

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES  
Y DE TELECOMUNICACIÓN

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA QUÍMICA  
Y QUÍMICA INORGÁNICA



**EVALUACIÓN AMBIENTAL DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS  
EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA DE CHANTUTO (CHIAPAS, MÉXICO)  
Y DE LA BAHÍA DE SANTANDER (CANTABRIA, ESPAÑA)**

MEMORIA DE TESIS PRESENTADA POR  
**REYNA MARISOL LINARES MAZARIEGOS**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**DOCTORA POR LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

**DIRECTORES DE TESIS**

DR. JOSÉ ÁNGEL IRABIEN GULÍAS

DR. EUGENIO DANIEL GORRI CIRELLA

SEPTIEMBRE 2007

## **I. PLANTEAMIENTO**

### **1.1 La gestión integrada de sustancias químicas: los biocidas y los fitosanitarios.**

#### **1.1.1 Marco global**

El incremento del volumen global de productos químicos comercializados ha provocado preocupaciones acerca de sus efectos a largo plazo en la salud humana y en el medio ambiente. En las últimas décadas, varios acuerdos internacionales se han centrado en controlar los riesgos asociados a las sustancias químicas peligrosas (SAICM, 2006).

Los acuerdos globales para la reducción y eliminación eventual de estas sustancias mediante la restricción de su producción y comercio es un proceso a largo plazo.

Desde la primera Conferencia Internacional sobre el Medio Humano (Estocolmo, 1972) se ha planteado la necesidad de controlar los riesgos de las sustancias químicas peligrosas, centrando la atención internacional en temas medio ambientales, especialmente los relacionados con la degradación ambiental y la contaminación transfronteriza, y se señalaba el hecho de que la contaminación no reconoce los límites políticos o geográficos y afecta a los países, regiones y pueblos más allá de su punto de origen. Durante las décadas que siguieron a la Conferencia de Estocolmo, este concepto se amplió para abarcar temas medio ambientales que requieren una acción conjunta de todos los países y regiones del mundo para enfrentarse a ellos de un modo efectivo. En la Cumbre para la Tierra de 1992 se reconoció internacionalmente el hecho de que la protección del medio ambiente y la administración de los recursos naturales deben integrarse en las cuestiones socio-económicas de pobreza y subdesarrollo (PIC, 1998).

En 1994, 103 países adoptaron el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP) con un acuerdo para la protección del medio ambiente marino (Washington Declaration on Protection of the Marine Environment and Land Based Activities

Agreement, 1994) que contempla la reducción de 12 sustancias conocidas como Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs). Se reconoció que los COPs son transportados de manera global por el aire y el mar, dando por resultado un aumento en sus concentraciones lejos del sitio original de uso.

En mayo de 1995, el Consejo del UNEP publicó en el capítulo 17 de la Agenda 21 como acción prioritaria la protección de los océanos con la reducción y eliminación de emisiones y vertidos de compuestos organohalogenados y otros COPs y en el capítulo 19 se refiere a la gestión ambiental de productos químicos tóxicos y a la prevención de la presencia de estos compuestos en el medio ambiente.

El Convenio OSPAR (22 de septiembre de 1992, París) sustituye al Convenio de Oslo de 1972 y al de París de 1974 que tratan de la prevención de la contaminación del mar por vertidos desde buques (Oslo) y por fuentes situadas en tierra (París); por tanto se ocupa de todas las fuentes de contaminación del medio marino, y su ámbito territorial es el Atlántico Nordeste. Los logros más importantes del Convenio son la posibilidad de adoptar decisiones de carácter jurídicamente vinculante y la obligación de facilitar información al público sobre el estado del medio ambiente marino, las actividades que pueden afectarle y las medidas adoptadas en cumplimiento del Convenio. En junio de 1998 la Convention of Long-Range Transboundary Air Pollutants (LRTAP) ratificó el acuerdo de controlar y reducir 16 COPs en 43 países (United Nations Economic Commission for Europe, 2000).

Así mismo, la Convención sobre el Prior Informed Consent Agreement (PIC, 1998) o procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo (CFP), para ciertos productos químicos peligrosos y pesticidas en comercio internacional, fue acordada en Rotterdam, Países Bajos, en septiembre de 1998. Este convenio también conocido como Convenio de Rotterdam entró en vigor el 24 de febrero de 2004 y tiene los siguientes objetivos:

- Promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de las Partes en la esfera del comercio internacional de ciertos productos químicos

peligrosos a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente frente a posibles daños; y

- Contribuir a su utilización ambientalmente racional, facilitando el intercambio de información acerca de sus características, estableciendo un proceso nacional de adopción de decisiones sobre su importación y exportación y difundiendo esas decisiones a las Partes.

El PIC regula las importaciones y exportaciones de determinados productos químicos y plaguicidas peligrosos; cualquier producto químico especificado en éste sólo puede ser exportado con el consentimiento previo del importador. El Convenio del PIC crea un procedimiento para conocer y dar a conocer las decisiones de los países importadores, aplicando así el principio PIC en el comercio internacional de productos químicos. Así mismo, establece disposiciones por las que se exige una información detallada sobre los productos que permita decidir la importación conociendo las propiedades y efectos de los productos, sobre todo en la salud humana y el medio ambiente. Este Convenio se aplica a plaguicidas y productos químicos industriales que han sido prohibidos o rigurosamente restringidos por razones sanitarias o ambientales por algunos países y que han sido notificados para su inclusión en el procedimiento de PIC. El Convenio se aplica a 39 productos químicos (incluyendo 24 plaguicidas, 4 formulaciones plaguicidas extremadamente peligrosas) y 11 productos químicos industriales, mostrados en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Productos químicos sujetos al procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo.

