interim Secretariat of the Basel Convention. Interim Secretariat of the Rotterdam Convention; Interim Secretariat of the Stockholm Convention 2002. *The hazardous chemicals and wastes Conventions*. United Nations Environmental Programme. Geneva

Interim Secretariat of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants 2002a. *Ridding the world of POPs: A guide to the Stockholm Convention on persistent organic pollutants*. United Nations Environmental Programme, Suiza.

L. Ritter, K.R. Solomon y J. Forget 1995. *Contaminantes orgánicos persistentes. Informe sobre: aldrin, dieldrin,*

endrin, clordano, heptacloro, hexaclorobenceno, mirex, toxafeno, BPCs, dioxinas y furanos. Programa

Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas. Programa Interinstitucional para la Gestión Racional de las Sustancias Químicas de las Naciones Unidas.

P. Orris, L. Kaatz Chary y K. Perry 2000. *Persistent Organic Pollutants and Human Health*. Persistent Organic Pollutants Project, World Federation of Public Health Association.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente 2001. Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. UNEP.

CUADRO 2. LISTA DE OTROS COP CANDIDATOS A INCLUSIÓN EN EL CONVENIO DE ESTOCOLMO

SUSTANCIA CANDIDATA	CARACTERÍSTICAS
<p>Atrazina (2-Cloro-4-(etilamino)-6-(isopropilamino)-s-triazina (C₁₀H₆Cl₂) Número CAS: 19-12-24-9</p>	<p>La atrazina es un herbicida selectivo de la familia de las triazinas utilizado para controlar el crecimiento de hierba en el maíz, sorgo, caña de azúcar, piña, árboles de navidad, y otros cultivos, así como en plantaciones de reforestación de coníferas. Este herbicida se descubrió e introdujo al mercado en los años 50 y actualmente es utilizado en todo el mundo, debido a su bajo costo y a su efectividad para evitar la pérdida de cultivos por la proliferación de hierba. Esta sustancia no se adsorbe fuertemente a las partículas del suelo y puede tener una vida media de entre 60 y 100 días. La atrazina tiene un gran potencial de contaminación del agua subterránea a pesar de su moderada solubilidad en agua. La LD₅₀ oral de la atrazina es de 3,090 mg/kg en ratas, 1,750 mg/kg en ratones, 750 mg/kg en conejos, y 1,000 mg/kg en hamsters. La LD₅₀ cutánea de la atrazina es de 7,500 mg/kg en conejos, y mayor de 3,000 mg/kg en ratas. La atrazina no es tóxica para las aves, sin embargo la LD₅₀ en pato salvaje es de más de 2,000 mg/kg. Este herbicida es ligeramente tóxico en peces y otras formas de vida acuática y presenta bajos niveles de bioacumulación en peces. Los estudios para determinar su potencial de desarrollo de cáncer están incompletos.</p>
<p>Hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPA) <i>Estos son un grupo de sustancias compuestas por dos o más anillos aromáticos unidos</i></p>	<p>La mayor parte de estos se generan durante la combustión incompleta de material orgánico y la composición de la mezcla de HPA generados dependiendo de la fuente y a la selectividad de los efectos climatológicos en el ambiente. Los HPA de menor peso molecular son más fácilmente degradados que los de mayor peso molecular. La toxicidad aguda de los HPA ligeros es moderada y tiene un LD₅₀ para el antraceno y naftaleno en rata de 490 y 18,000 mg/kg respectivamente, mientras que los HPA más pesados tienen una mayor toxicidad, teniendo un LD₅₀ para el benzo(a)antraceno en ratón de 10 mg/kg. El efecto crítico de los HPA en los mamíferos se manifiesta en su potencial de generación de cáncer. Las acciones metabólicas de estas sustancias producen intermediarios que se enlazan con el ADN. El benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno, y el dibenzo(a,h)antraceno son considerados probables cancerígenos en seres humanos, mientras que el benzo(b)fluoranteno y el indeno(1,2,3-c,d)pireno se clasifican como posibles cancerígenos en seres humanos.</p>
<p>Perfluoro-octan-sulfonato (PFOS)</p>	<p>Los compuestos de PFOS se utilizan en la fabricación de diversos productos entre los que se encuentran: sustancias para tratamiento de superficies para la resistencia a la corrosión, recubrimientos para el papel, y en aplicaciones específicas como las</p>

