

IDENTIFICACIÓN DE LAS CAPACIDADES Y
NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN EN MÉXICO EN
MATERIA DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS
PERSISTENTES (COPs)

(Informe Final)

febrero de 2004

Contenido

Tablas	3
Resumen	4
1 Justificación.....	6
2 Introducción.....	7
2.1 Importancia de los contaminantes orgánicos persistentes.....	7
2.2 Propiedades químicas de los COP´s	8
2.3 Toxicidad al ambiente	9
2.4 Toxicidad a la salud humana	10
2.5 Convenciones internacionales sobre sustancias químicas y residuos peligrosos	12
2.5.1 Convención de Basilea	12
2.5.2 Convención de Róterdam	12
2.5.3 Convención de Estocolmo	12
2.6 Actividades incluidas en la convención de Estocolmo	13
2.7 Compromisos adquiridos por México en la convención de Estocolmo....	13
2.8 Situación de los Contaminantes Orgánicos Persistentes en México	15
2.9 Avances de México en la eliminación de COP´s.....	15
2.10 Capacidad de monitoreo e infraestructura de investigación nacionales..	16
3 Objetivos	18
4 Productos.....	18
5 Metodología	19
5.1 Revisión de fuentes de información	19
5.2 Diseño y envío del cuestionario sobre capacidades analíticas	19
5.3 Creación de una base de datos relacional	20
6 Resultados	22
6.1 Cuestionarios resueltos.....	22
6.2 Líneas y Sublíneas de investigación	25
6.3 Infraestructura disponible a nivel nacional	27
6.3.1 Centros de investigación.....	27
6.4 Capacidades de Monitoreo y evaluación	30
6.4.1 Técnicas analíticas para aire	32
6.4.2 Técnicas analíticas para agua	33
6.4.3 Técnicas analíticas para organismos.....	33
6.4.4 Técnicas analíticas para sedimentos	34
6.4.5 Técnicas analíticas para otras matrices.....	35
6.4.6 Equipos instrumentales.....	35
7 Conclusiones.....	37
Anexo I	
Anexo II	
Anexo III	
Anexo IV	

Tablas

Tabla 1. Lista de contactos que enviaron el cuestionario resuelto de vuelta.....	23
Tabla 2. Líneas de investigación	25
Tabla 3. Sublíneas de investigación en la Línea de Ecotoxicología	25
Tabla 4. Sublíneas de investigación en la línea de Efectos en la salud	26
Tabla 5. Sublíneas de investigación en la línea de Evaluación de riesgos e impacto ambiental.....	26
Tabla 6. Sublíneas de investigación en la línea de Monitoreo y Modelaciones.....	26
Tabla 7. Sublíneas de investigación en la línea de Tecnologías de tratamiento ...	27
Tabla 8. Detalle de la preparación académica de los investigadores ubicados	27
Tabla 9. Cursos impartidos por cada Centro de investigación	28

Resumen

Los contaminantes orgánicos persistentes se distinguen por ser semivolátiles, lo que les permite presentarse en forma de vapor o adsorbidos sobre partículas atmosféricas, facilitando así su transporte a grandes distancias en la atmósfera, a través de aire, el agua o algunas especies migratorias. Por esta razón, en los últimos 40 años, se ha tomado conciencia en forma creciente sobre las amenazas a la salud humana y al ambiente que representa la liberación cada vez mayor de estas sustancias.

Como resultado de esto, se han realizado diversos esfuerzos a nivel internacional entre los que se encuentran la Convención de Basilea para el Control Transfronterizo de Residuos Peligrosos y su Disposición; la Convención de Róterdam acerca del Procedimiento de Consentimiento para el manejo de ciertas Sustancias Químicas Peligrosas y Plaguicidas; y la Convención de Estocolmo para eliminar o restringir la producción y uso de los contaminantes orgánicos persistentes que se fabrican intencionalmente.

Particularmente en México se han realizado diversas acciones para controlar la generación de COPs por parte de las autoridades ambientales. Además, se han realizado diversas actividades de investigación por parte de los Institutos y Centros de investigación científica que existen en el país. Sin embargo, no se ha tomado una política específica para coordinar las actividades realizadas por estos centros de investigación, razón por la cual se determinó la necesidad de elaborar un estudio para conocer las capacidades de investigación y los proyectos realizados hasta el momento en México.

Dentro de las acciones tomadas para la elaboración de este estudio se realizó una búsqueda preeliminar en las memorias del Primer Congreso de Ecotoxicología para México, Centroamérica y el Caribe con la finalidad de ubicar posibles contactos sobre el tema, posteriormente se consultaron los sitios oficiales de Internet de las instituciones de investigación científica que fueron ubicadas, y se contactaron por correo electrónico las áreas de coordinación científica de Fundaciones, Colegios, Centros y Organismos Públicos y Privados relevantes en la materia, para acceder a sus directorios.

La información obtenida se organizó y sistematizó para depurar y ubicar nuevos investigadores. Finalmente, se les hizo llegar un cuestionario a los investigadores ubicados para conocer las líneas de investigación, proyectos, fuentes de financiamiento, publicaciones y foros en los que trabajan, así como para conocer el equipamiento con el que disponen para la realización de sus actividades de investigación científica.

Se ubicaron 85 contactos y se recibieron 42 cuestionarios resueltos lo que representa el 49% del total, debido a que algunos investigadores se encontraban

en periodo de vacaciones, o no trabajaban directamente en el tema, y a que algunos estaban incluidos dentro de un grupo de investigación del que solo respondió el líder de grupo.

Se propusieron 5 líneas de investigación para clasificar los proyectos reportados en los cuestionarios:

- Ecotoxicología
- Efectos en la salud
- Evaluación de riesgos e impacto ambiental
- Monitoreo y modelaciones
- Tecnologías de tratamiento

La Línea de investigación con más proyectos resultó la de Evaluación de riesgos e impacto ambiental con 72 estudios que representan el 50% del total, mientras que, en la línea de Monitoreo y modelaciones se reportaron tan solo 11 y en Tecnologías de tratamiento 10, lo que representa en forma combinada el 15% del total.