<b>PRODUCTOS QUIMICO</b>	<b>NUMEROS CAS</b>	<b>CATEGORIA</b>
Acido 2,4,5-Triclorofenoxiacético	93-76-5	Plaguicida
Aldrin	309-00-2	Plaguicida
Captafol	2425-06-1	Plaguicida
Clordano	57-74-9	Plaguicida
Clordimeformo	6164-98-3	Plaguicida
Clorobencilato	510-15-6	Plaguicida
DDT	50-29-3	Plaguicida
Dieldrin	60-57-1	Plaguicida

Dinoseb y sales de Dinosab	83-85-07	Plaguicida
Dibromoacetano (EDB)	106-93-4	Plaguicida
Fluoroacetamida	640-19-7	Plaguicida
HCH (mezcla de isómeros)	608-63-1	Plaguicida
Heptacloro	76-44-8	Plaguicida
Hexaclorobenceno	118-74-1	Plaguicida
Lindano	58-89-9	Plaguicida
Compuestos de mercurio, incluidos compuestos inorgánicos de mercurio, compuestos alquílicos de mercurio y compuestos alcoxialquílicos y arílicos de mercurio		Plaguicida
Pentacloro fenol	87-86-5	Plaguicida
Menocrotophos (formulaciones líquidas solubles de la sustancia que sobrepasen los 600 g/l de ingrediente activo)	6923-22-4	Formulaciones plaguicidas extremadamente peligrosas
Metamidotophos (formulaciones líquidas solubles de la sustancia que sobrepasen los 600 g/l de ingredientes activo)	10265-93- 6	Formulaciones plaguicidas extremadamente peligrosas
Fosfamidón (formulaciones líquidas solubles de la sustancia que sobrepasen los 1000 g/l de ingredientes activo)	1371-21-6 (Mezcla, isómeros (E) y (Z)) 23783-98-4 (isómeros (Z)) 297-99-4 (isómeros (E))	Formulaciones plaguicidas extremadamente peligrosas
Metil-paratión (concentrados emulsificables (CE) con 19,5%, 40%, 50% y 60% de ingredientes activo y polvos que contengan 1,5%, 2% y 3% de ingredientes activo)	298-00-0	Formulaciones plaguicidas extremadamente peligrosas
Paratión (se incluyen todas las formulaciones de esta sustancia)	56-38-2	Formulaciones plaguicidas extremadamente peligrosas
Crocidolita	12001-28-4	Industrial
Bifenilos polibromados (PBB)	3655-01-8 (hexa-) 27858-07-7 (octa-) 13654-09-6 (deca-)	Industrial
Bifenilos policlorados (PCB)	1336-36-3	Industrial
Terfenilos policlorados	61788-33-8	Industrial
Fosfato de tris (2, 3 - dibromopropil)	126-72-7	Industrial

Las Comisiones sobre los COPs de UNEP trabajaron hacia un acuerdo global de prohibir y eliminar 12 compuestos, originando el Convenio de Estocolmo sobre COPs, firmado el 23 de mayo del 2001, que representa un avance en la lucha contra la contaminación global del planeta y plantea una serie de retos y oportunidades para las organizaciones que promueven la protección de la salud y el medio ambiente. La Convención de Estocolmo pide medidas internacionales sobre la que denomina "docena sucia", 12 COPs agrupados en tres categorías que se muestran en la Figura 1.1.