(Continúa)

CUADRO 2. LISTA DE OTROS COP CANDIDATOS A INCLUSIÓN EN EL CONVENIO DE ESTOCOLMO

SUSTANCIA CANDIDATA	CARACTERÍSTICAS
<p>El anión del perfluoro-octan-sulfonato no tiene un CAS específico, pero en su forma ácida y de sales tiene un CAS de:</p> <p>Ácido (1763-23-1)</p> <p>Sal de amonio (29081-56-9)</p> <p>Sal de potasio (2795-39-3)</p> <p>Sal de litio (29457-72-5)</p>	<p>espumas contra incendios. La empresa 3M fue la mayor fabricante de esta sustancia, pero ha reducido la producción de la misma hasta alcanzar su eliminación a finales del 2002. Esta sustancia no se descompone bajo condiciones ambientales y se ha demostrado que se puede bioacumular en peces. También se absorbe por los mamíferos y se acumula principalmente en la sangre y el hígado. Su tiempo de vida media es de 8.67 años en seres humanos. Esta sustancia presenta una toxicidad aguda moderada a organismos acuáticos. Exposiciones repetidas pueden causar daño hepático y muerte. Los PFOS tienen una LD₅₀ oral en rata de 251 mg/kg. También se han observado efectos en el desarrollo de ratas recién nacidas a una dosis de 5 mg/kg/día durante la gestación. Se tiene un NOAEL y un LÓAEL de 1 y 5 mg/kg/día para presentar daños en el desarrollo. Se han presentado casos de cáncer en fábricas de PFOS en los EE.UU. y Bélgica.</p>
<p>Parafinas policloradas (PPC), o alcanos policlorados (C_xH_(2x-y+2)Cl_y).</p> <p>Número CAS: 108171-26-2</p>	<p>Se utilizan fundamentalmente como plastificadores, generalmente en conjunción con plastificadores primarios, como los ftalatos. También tienen aplicaciones como retardadores de flama y como lubricantes en condiciones de alta presión, como el corte de metales. Estos productos se dividen frecuentemente en tres grupos dependiendo del largo de la cadena carbonada: de cadena corta (C₁₀-C₁₃), media (C₁₄-C₁₇) y larga (C₁₈-C₃₀). Las PPC pueden liberarse al ambiente por un manejo inadecuado de los fluidos de corte y maquinado de metales, o bien de algunos polímeros que contienen PPC. La lixiviación de pinturas y recubrimientos también contribuye a la contaminación por PPC. La toxicidad aguda de las PPC en mamíferos es baja con valores LD₅₀ entre 4-50 g/kg, aunque se han observado efectos en el hígado en experiencias con dosis de 10 a 100 mg/kg/día. Los productos de cadena corta y media han demostrado en pruebas de laboratorio efectos tóxicos sobre peces y otras formas de vida acuática, después de periodos largos de exposición.</p>
<p>Éteres bifenlicos polibromados, (C₁₂H_(10-n)Br_nO, donde n = 1-10).</p>	<p>Existen tres formulaciones comerciales: el producto pentabromado se emplea principalmente como retardante de flama para espumas de poliuretano usadas en muebles, bajo-alfombras y camas. La formulación comercial "octa" es una mezcla de hexa- (10-12%), hepta- (44-46%), octa- (33-35%) y nonabromodifenil- (10-11%) éteres. Esta se emplea como retardante de flama en una amplia variedad de termoplásticos, y tiene aplicaciones en procesos de moldeo por inyección, (p.ej.</p>