Entre las capacidades analíticas con las que se cuenta se tienen análisis de agua, suelo, sedimentos, y organismos para:

- Bifenilos policlorados
- DDT
- Dioxinas y furanos
- Hidrocarburos policíclicos aromáticos
- Metales pesados
- Plaguicidas organoclorados y organofosforados

Como parte final, los investigadores reportaron la disposición de equipo instrumental muy diversa, observándose que algunos cuentan con equipos de absorción atómica (espectrofotometría, generación de hidruros con horno de grafito, etc.), de cromatografía de gases hasta los necesarios para ensayos toxicológicos (equipos para transferencia de tejidos, microscopios de luz, cámaras fotográficas, etc.) o liofilizadores y espectrómetros de UV-visible.

1 Justificación

La Republica mexicana al ratificar el Convenio de Estocolmo ha adquirido ciertos compromisos, entre los que destacan el promover el fortalecimiento de las capacidades e infraestructura en materia de contaminantes orgánicos persistentes (COP´s). Una parte importante de estas capacidades la constituye la Investigación científica, en tanto que, permite conocer el estado de estas sustancias en el país, su generación, su distribución y su acumulación en el ambiente. En consecuencia, es de suma importancia conocer el estado de la comunidad científica interesada en el tema.

La finalidad de este trabajo es precisar las capacidades de investigación científica con las que cuenta el país para hacer frente a la ratificación de dicho convenio.

La descripción del estado de la investigación sobre COP´s en el país se presenta a través de describir la ubicación de los centros interesados en el tema, la clasificación de los proyectos realizados, la preparación de los recursos humanos disponibles, su infraestructura analítica y los cursos de capacitación que se ofrecen.

2 Introducción

2.1 Importancia de los contaminantes orgánicos persistentes

En los últimos 40 años, se ha tomado conciencia en forma creciente sobre 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 conocidos como COP's, 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 sobre partículas atmosféricas, facilitando así su transporte a grandes distancias en la atmósfera, a través de aire, el agua o algunas especies migratorias.

En resumen, las propiedades que caracterizan a los Contaminantes Orgánicos Persistentes son las siguientes:

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

La combinación de estas características resulta extremadamente peligrosa. Por ejemplo, su persistencia y movilidad hacen que se les encuentre prácticamente en cualquier lugar del planeta, incluso en los casquetes polares 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 superiores a los de los organismos iniciales) en pescados, aves, mamíferos, y por supuesto a los seres humanos. (Ridding the world of POPs, 2002)

El transporte de los Contaminantes Orgánicos Persistentes depende fundamentalmente de la temperatura. Estas sustancias se evaporan en lugares

calientes y viajan por el viento y partículas de polvo para posteriormente 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, y como consecuencia se puede almacenar una mayor cantidad de estos contaminantes en ellos. (Ridding the world of POPs, 2002)

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 y se han utilizado extensivamente durante largo tiempo para diversos propósitos; varios se emplean como aditivos o auxiliares en una variedad de aplicaciones industriales; mientras que las dioxinas, los furanos y el hexaclorobenceno se generan como subproductos no intencionales en procesos de combustión, en la quema de basuras, o en incendios involuntarios. (Ritter, 1995).

A esta descripción corresponden los doce COP's considerados como prioritarios y objeto directo de la Convención: aldrina; bifenilos policlorados; clordano; DDT; dieldrina; endrina; heptacloro; hexaclorobenceno; mirex; toxafeno; dioxinas y furanos. Así mismo es el caso de otros grupos de sustancias que son candidatas a ser incluidas en el 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. (UNEP, 2002).

2.2 Propiedades químicas de los COP's

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 permitividad 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 se pueden clasificar 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, 1995)

Los COP's suelen ser compuestos halogenados, principalmente clorados. Los enlaces carbono-cloro son muy estables frente a la hidrólisis, y a un mayor número de estos enlaces, más elevada es la resistencia a la degradación por acción fotolítica o biológica. Los COP's suelen ser estructuras en anillo con una cadena sencilla o ramificada. 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 propiedades 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 forma, algunos de estos compuestos se degradan a formas más persistentes que el compuesto primario, como en el caso de la conversión del DDT a DDE. (Ritter, 1995)

2.3 Toxicidad al ambiente

Los Contaminantes Orgánicos Persistentes se han relacionado 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's está bien documentada, preocupan en particular los efectos perjudiciales asociados con la exposición crónica a concentraciones bajas en el medio ambiente. (Ritter, 1995)

Los contaminantes orgánicos persistentes tienen una larga vida media biológica, facilitando de esta manera la acumulación de concentraciones unitarias aparentemente pequeñas durante períodos prolongados de tiempo. 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 reproductor y carcinogenicidad potencial o patente. (Ritter, 1995)

Diversos autores han notificado inmunotoxicidad asociada con la exposición a diferentes COP's. Los investigadores han señalado asimismo que varios COP's prevalentes, como los TCDD, los PCB, el clordano, el heptaclorobenceno, el toxafeno y el DDT han inducido inmunodeficiencia en diversas especies silvestres. (Ritter, 1995)

La exposición a los COP's también se ha relacionado con la disminución de la población de varias especies de mamíferos marinos, como la foca común, la

marsopa común, y la ballena blanca del río San Lorenzo. Además se ha establecido una relación clara de causa-efecto entre el fracaso de la reproducción del visón y la exposición a algunos COP's. (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 Estados Unidos y Canadá revisaron la literatura existente sobre los efectos de los Contaminantes Orgánicos Persistentes en más de una docena de especies predatoras incluyendo águilas, cormoranes, truchas, visones, tortugas, y otros, encontrando que estas especies padecían de efectos importantes a la 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. (POPs and Human Health, 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 ha asociado con un aumento de la acumulación corporal de COP's. (Ritter, 1995).

2.4 Toxicidad a la salud humana

Los seres humanos están expuestos a los Contaminantes Orgánicos Persistentes a través de los alimentos, siendo los más importantes los que son ricos en grasa (carne, pescado y productos básicos). Como resultado de estudios realizados en los Estados Unidos se han encontrado trazas de COP's en alimentos tan comunes como hamburguesas, helado y pizza.

Los trabajadores y residentes de sitios localizados cerca de fuentes generadoras de COP's están expuestos además 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's.

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 subsecuentes generaciones. 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 estado acumulando evidencia científica para relacionar la exposición a COP's 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 período de lactancia en madres en edad de lactancia.
- Diabetes.