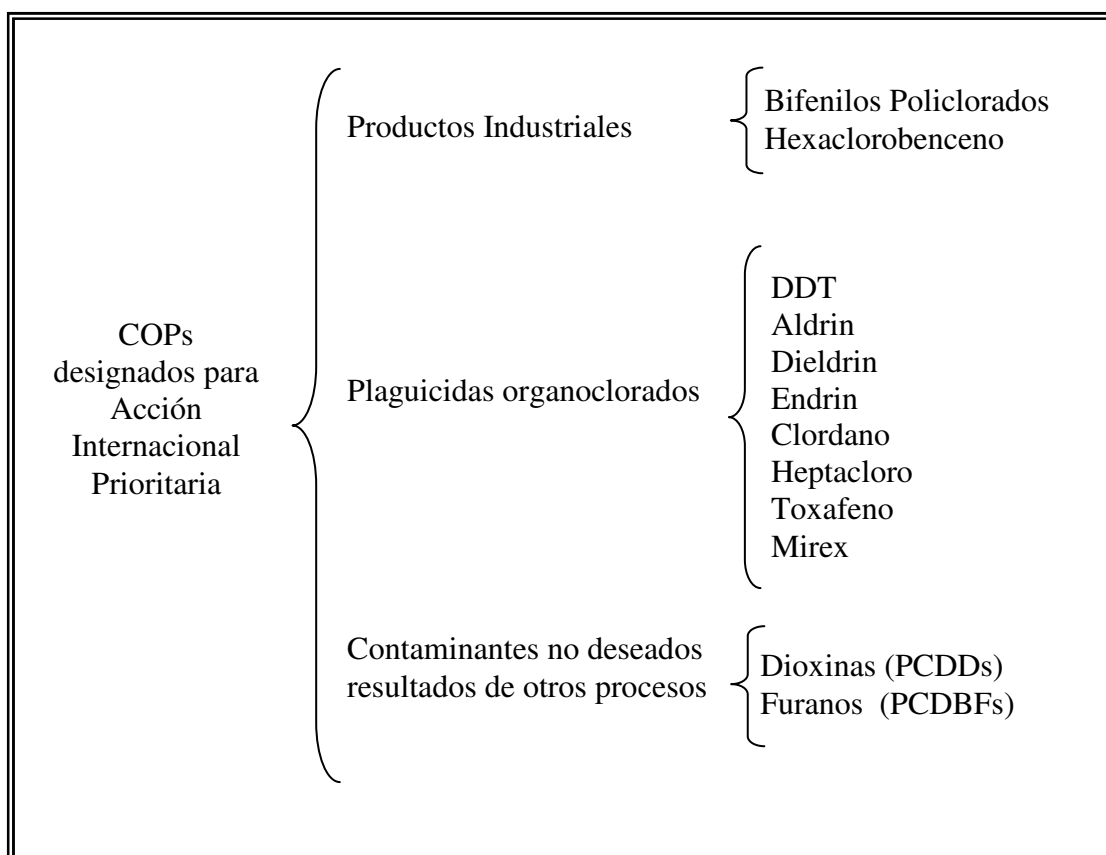


Figura 1.1. Clasificación de los COPs denominados de interés prioritario (Convenio de Estocolmo, 2001).

En la Tabla 1.2 se muestran las acciones internacionales para controlar los riesgos de las sustancias químicas más preocupantes.

Tabla 1.2 Sustancias químicas sometidas a regulación internacional

UNEP POPS	LRTAP	PIC CONVENCIÓN DE ROTTERDAM	OSPAR	CONVENIO DE ESTOCOMO
1994	Ratificado en 1998	1998	1998	2001
Aldrin	Aldrin	Aldrin	Aldrin	Aldrin
Clordano	Clordano	Clordano	Clordano	Clordano
DDT	DDT	DDT	DDT	DDT
Dieldrin	Dieldrin	Dieldrin	Dieldrin	Dieldrin
Endrin	Endrin	Endrin	Endrin	Endrin
Hexacloro- benceno	Hexacloro- benceno	Hexaclorobenceno	Hexacloro- benceno	Hexaclorobenceno
Mirex	Mirex	Mirex	Mirex	Mirex
Toxafeno	Toxafeno	Toxafeno	Toxafeno	Toxafeno
PCBs	PCBs	PCBs	PCBs	PCBs
Dioxinas	Dioxinas	Dioxinas	Dioxinas	Dioxinas
Furanos	Furanos	Furanos	Furanos	Furanos
Hexacloroci- clohexano (HCH)	Hexaclorociclohe- xano (HCH)	Hexaclorociclo- hexano (HCH)	Hexaclorociclohe- xano (HCH)	Heptacloro
	Lindano	Lindano	Lindano	
	Clordecona	Clordecona	Nitrofen	
	PAHs	Captafol	Endosulfán	
	Hexabromobifenil	Clorobencilato	Pention	
	Cadmio	Dinoseb: sales de dinoseb	Pentaclorofenol	
	Plomo	EDB	Quintozeno	
	Mercurio	Fluoroacetamida	PAHs	
		Acido 2,4,5- triclorofenoxiacético	1,1,1- Tricloroetano	
		Fosfato	Triclorobenceno	
		Fosfato de tris (2,3- dibromopropil).	Tetracloro metano	
		Metilparatión	Tricloroetano	
		Metamidofos	Tetracloroetano	
		Monocrotofos	Xyleno	
		Bifenilos Polibromados	Cadmio	
		Terfenilos policlorinados	Plomo	
		Cadmio	Mercurio	
		Plomo	Arsenico	
			Cromo	
			Cobre	
			Níquel	
			Zinc	

Recientemente, el 6 de febrero de 2006, en Dubai, la Conferencia Internacional sobre la Gestión de los Productos Químicos (ICCM) aprobó el Enfoque Estratégico para la Gestión de los Productos Químicos (SAICM, 2006) que constituye un marco de política para la acción internacional ante los riesgos resultantes de los productos químicos, que brindará un marco de política para las actividades internacionales destinadas a lograr la meta del Plan de Aplicación de las Decisiones de Johannesburgo que para 2020 los productos químicos se produzcan y utilicen de manera que se reduzcan al mínimo los efectos. El éxito de su aplicación probablemente traiga consigo un mayor reconocimiento de la seguridad química como cuestión del desarrollo sostenible que concierne a todos los sectores y la aceleración de la creación de capacidad para ayudar a los países en desarrollo y a los países con economías en transición a lograr la gestión racional de los productos químicos. Entre los elementos propuestos del SAICM, están: un proyecto de declaración de alto nivel preparado por el Presidente del Comité Preparatorio, una estrategia de política global y un plan de acción mundial.