(Continúa)

CUADRO 2. LISTA DE OTROS COP CANDIDATOS A INCLUSIÓN EN EL CONVENIO DE ESTOCOLMO

SUSTANCIA CANDIDATA	CARACTERÍSTICAS
	<p>para el poliestireno de alto impacto). La formulación “deca” corresponde a una sustancia única, y es empleada en textiles y plásticos duros para fabricación de “<i>housings</i>” de una variedad de productos electrónicos, especialmente televisiones y computadoras. Los datos disponibles sobre su destino ambiental, si bien son limitados, indican que la biodegradación no es significativa, mientras que la fotodegradación juega un papel importante. Estos compuestos ya han sido encontrados en altas concentraciones en animales marinos y en mamíferos de regiones distantes. Los reportes disponibles indican que los congéneres menores (tetra- a hexa-) son probables carcinógenos, disruptores de la función endócrina y neurotóxicos. Aunque la información toxicológica es limitada, todos ellos tienen potencial como disruptores de la función endócrina y son de importancia por sus efectos generales sobre la salud.</p>
<p>Ftalatos, este nombre comprende una amplia familia de compuestos. Entre los más comunes se encuentran: el dimetilftalato (DMF), el dietilftalato (DEF), el dibutilftalato, el bencilbutilftalato (BBF), el di(2-etilhexil)ftalato (DEHF) (C₂₄H₃₈O₄), y el dioctilftalato (DOF).</p> <p>Número CAS: 84-74-2 (DBF), 85-68-7 (BBF), 117-81-7 (DEHF).</p>	<p>Los ftalatos son ampliamente usados como plastificantes, y repelentes de insectos, y como disolventes para el acetato de celulosa en la fabricación de lacas y barnices. Los plásticos vinílicos contienen hasta un 40% de DEHF. Estos compuestos se han convertido en contaminantes ubicuos en los sedimentos marinos, de estuarios y de aguas superficiales, en los lodos de las aguas negras, en suelos y en alimentos. Los tiempos de degradación (t^{1/2}) generalmente van de 1 a 30 días en aguas limpias. En general, el DEHF no es tóxico para las comunidades acuáticas en bajas concentraciones habitualmente presentes. En animales, los niveles altos de DEHF dañan el hígado y a los riñones y afectan la función reproductiva. No existe evidencia de que causen cáncer en los seres humanos, pero han sido reportados como disruptores de función endocrina. La EPA ha propuesto una concentración máxima aceptable de 6 ì g/L de DEHF en agua potable.</p>
<p>Hexabromobifenilo (HBB), (C₁₂H₄Br₆).</p> <p>Número CAS: 59536-65-1</p>	<p>La producción de estas sustancias se inició hacia 1970. El HBB ha sido usado principalmente como retardante de flama en termoplásticos para maquinaria, (<i>p.ej.</i> en corazas de motores), y en la industria electrónica, para partes de radio y TV. En menores cantidades han sido usados como retardantes de flama en lacas y recubrimientos de poliuretano, y en espumas para tapicería automotriz. El HBB se adsorbe fuertemente en los suelos y sedimentos y usualmente persiste en el ambiente. Es resistente a la degradación biológica y química. La ingestión oral de bifenilos polibromados, BPB en animales de laboratorio produce pérdida de peso corporal, desórdenes en la piel y efectos en el sistema nervioso, así como defectos congénitos. La</p>

(Continúa)