El mecanismo más importante para la mayoría de estos efectos es la inducción de disfunciones en el sistema endocrino. Diversos estudios han demostrado que los COP's como la dieldrina, DDT, mirex, toxafeno, dioxinas y BPC's 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:

- La exposición aguda de altas dosis, suele estar relacionada con accidentes en el manejo de capacitores u otra clase de equipos que contienen BPC's; o por la ingestión de alimentos altamente contaminados, como sucedió en Japón y Taiwán en 1968 y 1979 respectivamente.
- La exposición crónica de mediano nivel, la cual esta asociada a exposiciones laborales o al consumo de alimentos contaminados.
- La exposición crónica de bajo nivel, la cual está relacionada con la exposición a los niveles existentes en el ambiente.

En general, los efectos sobre la salud de 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 abierta está expuesta a diversos COP's durante su vida, y la mayoría de los individuos tiene niveles detectables desde su nacimiento.

2.5 Convenciones internacionales sobre sustancias químicas y residuos peligrosos

2.5.1 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 preocupación 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 concentró en la elaboración de controles para el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos, y en el desarrollo de criterios para el manejo ambientalmente adecuado de estos residuos. Posteriormente, el trabajo de la Convención se enfocó hacia la implementación 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. (Hazardous Chemicals Conventions, 2002)

2.5.2 Convención de Róterdam

La Convención de Róterdam acerca del Procedimiento de Consentimiento para el manejo de ciertas Sustancias Químicas Peligrosas y Plaguicidas, objeto de Comercio Internacional, se adoptó en 1998. El elevado crecimiento en la producción y comercio de sustancias químicas durante las anteriores tres décadas elevó los riesgos asociados al comercio internacional de estas sustancias químicas y 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. (Hazardous Chemicals Conventions, 2002)

2.5.3 Convención de Estocolmo

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 contaminantes producidos de manera no intencional, como las dioxinas y los furanos. (Hazardous Chemicals Conventions, 2002). Para el 15 de julio del 2002, la Convención contaba con 151 países signatarios y 12 países miembros. (Hazardous Chemicals

Conventions, 2002). El Convenio sobre los COP's es una importante realización que viene a complementar otros 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."

2.6 Actividades incluidas en la convención de Estocolmo

Los objetivos principales de la Convención de Estocolmo son los siguientes:

- Comprometer a la comunidad internacional para proteger la salud humana y el 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 de endrin y 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 2025 para que los países se hagan cargo de los equipos que utilicen esta sustancia. Los bifenilos policlorados se deberán tratar y eliminar para el 2028
- Se limitará la producción y uso de DDT al 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, hexaclorobenceno 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 disposición final y adecuada.
- Se requerirá a los países miembros que en dos años elaboren sus correspondientes Planes Nacionales de Implementación.

2.7 Compromisos adquiridos por México en la convención de Estocolmo

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 tienen:

- Medidas para reducir o eliminar 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 velar 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's.
- 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) Tomar medidas de vigilancia para que se gestionen, recojan, transporten y almacenen de manera ambientalmente racional los residuos con características de COP's.
 - 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, ello 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, su persistencia, su capacidad de bioacumularse, su potencial de transporte a grandes distancias, y los efectos adversos que sea capaz de ocasionar.

Así mismo, 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 el medio ambiente de los efectos de los COP's, 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. (Stockholm Convention, 2001).

2.8 Situación de los Contaminantes 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's en diferentes compartimentos ambientales en México, además se han negociado acuerdos en el seno de la Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte, para la implementación de Planes de Acción Regional (PARAN), y se iniciaron diversas acciones de gestión y regulación. Actualmente, México tiene un avance significativo en el control de varios de estos compuestos sin embargo, aún quedan acciones por realizar, las cuales pueden formar parte del Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo, el cual se encuentra en proceso de elaboración con la participación de diversas dependencias.

2.9 Avances de México en la eliminación de COP's

México, junto con Canadá y Estados Unidos, ha realizado un importante trabajo previo en la reducción y eliminación gradual de algunos compuestos COP's a través de los esfuerzos trilaterales iniciados con la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA). Esta iniciativa de América del Norte ha contribuido de manera significativa a la definición de la agenda mundial sobre el tema, además de constituir un vehículo para la ejecución de otros compromisos internacionales relacionados con el manejo adecuado de las sustancias químicas, por lo que tienen importancia directa para la Convención de Estocolmo.

La Resolución 95-05 del Consejo de la CCA establece un marco y una serie de compromisos específicos para atender de manera conjunta el Manejo Adecuado de las Sustancias Químicas. En un principio, las actividades previstas en la Resolución se enfocaron a las sustancias químicas persistentes y tóxicas. De inmediato se pidió que se incorporaran y se les diera prioridad a la lista de doce contaminantes orgánicos persistentes (COP's) incluidos en la decisión 18/32 del Consejo de Gobierno del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), de mayo de 1995.

Con base a la Resolución de Consejo 95-05, fue creado el Grupo de Trabajo de América del Norte para el Manejo Adecuado de las Sustancias Químicas (SMOC,

por sus siglas en inglés), el cual tiene actualmente un copresidente por parte de México. El SMOC tiene como tarea el instrumentar con eficiencia las decisiones y compromisos establecidos de común acuerdo por los tres países. Al SMOC se le han asignado una serie de tareas específicas entre las que destacan la elaboración de Planes de Acción Regional de América del Norte (PARAN) para el manejo y control de sustancias persistentes y tóxicas de prioridad.

Desde el inicio de sus actividades, el SMOC tomó en cuenta las sustancias incluidas en la decisión del Consejo de Gobierno del PNUMA (y por consiguiente, en el Convenio de Estocolmo) para la selección y elaboración de cada uno de los Planes de Acción Regionales. Cada PARAN es único y refleja la diversidad de responsabilidades de cada país, según su respectiva producción, uso y prácticas de eliminación de la sustancia en cuestión.