### **1.1.2 Marco de la Unión Europea y España**

Mediante la Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2006, relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos (COM, 2006/745) la Unión Europea ha regulado la exportación e importación de productos químicos y aprobado el Convenio de Rotterdam de 1998, que tiene por objeto mejorar la reglamentación internacional del comercio de determinados productos químicos y plaguicidas peligrosos a fin de proteger la salud de las personas y el medio ambiente, así como favorecer la utilización ecológicamente racional de estos productos. Este Convenio es respaldado por la Organización de la ONU para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2002) y el Programa de la ONU para el Medio Ambiente (PNUMA) y permite a sus Estados miembros advertirse mutuamente de los posibles peligros relacionados con estos productos; si un país toma medidas para prohibir o restringir cualquier sustancia química por razones sanitarias o ambientales, los demás países deben ser informados.



Tras varios años de debates y trabajos, el Parlamento Europeo aprobó el Reglamento REACH (Registro, Evaluación y Autorización de Sustancias Químicas), nuevo instrumento de gestión de sustancias químicas, que entró en vigor el 1 de junio de 2007 y se aplicará de forma escalonada hasta el 2018, año en el que estará totalmente desarrollado. Este reglamento establece un registro europeo único que controla las sustancias químicas que se producen o importan en cantidades mayores a una tonelada. Cuando las mismas superen las cien toneladas al año deberán pasar un proceso de evaluación. Las sustancias consideradas como preocupantes para la salud o el medio ambiente, independientemente de su cantidad y siempre que no cuenten con una alternativa con menos riesgos, necesitarán una autorización. Se ha dicho que es insuficiente el número de sustancias a las que afecta (30.000 de un total de 100.000) o que el registro puede convertirse en algo excesivamente intrincado y burocrático.

Los aspectos avanzados del REACH son:

- Introduce el principio de la precaución, en la gestión de sustancias químicas.
- Los productores pasan a ser responsables de lo que comercializan. Deben demostrar, por tanto, que no es perjudicial.
- Se introduce un sistema único de control. El REACH sustituye a más de 40 directivas y reglamentos aplicable a las sustancias más preocupantes por otras de menor riesgo en un plazo máximo de cinco años (introduce el principio de sustitución).
- Permite la competitividad de las industrias. Resulta lógico augurar una dinamización del sector a través de la investigación y el desarrollo, da sustancias químicas más seguras.
- Una sustancia, un registro. Obliga a las empresas a compartir información, cosa que facilitará los trámites y dará de homogeneidad a la producción.
- Más información para el consumidor que verá atendida la justa demanda de mayor transparencia en todos los productos que se le ofrecen.

Algunos productos químicos presentes en el mercado no se incluyen en el REACH. Es el caso, por ejemplo, de las sustancias intermedias no aisladas, es decir, las sustancias únicamente fabricadas para la síntesis química de otras sustancias y que no se separan de la mezcla reactiva. Para otros productos (polímeros, sustancias empleadas en investigación y desarrollo), se han previsto exenciones totales o parciales. Por último, REACH ha sido concebido para completar y no para superponerse a otros textos legislativos de la Unión Europea. Por esta razón, no se aplicará a los casos ya contemplados en una legislación comunitaria equivalente, como puede ser el caso de los biocidas o fitosanitarios (REACH (CE) n° 1907/2006).

Además de las restricciones que pueden afectar a las sustancias químicas en Europa se ha desarrollado un Registro de Contaminantes; E-PRTR son las siglas de European Pollutants Release and Transfer Register (Registro Europeo de Emisiones y Transferencia de Contaminantes). El 18 de enero de 2006 se adoptó el Reglamento (CE) N° 166/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo relativo al establecimiento de este Registro y por el que se modifican las Directivas 91/689/CEE (relativa a Residuos Peligrosos) y 96/61/CE (relativa a la Prevención y al Control Integrados de la Contaminación "IPPC"); este reglamento plantea que los Registros de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (PRTR) constituyen un instrumento rentable para fomentar la mejora del comportamiento medioambiental, para facilitar el acceso del público a la información sobre emisiones y transferencias de contaminantes o residuos fuera del emplazamiento, así como para seguir la evolución de la situación, demostrar los avances en la reducción de la contaminación, comprobar el cumplimiento de determinados acuerdos internacionales, establecer prioridades y evaluar los progresos logrados por medio de las políticas y programas medioambientales comunitarios y nacionales. Un PRTR integrado y coherente proporciona al público, al sector industrial, a las entidades científicas, empresas aseguradoras, administraciones locales, organizaciones no gubernamentales y otros órganos de toma de decisiones, una base de datos sólida para efectuar comparaciones y tomar decisiones en materia medioambiental.

Con el fin de aplicar el Protocolo de la Comisión Económica para Europa (CEPE)/ONU sobre registros de emisiones y transferencias de contaminantes y facilitar la participación del público en el proceso de toma de decisiones en asuntos medioambientales, así como contribuir a prevenir y reducir la contaminación del medio ambiente, el Reglamento E-PRTR establece a escala comunitaria un registro de emisiones y transferencias de contaminantes integrado en forma de base de datos electrónica accesible al público, y determina las normas para su funcionamiento. El E-PRTR sustituirá al Inventario Europeo de Emisiones Contaminantes (EPER) a partir del 2007 (primer año de referencia). Es decir, los datos sobre las emisiones correspondientes a 2006 y que deben ser notificados por los titulares de las instalaciones afectadas en el primer trimestre de 2007, seguirán todavía las pautas del Inventario EPER. Mientras que la declaración correspondiente a las emisiones y transferencias de contaminantes en 2007, cumplirá ya con lo establecido en el Reglamento E-PRTR.