CUADRO 2. LISTA DE OTROS COP CANDIDATOS A INCLUSIÓN EN EL CONVENIO DE ESTOCOLMO

SUSTANCIA CANDIDATA	CARACTERÍSTICAS
<p>Nonil y octil-fenoles, NF: $C_{15}H_{24}O$; OF: $C_{14}H_{22}O$. Número CAS: 084852-15-3.</p>	<p>exposición humana, a través de alimentos contaminados redundando en desórdenes de la piel, como acné y pérdida del cabello. Los BPB poseen actividad disruptiva endocrina y probables efectos carcinogénicos para los humanos.</p> <p>El NF y el OF son los compuestos base para la síntesis de los alquilfenoletoxilatos, AFE, que comenzaron a usarse en los años 60. Estos compuestos son agentes limpiadores y surfactantes ampliamente usados en una variedad de giros industriales, incluyendo textiles, pulpa y papel, pinturas, adhesivos, resinas y recubrimientos protectores. Se emplean también como plastificantes, estabilizadores para hules sintéticos, y aditivos para lubricantes. Los fosfo derivados de alquilfenoles, se usan también como estabilizadores de fotodegradación UV en plásticos. Tanto el NF como el OF son los productos finales de la degradación de los AFE, tanto bajo condiciones aeróbicas como anaeróbicas, en consecuencia, la mayor parte es eliminada vía agua y se concentra en las aguas residuales. Los niveles de toxicidad aguda del NF y el OF para aves, invertebrados y algas, van de 17 a 3,000 $\mu\text{g/L}$. En pruebas de toxicidad crónica, los NOEC más bajos son 6 $\mu\text{g/L}$ en peces y 3.7 $\mu\text{g/L}$ para invertebrados.</p>
<p>Hexaclorociclohexano (HCH) 1,2,3,4,5,6-Hexaclorociclohexano, mezcla de isómeros: $(C_6H_6Cl_6)$. 608-73-1 (g-HCH, lindano: 58-89-9).</p>	<p>Históricamente, el lindano es uno de los insecticidas más ampliamente usados; como otros isómeros del HCH, es persistente en suelos y el agua, con vida media de uno y dos años, respectivamente. Es menos bioacumulativo que otros organoclorados, debido a su baja liofilicidad, pero a cambio su baja presión de vapor favorece el transporte de largo alcance en la atmósfera. Es moderadamente tóxico para los invertebrados y los peces, con valores LC_{50} de 20 a 90 $\mu\text{g/L}$. Los resultados de diversos estudios no son concluyentes en cuanto a su potencial mutagénico, pero en cambio indican actividad disruptiva endocrina.</p>
<p>Clordecona 1,2,3,4,5,5,6,7,9,10,10-dodecacloro-octahidro-1,3,4-meteno-2H-ciclobuta(cd)pentalen-2-eno $(C_{10}Cl_{10}O)$. 143-50-0</p>	<p>La clordecona se libera a la atmósfera como resultado de su fabricación y uso como insecticida, así mismo se presenta como subproducto en la degradación del Mirex. Su vida media estimada en suelos es de 1 a 2 años, mientras que en el aire es mucho mayor, hasta 50 años. En general no se hidroliza ni sufre biodegradación en el ambiente, la fotodegradación también es poco significativa, así como su tasa de evaporación en el agua. Los trabajadores que han sido expuestos a altos niveles de clordecona durante periodos superiores a un año, muestran efectos peligrosos en el sistema nervioso, la piel, el hígado y en la función reproductiva, en el caso de los varo</p>

(Continúa)