En 1996, el Grupo de Trabajo decidió que el mercurio, el DDT, el clordano y los bifenilos policlorados (BPC) fueran objeto de planes de acción regional, quedando aprobados en 1997. En 1999 se encomendó la elaboración de dos planes más, uno sobre dioxinas, furanos y hexaclorobenceno y otro sobre monitoreo y evaluación ambiental. Estas tres últimas sustancias, junto con el Clordano, DDT y los BPCs, forman parte de la lista de los doce COP's de Estocolmo. El objetivo de los planes regionales es la reducción progresiva de la exposición de los seres humanos y el medio ambiente a los compuestos seleccionados, mediante la reducción gradual de sus usos autorizados o de su producción, dependiendo del caso. Los PARAN reflejan el compromiso compartido y de largo plazo ante la acción regional sobre el manejo adecuado de las sustancias químicas y la voluntad de los gobiernos de trabajar conjuntamente, integrando al mismo tiempo sus respectivos compromisos nacionales, bilaterales e internacionales, y constituyen un avance significativo en la dirección que marcan los términos de la Convención de Estocolmo.

2.10 Capacidad de monitoreo e infraestructura de investigación nacionales

En contraste con los avances logrados en materia de gestión, la capacidad de monitoreo y análisis de COP's en México, en distintas matrices ambientales y biológicas, es escasa o prácticamente inexistente (particularmente tratándose de dioxinas y furanos). Lo mismo ocurre en cuanto a la investigación orientada a evaluar los riesgos para la salud y los ecosistemas derivados de la exposición intermitente o continua, a corto, mediano y largo plazo, a compuestos COP's.

En este sentido, y a fin de optimizar su utilización y contar con una base para subsanar sus deficiencias, es necesario realizar un diagnóstico preliminar de la cantidad y calidad de la infraestructura nacional de monitoreo e investigación, en materia de COP's, incluyendo los aspectos de reglamentación, los laboratorios de referencia analíticos, y las necesidades y opciones para reforzarlos.

Las siguientes secciones dan cuenta del perfil institucional y personal de las instituciones y personas que realizan actividades de investigación relacionadas con los compuestos orgánicos persistentes en México.

3 Objetivos

- Identificar las entidades y centros de investigación que realicen investigación y monitoreo sobre COP´s.
- Contar con una base de datos que resuma la información obtenida.
- Definir temas prioritarios y proponer mecanismos de coordinación factibles para la elaboración de una agenda nacional sobre COP´s.

4 Productos

- Base de datos relacional
- Informe final

5 Metodología

5.1 Revisión de fuentes de información

Se consultaron los sitios oficiales de Internet de las instituciones nacionales de investigación científica que fueron ubicadas.

En forma paralela, se contactaron por correo electrónico las áreas de coordinación científica de Fundaciones, Colegios, Centros y Organismos Públicos y Privados relevantes en la materia, para acceder a sus directorios.

Se realizó además una búsqueda en las memorias del Primer Congreso de Ecotoxicología para México, Centroamérica y el Caribe con la finalidad de ubicar posibles contactos sobre el tema.

La información obtenida se organizó y sistematizó para depurar y ubicar nuevos investigadores.

5.2 Diseño y envío del cuestionario sobre capacidades analíticas

Para conocer a detalle las capacidades analíticas de las instituciones y de los investigadores seleccionados se diseñó un cuestionario que consta de dos secciones (Anexo I).

1. **Datos generales.** En esta sección se solicitan los datos del contacto, como son:
 - Nombre del Investigador, Institución: (donde labora actualmente)
 - Dependencia de adscripción
 - Área o departamento
 - Tipo de Institución (privada/pública/otra)
 - Grupo de investigación (Coordinación, área o grupo al que pertenece dentro de su dependencia)
 - Página web de su grupo de investigación o en su defecto de su Institución: (dirección electrónica)
 - Puesto del Investigador (Técnico, Asociado, Titular, etc)
 - Pertenencia al Sistema Nacional de Investigadores (si pertenece al SNI, indicar el nivel)
 - Dirección Institucional
 - Código Postal
 - Ciudad/Estado
 - Teléfono (incluyendo clave de larga distancia)
 - Fax (incluyendo clave de larga distancia)
 - Correo electrónico

2. **Actividades Institucionales:** Esta sección solicita los datos de las actividades del contacto en el contexto de su Institución:
- Línea de investigación referente a los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP's)
 - Sub línea de Investigación (si se dedica a proyectos de investigación sobre salud o medio ambiente)
 - Salud
 - Ambiente
 - Proyectos realizados en esta línea : (título de los proyectos)
 - Tipo de Financiamiento (CONACYT, fondos privados, fondos estatales, financiamiento internacional)
 - Experiencia docente relacionada al tema: impartición de cursos o seminarios sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes y el nivel en que se imparten (licenciatura o postgrado)
 - Especialización: (Formación académica en el tema, incluyendo diplomados, cursos, postgrados, etc. Incluir nombre del curso, fecha, e institución)
 - Publicaciones de divulgación realizadas en el tema (material de divulgación publicado)
 - Publicaciones arbitradas en el tema (publicación de resultados de estudios en revistas científicas)
 - Presentación de Trabajos de Investigación en Congresos: (Título del trabajo, fecha y nombre del congreso)
 - Capacidad e infraestructura analítica en materia de COP's
 - Técnicas analíticas montadas: Aire, Agua, Organismos (sangre, grasa, etc.), Sedimentos, Otros.
 - Equipos instrumentales y estándares por técnica montada
 - Personal disponible
 - Certificación de las técnicas utilizadas (Mencionar que tipo de certificación y su vigencia)
 - Disponibilidad para capacitar otros grupos de trabajo en las técnicas analíticas montadas

El cuestionario se envió por medio electrónico a la lista de investigadores identificados. En algunos casos, el envío se hizo a través de fax.

5.3 Creación de una base de datos relacional

La información recibida se capturo en un archivo de excel. Este archivo fue dividido en dos hojas, llamadas "Datos generales" y "Actividades Institucionales". En la hoja "Datos generales" se capturaron los datos generales de cada investigador, asignándoles un número relacional a cada uno. Los campos de esta hoja son los definidos en la primera parte del cuestionario. En la hoja "Actividades institucionales" se capturó la sección dos del cuestionario. Para distinguir la

información de un investigador con respecto a otro se utilizó el número relacional de la hoja "Datos generales".

En el cuestionario se preguntó la Línea y Sublínea de investigación de cada contacto. Esta información se utilizó para uniformizar la redacción y proponer una lista corta para estos campos.

En el caso de los proyectos realizados, las publicaciones arbitradas y de divulgación, así como, los trabajos presentados en Congresos se le asignaron a cada uno tres palabras clave con la finalidad de facilitar futuras búsquedas dentro de la base de datos.