El E-PRTR se basa en los mismos principios que el EPER, pero exige que se comunique información sobre un mayor número de contaminantes (91 sustancias, en lugar de las 50 de EPER) y actividades (65 sectores, en lugar de los 56 de EPER), e incorpora además las emisiones al suelo, las emisiones de fuentes difusas y las transferencias fuera del emplazamiento. El Reglamento E-PRTR incluirá así información específica sobre:

- Emisiones atmosféricas, al agua y al suelo.
- Transferencias fuera del emplazamiento del complejo industrial de residuos y de contaminantes en aguas residuales destinadas a tratamiento.

La Figura 1.2 ofrece de forma esquemática las obligaciones de información para los complejos industriales de acuerdo con el Reglamento E-PRTR. En la Tabla 1.3 se muestran los contaminantes estudiados en este trabajo considerados en el Anexo II del E-PRTR.

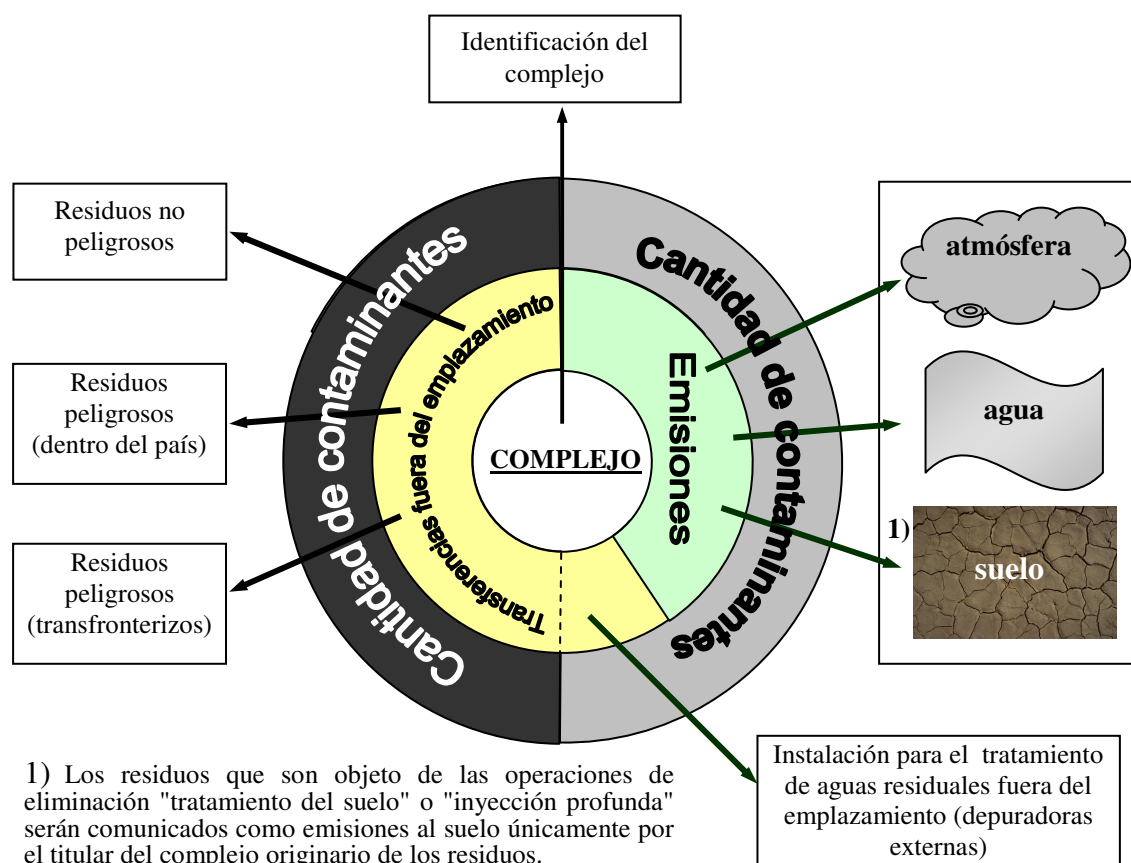


Figura 1.2. Esquema general sobre las obligaciones de información para los complejos en cumplimiento del E-PRTR.

Tabla 1.3. Contaminantes del Anexo II del E-PRTR estudiados en este trabajo.