CUADRO 2. LISTA DE OTROS COP CANDIDATOS A INCLUSIÓN EN EL CONVENIO DE ESTOCOLMO

SUSTANCIA CANDIDATA	CARACTERÍSTICAS
Endosulfán 6,7,8,9,10,10-Hexa-cloro-1,5,5a,6,9,9a-hexahidro-6,9-metano-2,4,3-benzodioxatien-3-óxido (C ₉ H ₆ Cl ₆ O ₃ S).	<p>nes. La ruta de exposición principal es el contacto, aunque la ingestión e inhalación también son importantes. Los estudios en animales, muestran efectos similares a los observados en los humanos, así como alteraciones en el desarrollo, afectaciones al riñón y a la función reproductiva de los machos.</p> <p>El endosulfán fue introducido en 1954. Es muy empleado como insecticida en una gran cantidad de cultivos alimenticios y no alimenticios, (<i>p.ej.</i> té, vegetales, frutas, tabaco, algodón, etc). Se utiliza en el control de aproximadamente 100 diferentes plagas agrícolas. Diferentes formulaciones son utilizadas en la agricultura comercial y en la variada jardinería doméstica, así como para la preservación de la madera. Su toxicidad para las aves es entre media y alta, (mallards: oral LD₅₀ 31-243 mg/kg) y es muy tóxico para los organismos acuáticos (96-horas con un LC₅₀ para la trucha arco iris, 1.5 µg/L). Existe fuerte evidencia sobre su potencial como disruptivo de la función endocrina.</p>
Pentaclorofenol (PCF) Pentaclorofenol (C ₆ Cl ₅ OH). 87-86-5.	<p>Es utilizado como insecticida (termicida), fungicida y herbicida de contacto no selectivo (defoliante), así como preservativo para madera. También se emplea como anticoagulante en pinturas y otros materiales (textiles, tintas, desinfectantes y limpiadores); es un inhibidor de fermentación. La descomposición completa en superficies de suelo toma entre 45 y 72 días, otros autores reportan vida media en suelos de 45 días. Se ha comprobado su toxicidad aguda para los organismos acuáticos, y tiene ciertos efectos sobre la salud humana, así mismo imparte un fuerte sabor desagradable aun en muy bajas concentraciones. Se ha reportado un valor LC₅₀ para 24 horas en la trucha de 0.2 mg/L, y se han observado efectos de toxicidad crónica a concentraciones menores de 3.2 µg/L. La toxicidad aguda en mamíferos va de moderada a alta; se ha reportado una dosis oral LD₅₀ en ratas entre 50 y 210 mg/kg.</p>
Compuestos órgano-estánnicos	<p>Los compuestos órgano-estánnicos comprenden los mono, di, tri, tetrabutyl y trifenil estaño. Su fórmula general es (n-C₄H₉)_nSn-X, y (C₆H₅)₃Sn-X, dónde X es un anión o un grupo unido por un enlace covalente a través de un heteroátomo. Se utilizan principalmente como antioxidantes en pinturas para estructuras submarinas y barcos (tributyl y trifenil estaño). Otras aplicaciones menores son como antisépticos y desinfectantes en textiles y en sistemas de recirculación de agua,</p>

(Continúa)