6 Resultados

6.1 Cuestionarios resueltos

Los 85 contactos ubicados se recibieron 42 cuestionarios resueltos lo que representa el 49% del total. Las razones que explican este porcentaje son:

- Algunos investigadores se encontraban en período sabático o de viaje durante el estudio.
- Algunos investigadores no están directamente relacionados con el tema.
- Otros investigadores prometieron dar respuesta al cuestionario pero su información no fue recibida al cierre de este proyecto.
- Otros investigadores forman parte de un grupo de investigación del que únicamente respondió el líder o coordinador del grupo.

Por otra parte, al realizar las llamadas telefónicas se detectó el interés de la mayoría de los investigadores por colaborar en el estudio y a través de él conocer otros trabajos que se relacionen con sus actividades. En la Tabla 1 se muestran los centros, universidades o institutos de los cuales se recibió respuesta y los investigadores que ahí laboran. En el Anexo II se pueden consultar los cuestionarios recibidos.

Cabe señalar que de las 25 instituciones contactadas, solo 2 son pertenecen al sector privado, lo que representa el 8% del total y las 23 restantes pertenecen al sector público, representando el 92%.

Tabla 1. Lista de contactos que enviaron el cuestionario resuelto de vuelta

No.	Institución	Nombres (s)	Apellido Paterno	Apellido Materno
1	Centro de Investigación Biomedica de Oriente del IMSS en Puebla.	Juan Manuel	Gallardo	Montoya
2	Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Unidad Guaymas	Jacqueline	García	Hernández
3	Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Unidad Hermosillo	Leticia	García	Rico
	Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Unidad Hermosillo	Ana Isabel	Valenzuela	Quintanar
4	Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Unidad Mazatlán	Miguel	Betancourt	Lozano
	Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Unidad Mazatlán	Luz María	García	de la Parra
5	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N. Unidad Mérida	Gerardo	Gold	Boluchot
	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N. Unidad Mérida	José Omar	Zapata	Pérez
6	Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N. Unidad Zacatenco	Andrea M.G.	De Vizcaya	Ruiz
	Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N. Unidad Zacatenco	Libia	Vega	Loyo
	Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N. Unidad Zacatenco	Ma. Betzabet	Quintanilla	Vega
7	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)	Celia	Vazquez	Boucard
	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)	Laura Beatriz	Rivera	Rodríguez
	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)	Susan C.	Gardner	
	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)	Lia Celina	Méndez	Rodríguez
8	El Colegio de la Frontera Sur	Teresa	Alvarez	Legorreta
9	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	Anne M.	Hansen	
	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	Silvia Lucila	Gelover	Santiago
	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	Yolanda	Pica	Granados
	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	Ma. Teresa	Leal	Ascencio
	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	Manfred	van Afferden	
	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	Erick R.	Bandala	
10	Instituto Mexicano del Petróleo	Raul	Uribe	Hernández
11	Instituto Tecnológico de Monterrey, Campus Estado de Mexico	Nydia	Suppen	Reynaga
12	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	Porfirio	Caballero	Mata

	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	Gerardo Manuel	Mejía	Velázquez
	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	Alberto	Mendoza	Domínguez
	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	Enrique	Ortiz	Nadal
13	Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa	Xochitl	Guzmán	García
14	Universidad Autónoma de Aguascalientes	Roberto	Rico	Martínez
15	Universidad Autónoma de Baja California	María Evarista	Arellano	García
16	Universidad Autónoma de Baja California	José Vinicio	Macías	Zamora
17	Universidad Autónoma de Campeche	Jaime	Rendón	von Osten
18	Universidad Autónoma de Nayarit	Maria De Lourdes	Robledo	Marenco
19	Universidad Autónoma de Querétaro	Miguel Angel	Rea	López
20	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	Fernando	Díaz-Barriga	Martínez
21	Universidad Autónoma de Sinaloa	Martin Gabriel	Frias	Espericueta
	Universidad Autónoma de Sinaloa	José Guillermo	Galindo	Reyes
22	Universidad Nacional Autónoma de México	Rafael	Vázquez	Duhalt
23	Universidad Nacional Autónoma de México	Federico	Páez	Osuna
24	Universidad Nacional Autónoma de México	Rodolfo Omar	Arellano	Aguilar
25	Universidad Veracruzana	Waliszewski	Stefan	M.

6.2 Líneas y Sublíneas de investigación

Las líneas de investigación propuestas para clasificar los proyectos de cada investigador se muestran en la Tabla 2. Estas líneas de investigación se utilizaron para clasificar los proyectos reportados en los cuestionarios. La Línea de investigación con más proyectos resultó la de Evaluación de riesgos e impacto ambiental con 89 estudios que representan el 46% del total, mientras que, en la línea de Monitoreo y modelaciones se reportaron tan solo 19 lo que representa el 10% del total de 191 proyectos.

Tabla 2. Líneas de investigación

Línea	Total de Proyectos (%)
Ecotoxicología	34 (18)
Efectos en la salud	21 (11)
Evaluación de riesgos e impacto ambiental	89 (46)
Monitoreo y modelaciones	19 (10)
Tecnologías de tratamiento	28 (14)
Total de proyectos	191 (100)

Debido a la compleja problemática de los COP's fue necesario definir Sublíneas de investigación para afinar la clasificación de los proyectos.

En la Tabla 3 se muestran las 8 Sublíneas correspondientes a la Línea de Ecotoxicología. La Sublínea de investigación en Ecotoxicología con más proyectos resultó la de Estudios en ambientes y organismos acuáticos con 8 proyectos (23% del total), mientras que, en biodisponibilidad se reportó tan solo un trabajo es decir el 3% del total.

Tabla 3. Sublíneas de investigación en la Línea de Ecotoxicología

Sublínea	Total de Proyectos (%)
Bioacumulación	4 (12)
Biodisponibilidad	3 (9)
Bioindicadores	1 (3)
Biomarcadores	3 (9)
Biomonitoreo	2 (6)
Estudios en ambientes y organismos acuáticos	8 (23)
Pruebas toxicológicas	6 (18)
Toxicología	7 (20)
Total	34 (100)

En la Tabla 4 se muestran las cinco Sublíneas propuestas para la Línea de Efectos en la salud. En esta Línea, Toxicología contó con más proyectos (13) que representan el 62% del total, mientras que, en Emisiones atmosféricas y Salud infantil se reportaron el menor número de trabajos (1 en cada sublínea) es decir el 5% del total.