NUMERO CAS	CONTAMINANTE	UMBRAL DE EMISIONES		
		A la atmósfera (kg/año)	Al agua (kg/año)	Al suelo (kg/año)
309-00-2	Aldrin	1	1	1
50-29-3	DDT	1	1	1
60-57-1	Dieldrin	1	1	1
115-29-7	Endosulfán	-	1	1
72-20-8	Endrin	1	1	1
76-44-8	Heptacloro	1	1	1
118-74-1	Hexaclorobenceno	10	1	1
608-73-1	1,2,3,4,5,6-hexaclorociclohexano	10	1	1
58-89-9	Lindano	1	1	1

El medio marino constituye una riqueza inestimable. Los mares y océanos representan un 99 % del espacio vital disponible de nuestro planeta, cubren un 71 % de la superficie de la Tierra y contienen un 90 % de la biosfera, es decir, más diversidad biológica que los ecosistemas terrestres y de agua dulce. Los ecosistemas marinos desempeñan un papel determinante en las condiciones climáticas y meteorológicas. Se trata de un elemento imprescindible para nuestra vida y de un factor importante para la prosperidad económica, el bienestar social y la calidad de vida (COM, 2005/504). Sin embargo, el medio marino está sujeto a fuertes presiones. El ritmo de deterioro de la diversidad biológica, el grado de contaminación por sustancias peligrosas y el impacto manifiesto del cambio climático constituyen algunas de las señales de alarma más claras.

Ante la creciente preocupación que suscita el estado de los mares y océanos de Europa, el sexto programa de acción comunitario en materia de medio ambiente ha incluido el compromiso de definir una estrategia temática para la protección y la conservación del medio ambiente marino, con el objetivo general de “promover la utilización sostenible de los mares y proteger los ecosistemas marinos”. Aunque la estrategia se centra ante todo en la protección de los mares regionales que lindan con los Estados miembros de la UE, incluye asimismo una dimensión internacional y reconoce la importancia de reducir la presión de las actividades de la UE en las zonas marítimas de otras regiones del mundo, incluso en alta mar.

El medio marino europeo se halla enfrentado a amenazas graves y crecientes, que la Comisión describió en una Comunicación de 2002 (COM, 2002/539). En los últimos tres años, se han multiplicado las señales del deterioro de nuestros mares y océanos. La diversidad biológica marina europea se reduce y sigue sufriendo alteraciones. Los hábitats marinos se destruyen, se deterioran y se ven perturbados.

Los principales factores de amenaza del medio marino son los siguientes: los efectos del cambio climático, la contaminación (por sustancias peligrosas, fuentes terrestres, residuos, microorganismos, vertidos de hidrocarburos derivados de accidentes y contaminación debida a la navegación y a la prospección en alta mar de petróleo y

de gas, contaminación derivada del desguace de los buques y contaminación acústica), el impacto de la pesca comercial, la introducción de especies no autóctonas (exóticas), principalmente por el vertido al mar de las aguas de lastre, el exceso de nutrientes (eutrofización), la consecuente proliferación de algas y los vertidos ilícitos de radionucleidos.

La Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE) establece un marco jurídico con el fin de garantizar suficientes cantidades de agua de buena calidad en toda Europa (COM, 2007/0128). Sus principales objetivos son los siguientes:

- Ampliar la protección a todas las aguas: aguas superficiales continentales y costeras y aguas subterráneas.
- Garantizar el “buen estado” de todas las aguas de aquí a 2015.
- Basar la gestión del agua en las cuencas fluviales.
- Combinar los valores límite de emisión con normas de calidad medioambiental.
- Velar por que la tarificación del agua ofrezca incentivos adecuados para que los usuarios utilicen los recursos hídricos de forma eficaz.
- Lograr una mayor participación de los ciudadanos.
- Simplificar la normativa.

Mediante esta Directiva marco, la Unión Europea, organiza la gestión de las aguas superficiales, continentales, de transición, aguas costeras y subterráneas, con el fin de prevenir y reducir su contaminación, fomentar su uso sostenible, proteger el medio acuático, mejorar la situación de los ecosistemas acuáticos y paliar los efectos de las inundaciones y de las sequías.

Hasta ahora, en base a la legislación existente en España en esta materia (Real Decreto 3349/1983 y posteriores modificaciones, Real Decreto 162/1991 y Real Decreto 443/1994), solo se registraban algunos tipos de productos biocidas. No obstante, esta legislación seguirá siendo de aplicación durante el periodo transitorio de 10 años que establece la Directiva 98/8/CE (Real Decreto 1054/2002). Durante este periodo se ha establecido un procedimiento de revisión de las sustancias activas

biocidas comercializadas con anterioridad a mayo de 2000. Esta revisión se llevara a cabo de acuerdo con los Reglamentos de la Comisión Europea (Reglamento (CE) N° 1896/2000, Reglamento (CE) n° 2032/2003, Reglamento 1048/2005 y Reglamento (CE) 1849/2006).

Los productos fitosanitarios están regulados específicamente por la Directiva 91/414/CEE cuyo objetivo es, como se indica en su artículo primero, regular la autorización, comercialización, utilización y control en la UE de productos fitosanitarios en su presentación comercial. A través de las disposiciones de esta normativa, para que un producto pueda comercializarse debe de estar autorizado previamente e inscrito en el Registro Oficial de Productos Fitosanitarios.

Los biocidas están regulados por la Directiva 98/8/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de febrero, la cual armoniza en el ámbito europeo la legislación sobre estos productos, estableciendo principios comunes de registro, evaluación y autorización de biocidas evitando, de esta forma barreras económicas y administrativas. Esta Directiva ha sido transpuesta al ordenamiento jurídico mediante el Real Decreto 1054/2002, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas. Con este Real Decreto, se controlan 23 tipos de productos.