CUADRO 2. LISTA DE OTROS COP CANDIDATOS A INCLUSIÓN EN EL CONVENIO DE ESTOCOLMO

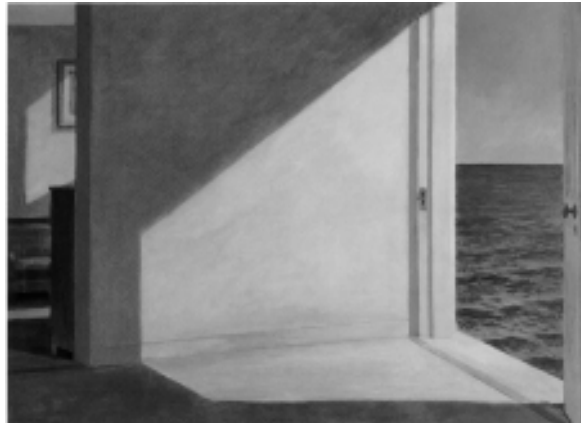
SUSTANCIA CANDIDATA	CARACTERÍSTICAS
<p>Plomo y compuestos órgano-plúmbicos. La lista de compuestos alquilo-plúmbicos puede limitarse a tetrametilo de plomo ($Pb(CH_3)_4$) y tetraetilo de plomo ($Pb(C_2H_5)_4$).</p>	<p>como las torres de enfriamiento para uso industrial o institucional; en molinos de pulpa y papel, y en cervecerías. También se emplean como estabilizadores para plásticos y como agentes catalíticos en la fabricación de espumas suaves. El TBE es lipofílico y tiende a acumularse en organismos acuáticos. Los ostiones que se exponen a concentraciones muy bajas muestran valores BCF de 1,000 a 6,000. Su impacto en el ambiente fue reconocido a principios de los años 80, en Francia, debido a daños en organismos acuáticos, tales como las malformaciones en la concha de los ostiones, y una menor resistencia a las infecciones. Los moluscos reaccionan adversamente a niveles muy bajos de TBE (0.06-2.3 ug/L); Las larvas de langosta exhiben una interrupción total del desarrollo a un nivel de solamente 1.0 ug/L TBE.</p> <p>El mayor crecimiento de la demanda de plomo se da en el sector de los acumuladores, y su reducción se da en su eliminación como antidetonante en las gasolinas, en la soldadura de envases de alimentos y en las tuberías para agua, así como en las pinturas y pigmentos utilizados en interiores. El tetrametilo y el tetraetilo de plomo han sido usados ampliamente como antidetonantes para gasolinas. La liberación de estos compuestos al ambiente se abatió drásticamente con la introducción de las gasolinas sin plomo en los años 70, primero en los Estados Unidos de América y luego en otras partes del mundo. Sin embargo, en algunos países aún se utilizan gasolinas con plomo y estas contribuyen a la emisión de estos compuestos. El plomo y sus compuestos causan cáncer en el sistema respiratorio y digestivo de los trabajadores en las fábricas de baterías y en las fundiciones. Sin embargo, los compuestos alquilados no han sido probados concluyentemente como carcinogénicos. La toxicidad aguda del TEP y TMP es moderada para mamíferos y alta para la biota acuática: LD_{50} (oral para ratas) del TEP es 35 mg Pb/kg y 108 mg Pb/kg para el TMP. LC_{50} (en peces, 96 h) para el TEP es 0.02 mg/kg y para el TMP es de 0.11 mg/kg.</p>
<p>Compuestos órgano-mercúricos: el compuesto de mayor importancia es el metil-mercurio ($HgCH_3$).</p>	<p>Existen muchas fuentes de liberación de mercurio al ambiente, tanto naturales (volcanes, depósitos de mercurio, y volatilización en los océanos), como antropogénicas: combustión del carbón, el proceso alcalino para fabricación del cloro, incineración de residuos, y el procesamiento de metales. El mercurio se emplea ampliamente en termómetros, baterías, lámparas, procesos industriales, aceites</p>

(Continúa)

CUADRO 2. LISTA DE OTROS COP CANDIDATOS A INCLUSIÓN EN EL CONVENIO DE ESTOCOLMO

CARACTERÍSTICAS

lubricantes y amalgamas dentales. El mercurio que se libera al ambiente puede permanecer cercano a su fuente por largos periodos, o bien dispersarse ampliamente a nivel regional o inclusive global. El metilmercurio se forma en el ambiente a partir del mercurio inorgánico. Los compuestos metilados no sólo son tóxicos sino altamente bioacumulativos. El incremento en los niveles de mercurio a lo largo de las cadenas tróficas redundan en un nivel muy alto en los peces para alimento humano. El mercurio elemental que es ingerido se absorbe sólo en 0.01 %, pero el metilmercurio se absorbe casi al 100% en el tracto gastrointestinal. La exposición prolongada daña permanentemente al cerebro, los riñones y al desarrollo del feto. El blanco más vulnerable a sus propiedades tóxicas es el sistema nervioso.



Mario Yarto. Director de investigación sobre sustancias químicas y riesgos ecotoxicológicos. Instituto Nacional de Ecología. Correo-e: myarto@ine.gob.mx.

Arturo Gavilán. Jefe de departamento de Estudios de análisis comparativos de riesgo ambiental. Instituto Nacional de Ecología. Correo-e: agavilan@ine.gob.mx.

Juan Barrera. Jefe de departamento de Integración de estrategias de prevención de riesgos. Instituto Nacional de Ecología. Correo-e: barrerac@ine.gob.mx.