Tabla 4. Sublíneas de investigación en la línea de Efectos en la salud

Sublínea	Total de Proyectos (%)
Emisiones atmosféricas	1 (5)
Epidemiología	3 (14)
Impacto	3 (14)
Salud infantil	1 (5)
Toxicología	13 (62)
Total	21 (100)

En la Tabla 5 se muestran las cuatro Sublíneas propuestas para la Línea Evaluación de riesgos e impacto ambiental. En esta Línea, Impacto ambiental contó con más proyectos (42) que representan el 47% del total, mientras que, en Emisiones atmosféricas se reportaron el menor número de trabajos (3) es decir el 3% del total.

Tabla 5. Sublíneas de investigación en la línea de Evaluación de riesgos e impacto ambiental

Sublínea	Total de Proyectos (%)
Emisiones atmosféricas	3 (3)
Estudios en ambientes y organismos acuáticos	39 (44)
Impacto ambiental	42 (47)
Toxicología	5 (6)
Total	89 (100)

En la Tabla 6 se muestran las dos Sublíneas propuestas para la Línea de Monitoreo y Modelaciones. En esta Línea, Monitoreo contó con más proyectos (17) que representan el 90% del total, mientras que, en Modelos se reportaron el menor número de trabajos (2) es decir el 10% del total.

Tabla 6. Sublíneas de investigación en la línea de Monitoreo y Modelaciones

Sublínea	Total de Proyectos (%)
Modelos	2 (10)
Monitoreo	17 (90)
Total	19 (100)

En la Tabla 7 se muestran las tres Sublíneas propuestas para la Línea de Tecnologías de tratamiento. En esta Línea, Agua contó con más proyectos (13)

que representan el 47% del total, mientras que, en Residuos peligrosos se reportó el menor número de trabajos (6) es decir el 21% del total.

Tabla 7. Sublíneas de investigación en la línea de Tecnologías de tratamiento

Sublínea	Total de Proyectos (%)
Agua	13 (47)
Residuos peligrosos	6 (21)
Suelo	9 (32)
Total	28 (100)

6.3 Infraestructura disponible a nivel nacional

6.3.1 Centros de investigación

Con base a los resultados del estudio, se encontraron al menos 25 instituciones que realizan actividades de investigación en materia de COP's. En ellas laboran 42 investigadores de los cuales 72% tienen el grado de doctor, 26% maestría, 2% licenciatura, 48% pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores (SNI), 38% con Nivel I y 5% con Nivel II y 5% Nivel III. Por otro lado, se encontraron 4 investigadores que están como candidatos para pertenecer al SNI. (Tabla 8). Una lista completa de los centros de investigación y su personal se puede consultar en el Anexo III.

Tabla 8. Detalle de la preparación académica de los investigadores ubicados

Concepto	Cantidad (Porcentaje con respecto al total de investigadores)
Investigadores	42
Doctorado	30 (72)
Maestría	11 (26)
Licenciatura	1 (2)
Con registro en el Sistema Nacional de investigadores (SNI)	20 (48)
SNI Nivel I	16 (38)
SNI Nivel II	2 (5)
SNI Nivel III	2 (5)
SNI Candidato	4 (10)

En lo que respecta a la capacitación académica afín al tema de los COP's la Tabla 9 muestra los cursos y Centros de investigación que los imparten. De los cursos impartidos destacan los temas de

- Ecotoxicología
- Toxicología y toxicología acuática

- Impacto ambiental
- Métodos de analíticos en la detección de COP's
- Modelaciones
- Hidrogeoquímica

Tabla 9. Cursos impartidos por cada Centro de investigación

Institución	Curso
Centro de Investigación Biomédica de Oriente del IMSS en Puebla.	Toxicología y sus ámbitos
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Guaymas	Asesorías de tesis sobre contaminantes persistentes y aves
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Hermosillo	Tópicos de toxicología de los alimentos (postgrado) Técnicas de detección de residuos tóxicos (postgrado)
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Mazatlán	Nivel postgrado e investigadores Field methods in water and sediment ecotoxicology : theory and practice (2001); Molecular tools in ecotoxicological research and environmental impact assessment (2001); Ecotoxicología Acuática (Teórico-Práctico) (2002); Métodos numéricos en ecotoxicología (2003); Plaguicidas y vida silvestre (2003)
Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N.	Contaminación Marina a nivel postgrado Toxicidad reproductiva masculina por exposición a contaminantes ambientales Toxicología Ambiental: Toxicología Básica. Contaminantes persistentes y sus efectos en la Diversidad de Costa Rica y Nicaragua
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)	Ecotoxicología ambiental Ecotoxicología nivel postgrado Impacto Ambiental

Institución	Curso
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	Geoquímica Acuática, Radiactividad en el Ambiente Marino Química. Modelos de Ingeniería Ambiental, Fac. de Ingeniería Modelación numérica de Procesos Ambientales Hidrogeoquímica, Métodos biológicos para la detección de toxicidad por contaminantes químicos en aguas residuales y naturales (2000) Restauración de acuíferos contaminados por hidrocarburos Transferencia de Tecnología de Bioensayos a Municipalidades de América (2000)
Instituto Mexicano del Petróleo	Toxicología de plaguicidas Pruebas especiales en Hematología
Instituto Politécnico Nacional	Mutagénesis y carcinogénesis. Inmunotoxicología Toxicología ambiental (maestría) Toxicología ambiental (licenciatura)
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	Laboratorio de Análisis Instrumental. Técnicas de análisis de Compuestos Orgánicos Persistentes en matrices de tejido animal (pez, pollo, cerdo vacuno), sedimentos y tejido vegetal. Transporte y Destino de Contaminantes. Maestría en ingeniería ambiental Fisicoquímica de los Sistemas Ambientales
Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa.	Histopatología Toxicología Acuática
Universidad Autónoma de Aguascalientes	Toxicología acuática. Maestría Recursos Naturales y Desarrollo Rural de ECOSUR: Ecología Costera. Maestría.
Universidad Autónoma de Baja California	Contaminación marina Temas selectos de química analítica
Universidad Autónoma de Campeche	Ecotoxicología Monitoreo Ambiental Herramientas para el Diagnóstico Ambiental y Manejo de la Zona Costera. Toxicología Básica y Clínica