Según el RD 1054/2002 que regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas, se entiende por biocida a las sustancias activas y preparados que contengan una o más sustancias activas, presentadas en la forma en que son suministrados al usuario, destinadas a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de otro tipo sobre cualquier organismo nocivo por medios químicos o biológicos. Quedan excluidos de los biocidas:

- a. Los medicamentos de uso humano.
- b. Los medicamentos de uso veterinario.
- c. Los productos sanitarios y los productos sanitarios implantables activos. Así como los productos sanitarios para diagnóstico in vitro.

- d. Los aromas para productos alimenticios y materiales de base para su producción.
- e. Los aditivos alimentarios autorizados en los productos alimenticios destinados al consumo humano.
- f. Los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con los productos alimenticios.
- g. La leche cruda, la leche tratada técnicamente y los productos lácteos.
- h. Las normas higiénico sanitarias relativas a la producción y puesta en el mercado de los ovoproductos.
- i. Las normas sanitarias aplicables a la producción y puesta en el mercado de los productos pesqueros.
- j. Los productos utilizados en alimentación animal, los piensos y los piensos medicamentosos.
- k. Los productos cosméticos.
- l. Los productos fitosanitarios.
- m. Las condiciones de concesión de excepciones temporales y limitadas respecto a las normas comunitarias sanitarias específicas aplicables a la producción y comercialización de determinados productos de origen animal.

Los productos fitosanitarios, excluidos de la regulación de biocidas, según la Reglamentación técnico sanitaria son los destinados a su utilización en el ámbito de la sanidad vegetal, así como aquellos otros de análoga naturaleza destinados a combatir malezas u otros organismos indeseables en áreas no cultivadas.

En España la Ley General de Sanidad establece que las autoridades sanitarias propondrán o participarán con otros Departamentos en la elaboración y ejecución de la legislación sobre sustancias tóxicas y peligrosas, así como en la determinación de los requisitos técnicos y condiciones mínimas en materia de vigilancia y control sanitario de las mismas. La Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral, en cumplimiento de estos criterios, y tal como establece el Real Decreto 1555/2004, por el que se establece la estructura orgánica del Ministerio de Sanidad y



Consumo, desarrolla el control sanitario de los productos químicos, llevando a cabo, entre otras, las funciones siguientes:

- El registro, autorización y/o evaluación del riesgo para la salud humana de biocidas y productos químicos así como la aplicación del sistema de notificación de sustancias químicas nuevas.
- Clasificación y etiquetado de sustancias y preparados químicos peligrosos.
- Evaluación de los productos fitosanitarios.
- Transposición de la legislación europea sobre control de productos químicos en todos los aspectos relacionados con la salud humana.

Los objetivos de la Ley General de Sanidad son:

- Protección de la salud humana y el medio ambiente de los riesgos derivados del uso de los productos químicos peligrosos.
- Establecer las medidas legislativas necesarias para evaluar, clasificar, autorizar e inspeccionar las sustancias y preparados químicos peligrosos.
- Coordinar, a nivel nacional y europeo, la vigilancia y control de los productos químicos.

La agricultura es el sector que más recurre a los productos fitosanitarios. La Unión Europea representa actualmente, con una venta anual de aproximadamente 320 000 toneladas de sustancias activas, una cuarta parte del mercado mundial. Los principales tipos de productos son los fungicidas (casi un 43% del mercado), seguidos por los herbicidas (36%), los insecticidas (12%) y otros plaguicidas (9%). La industria fitosanitaria europea da empleo en Europa a unas 35 000 personas (COM, 2002/0349).

El uso de productos fitosanitarios presenta ventajas económicas considerables; los agricultores los emplean para mejorar o mantener el rendimiento, eliminando o reduciendo la competencia de las malas hierbas o el ataque de plagas y para limitar la mano de obra necesaria. Los productos fitosanitarios desempeñan, además, un papel fundamental puesto que garantizan cada año un abastecimiento fiable de productos agrarios a precios módicos, lo que los hace accesibles a todos los consumidores. Su

empleo reduce la demanda de tierras para producción de alimentos, lo que a su vez deja tierras disponibles para otros usos, por ejemplo actividades de ocio, parques naturales y protección de la biodiversidad. No se dispone, sin embargo, de cifras para toda la Unión Europea que permitan evaluar estas ventajas (COM, 2002/0349).

Para analizar las implicaciones de la agricultura con fitosanitarios la Comisión de la Unión Europea adoptó la Estrategia Temática sobre el Uso Sostenible de los Plaguicidas en julio de 2006 (COM, 2006/373). Esta estrategia aplica un conjunto de medidas encaminadas a reducir los riesgos para el medio ambiente y la salud humana vinculados a la utilización de los plaguicidas y, de manera más general, a lograr un empleo más sostenible de los plaguicidas y una reducción global sensible de los riesgos y la utilización, sin pérdida de rendimiento para los usuarios profesionales. Las medidas propuestas tienen por objeto la intensificación de la vigilancia y la investigación sobre los plaguicidas, la formación y la información de los usuarios, y medidas específicas de utilización de estas sustancias. La estrategia persigue los siguientes objetivos:

- Reducir al mínimo los peligros y los riesgos que presentan los plaguicidas para la salud y el medio ambiente.
- Intensificar los controles sobre la utilización y distribución de los plaguicidas.
- Reducir los niveles de sustancias activas nocivas, en particular sustituyendo las más peligrosas por otras alternativas.
- Fomentar la conversión a una agricultura en la que no se utilicen plaguicidas o sólo en cantidades limitadas.
- Implantar un sistema transparente de notificación y seguimiento de los avances logrados.