Institución	Curso
Universidad Autónoma de Nayarit	Toxicología Contaminación I Toxicología Ambiental Determinación de Micotoxinas por HPLC, 2000 Problemática de las Micotoxinas en México Contaminación por Agroquímicos
Universidad Autónoma de San Luis Potosí	Evaluación de riesgos en salud Análisis de la contaminación por COP's. Postgrado Se han realizado talleres para la enseñanza del ELISA como un método para la detección de dioxinas.
Universidad Autónoma de Sinaloa	Curso de Maestría Contaminación marina (licenciatura) Calidad del agua (maestría)
Universidad Nacional Autónoma de México	Contaminación Acuática. Postgrado Uso de Biomonitores y Biomarcadores, como Indicadores de Contaminación Ambiental Alteraciones Génicas Espontáneas e Inducidas (2002) Selección Sexual (2002) Evaluación de ambientes contaminados de alto riesgo. Los Azufres, Michoacán. 2003.

6.4 Publicaciones

6.4.1 Publicaciones de divulgación

Las publicaciones de divulgación elaboradas se clasificaron de acuerdo a las líneas de investigación propuestas en la Tabla 2. La Línea de investigación con más publicaciones de divulgación resulto la de Evaluación de riesgos e impacto ambiental con 24 publicaciones que representan el 65% del total, mientras que, en la línea de Tecnologías de tratamiento se reportaron tan solo 2 lo que representa el 5% del total de 37 publicaciones de divulgación (Tabla 10).

Tabla 10. Publicaciones de divulgación por líneas de investigación

Línea	Total de Artículos (%)
Ecotoxicología	3 (8)
Efectos en la salud	4 (11)
Evaluación de riesgos e impacto ambiental	24 (65)
Monitoreo y modelaciones	4 (11)
Tecnologías de tratamiento	2 (5)
Total de proyectos	37 (100)

6.4.2 Publicaciones arbitradas

Las publicaciones arbitradas elaboradas se clasificaron de acuerdo a las líneas de investigación propuestas en la Tabla 2. La Línea de investigación con más publicaciones de divulgación resulto la de Evaluación de riesgos e impacto ambiental con 74 estudios que representan el 56% del total, mientras que, en la línea de Monitoreo y modelaciones se reportaron tan solo 11 lo que representa el 8% del total de 132 publicaciones arbitradas (Tabla 11).

Tabla 11. Publicaciones arbitradas por líneas de investigación

Línea	Total de Artículos (%)
Ecotoxicología	20 (15)
Efectos en la salud	14 (11)
Evaluación de riesgos e impacto ambiental	74 (56)
Monitoreo y modelaciones	11 (8)
Tecnologías de tratamiento	13 (10)
Total de proyectos	132 (100)

6.4.3 Trabajos presentados en congresos

Las participaciones en congresos se clasificaron de acuerdo a las líneas de investigación propuestas en la Tabla 2. La Línea de investigación con más presentaciones en congresos resulto la de Evaluación de riesgos e impacto ambiental con 71 trabajos de congreso que representan el 50% del total, mientras que, en la línea de Efectos a la Salud se reportaron tan solo 13 lo que representa el 9% del total de 143 presentaciones en congresos (Tabla 12).

Tabla 12. Proyectos presentados en congresos por líneas de investigación

Línea	Total de Proyectos (%)
Ecotoxicología	26 (18)
Efectos en la salud	13 (9)
Evaluación de riesgos e impacto ambiental	71 (50)
Monitoreo y modelaciones	14 (10)
Tecnologías de tratamiento	19 (13)
Total de proyectos	143 (100)

6.5 Capacidades de Monitoreo y evaluación

6.5.1 Técnicas analíticas para aire

Los centros de investigación que reportaron técnicas analíticas para COP's en aire se muestran en el Anexo IV.1. Fueron seis las instituciones con capacidad reportada para este tipo de análisis

- Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N.
- Instituto Politécnico Nacional
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
- Universidad Autónoma de Baja California
- Universidad Autónoma de Sinaloa
- Universidad Nacional Autónoma de México

Entre las principales técnicas reportadas destacan las dedicadas a

- Bifenilos policlorados
- DDT
- Dioxinas y furanos
- Hidrocarburos policíclicos aromáticos
- Metales pesados
- Plaguicidas organoclorados y organofosforados

6.5.2 Técnicas analíticas para agua

Los centros de investigación que reportaron técnicas analíticas para COP's en agua se muestran en el Anexo IV.2. Fueron 14 las instituciones con capacidad reportada para este tipo de análisis (algunas en proceso de montaje)

- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Guaymas
- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Mazatlán
- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Hermosillo
- Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N.
- Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
- Instituto Politécnico Nacional
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
- Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa.
- Universidad Autónoma de Campeche
- Universidad Autónoma de Nayarit
- Universidad Autónoma de San Luis Potosí
- Universidad Autónoma de Sinaloa
- Universidad Nacional Autónoma de México

Entre las principales técnicas reportadas destacan las dedicadas a

- Bifenilos policlorados
- Calux Assay
- Hidrocarburos policíclicos aromáticos
- Metales pesados
- Plaguicidas organoclorados
- Pruebas de toxicidad aguda y crónica

6.5.3 Técnicas analíticas para organismos

Los centros de investigación que reportaron técnicas analíticas para COP's en organismos se muestran a detalle en el Anexo IV.3, donde se incluye los compuestos determinados y la matriz de análisis. Fueron 16 las instituciones con capacidad reportada para este tipo de análisis (algunas en proceso de montaje).

- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Guaymas
- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Mazatlán

- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Hermosillo
- Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N.
- Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)
- Instituto Mexicano del Petróleo
- Instituto Politécnico Nacional
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
- Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa.
- Universidad Autónoma de Aguascalientes
- Universidad Autónoma de Baja California
- Universidad Autónoma de Campeche
- Universidad Autónoma de Nayarit
- Universidad Autónoma de San Luis Potosí
- Universidad Autónoma de Sinaloa
- Universidad Nacional Autónoma de México

6.5.4 Técnicas analíticas para sedimentos

Los centros de investigación que reportaron técnicas analíticas para COP's en sedimentos se muestran en el Anexo IV.4. Fueron 15 las instituciones con capacidad reportada para este tipo de análisis (algunas en proceso de montaje)

- Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)
- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Guaymas
- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Mazatlán
- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Hermosillo
- Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
- Instituto Politécnico Nacional
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
- Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa.
- Universidad Autónoma de Aguascalientes
- Universidad Autónoma de Baja California
- Universidad Autónoma de Campeche
- Universidad Autónoma de San Luis Potosí
- Universidad Autónoma de Sinaloa
- Universidad Nacional Autónoma de México

Entre las principales técnicas reportadas destacan las dedicadas a

- Bifenilos policlorados

- Calux Assay
- Hidrocarburos policíclicos aromáticos
- Metales pesados
- Plaguicidas organoclorados
- Pruebas de toxicidad aguda y crónica

6.5.5 Técnicas analíticas para otras matrices

Los centros de investigación que reportaron técnicas analíticas para COP's en otro tipo de matrices no contempladas se muestran a detalle en el Anexo IV.5, donde se incluye los compuestos determinados y la matriz de análisis. Fueron ocho las instituciones con capacidad reportada para este tipo de análisis

- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Mazatlán
- Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N.
- Universidad Autónoma de Aguascalientes
- Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)
- Instituto Politécnico Nacional
- Universidad Autónoma de San Luis Potosí
- Universidad Autónoma de Baja California

6.5.6 Equipos instrumentales

Los centros de investigación que reportaron el equipo instrumental con el que disponen para el análisis de COP's fueron 20

- Centro de Investigación Biomédica de Oriente del IMSS en Puebla.
- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Guaymas
- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Mazatlán
- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Unidad Hermosillo
- Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N.
- Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR)
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
- Instituto Mexicano del Petróleo
- Instituto Politécnico Nacional
- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
- Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa.
- Universidad Autónoma de Aguascalientes
- Universidad Autónoma de Aguascalientes

- Universidad Autónoma de Baja California
- Universidad Autónoma de Campeche
- Universidad Autónoma de Nayarit
- Universidad Autónoma de San Luis Potosí
- Universidad Autónoma de Sinaloa
- Universidad Nacional Autónoma de México
- Universidad Veracruzana

El inventario del instrumental reportado por cada institución fue muy diverso, por lo que se reportaron desde equipos de absorción atómica (espectrofotometría, generación de hidruros con horno de grafito, etc) de cromatografía de gases hasta los necesarios para ensayos toxicológicos (equipos para transferencia de tejidos, microscopios de luz, cámaras fotográficas, etc.) o Liofilizadores y espectrómetros de UV-visible. Un listado detallado de los equipos se reporta en el Anexo IV.6

7 Conclusiones

La capacidad de investigación en materia de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP's) en la Republica mexicana se localiza principalmente en 25 centros repartidos entre Universidades e Institutos, a lo largo del país. La región Central (Aguascalientes, Ciudad de México, Estado de México, Puebla, Morelos, Querétaro y San Luis Potosí) cuenta con el mayor número de instituciones dedicadas al estudio de este tipo de contaminantes con 12, mientras que, en la región del Noroeste (Baja California, Sinaloa y Sonora) se localizan seis centros de investigación, en el sureste del país (Campeche, Quintana Roo y Yucatán) hay tres centros, en el Noreste (Nuevo León) cuenta con un centro al igual que la zona Occidente (Veracruz) y la Oriente (Nayarit). Adicionalmente, algunas Instituciones como es el caso del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) reportaron hasta 52 proyectos en materia de COP's, o como la Universidad Veracruzana indicaron su participación en más de 40 proyectos afines al tema pero sin precisar sus títulos, lo que dificulta el análisis. Por lo que resulta importante uniformizar la información que se recibió de cada investigador para detallar su análisis.

De los investigadores consultados 30 tienen el grado de doctor y cuentan con una alta especialización en el tema, de ellos 16 tienen el Nivel I en el SNI y dos el Nivel III. En las instituciones donde laboran se imparte una variedad importante de cursos afines al tema, e incluso algunos investigadores fungen como profesores invitados en Universidades del extranjero. A pesar del escaso número de investigadores en el país (42 en un país de 97 y medio millones de habitantes), es posible precisar que en muchos centros de investigación se están preparando estudiantes, (desde nivel licenciatura hasta doctorado) en el tema de COP's, además, se cuenta con una plantilla docente suficientemente especializada. De esta manera, se contribuye a la formación de recursos humanos en materia de COP's y áreas afines.

Los proyectos de investigación que se desarrollan en cada uno de estos centros se clasificaron en cinco líneas de investigación: Ecotoxicología, Efectos en la salud, Evaluación de riesgos e impacto ambiental, Monitoreo y modelaciones, y Tecnologías de tratamiento

La línea con más proyectos realizados fue la de "Evaluación de riesgos e impacto ambiental" con 89 estudios, mientras que en el campo de Monitoreo y modelaciones se reportaron el menor número de estudios (19). Es indispensable el reforzar estas líneas de investigación alentando las propuestas en estos temas.

En cuanto a la capacidad de los centros de investigación para realizar distintos tipos de análisis, se puede precisar que existe la capacidad técnica e instrumental para realizar análisis en una extensa variedad de matrices, sin embargo, esta capacidad se encuentra muy concentrada en unas cuantas Instituciones, por lo que debe alentarse el equipamiento de otros centros de investigación. Los

resultados obtenidos a través de este estudio demuestran también que la capacidad analítica es insuficiente para algunos análisis tales como para las Dioxinas y Furanos.

Los compromisos adquiridos por el país a través del Convenio de Estocolmo implican una serie de acciones que deberán incluir a la investigación como una de las actividades centrales. Esto permitirá identificar y actualizar la situación actual a nivel nacional, de los doce COP's incluidos en el Convenio. De igual forma, es necesario considerar a otras sustancias que aun y cuando no están actualmente en la lista del Convenio, varias de estas se consideran como posibles COP's a incluirse en un futuro. Puede entonces aprovecharse la capacidad de investigación e infraestructura analítica para ampliar el estudio de estas sustancias.

Es necesario entonces recomendar una acción coordinada entre distintos sectores, de tal manera de que se de cumplimiento a las actividades establecidas en el Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo. Para lograrlo, se deberán de identificar las actividades relevantes y necesarias en materia de gestión, monitoreo y evaluación, fortalecimiento de capacidades, inspección y vigilancia entre otras.