La estrategia comprende, por un lado, medidas que se aplicarán mediante los instrumentos legislativos existentes y las políticas vigentes, así como, por otro lado, medidas que no pueden incorporarse en los instrumentos existentes y que son, en su mayoría, objeto de una propuesta de Directiva.

Desde un punto de vista ambiental se ha desarrollado una gran preocupación sobre los COPs, que son compuestos orgánicos a base de carbono que constituyen productos químicos como los PCBs, plaguicidas como el Diclorodifeniltricloroetano (DDT) y subproductos no deseados como dioxinas (PCDDs) y furanos (PCDFs). Estos compuestos son un problema especial porque poseen las siguientes características (Convenio de Estocolmo, 2001):

1) Toxicidad: están asociados a una amplia gama de efectos en la fauna, anormalidades en el desarrollo, cánceres, y la reducción de la función inmunológica que conduce a la disminución de la resistencia a las infecciones. La preocupación principal son los efectos que resultan de la exposición crónica a concentraciones absolutamente bajas sobre un período de tiempo largo.

2) Persistencia: Permanecen mucho tiempo en el ambiente, resistiendo a la degradación por efecto de la luz solar, su degradación química y por otros microorganismos, debido a esto presentan unos elevados tiempos de vida media, son muy resistentes en el medio ambiente cuando han sido introducidos en las plantas y los animales. Por lo tanto, una vez que se hayan introducido en el medio ambiente, estarán allí durante mucho tiempo. Resisten los procesos de degradación fotolítica, química y biológica. Son muy estables en el medio ambiente, al ser solubles en grasas se acumulan en los tejidos vivos por lo que se produce bioacumulación conforme asciende en las cadenas tróficas alimentarias. En el ambiente, las concentraciones de esas sustancias pueden aumentar en factores de varios miles o millones a medida que se mueven hacia los niveles superiores de las cadenas alimenticias. La persistencia de los pesticidas varía de unos sedimentos a otros pero está en función de la naturaleza del producto y del medio en el que se encuentre; en la Tabla 1.4 se muestra la persistencia de algunos de los pesticidas organoclorados.

Tabla 1.4. Persistencia en el aire, agua y suelo de pesticidas organoclorados (IPCS, 1995)

<b>COMPUESTOS</b>	<b>T<sub>1/2</sub> AIRE</b>	<b>T<sub>1/2</sub> AGUA</b>	<b>T<sub>1/2</sub> SUELO</b>
Heptacloro	No hay datos	< 1 día	0,91 - 3,2 años
Hexaclorobenceno	<4,3 años	> 100 años	3 - 22 años
Aldrin	< 9,1 horas	< 590 días	4 - 7 años
DDT	2 días	> 1 año	10 - 15 años
Dieldrin	<40,5 horas	> 2 años	4 - 7 años
Endrin	1,45 horas	> 112 días	> 12 años

El criterio utilizado por el Convenio de Estocolmo establece que se tomarán como persistentes aquellas sustancias con un  $t_{1/2}$  en el agua mayor de 2 meses y un  $t_{1/2}$  en suelo mayor a 6 meses. Las sustancias con un  $t_{1/2}$  en el aire mayor a 2 días se consideran con potencial para el transporte de largo alcance.

3) Bioacumulación y Biomagnificación. Son capaces de acumularse en organismos vivos, incluidos los humanos, y magnificarse a través de cadenas tróficas hasta niveles preocupantes para el ambiente y la salud humana. Las plantas y los animales realizan mucho mejor la absorción de estos compuestos del agua o de su alimento que su emisión, dando por resultado un aumento constante en la contaminación sobre su curso de vida. Los animales que comen otros animales acumulan todos los compuestos tomados de su presa. La bioacumulación se puede relacionar con el coeficiente de reparto octanol/agua en que el primero representa a la fase lipídica. Este coeficiente ( $K_{ow}$ ) reproduce bastante bien el reparto entre fases acuosas y biológicas, con la ventaja de su facilidad de determinación. Suele ser una de las constantes fisicoquímicas que se ofrecen como propiedad significativa de muchos pesticidas. En la Tabla 1.5 se muestran coeficientes de repartos de algunos pesticidas.

Tabla 1.5. Coeficientes de reparto de algunos pesticidas (IPCS, 1995).

<b>PESTICIDA</b>	<b>Log K<sub>ow</sub></b>
Aldrin	5,10 – 7,40
DDT	4,89 – 6,91
Dieldrin	3,69 – 6,20
Endrin	3,20 – 5,33
Heptacloro	4,40 – 5,50
Hexaclorobenceno	3,03 – 6,42

El criterio utilizado por el Convenio de Estocolmo establece que se tomarán como bioacumulables aquellas sustancias con un log Kow mayor a 5.

4) Migración a largas distancias del sitio de su uso: Durante el tiempo en que permanecen estables tienen posibilidades de dispersarse a grandes distancias y depositarse en zonas lejanas a su emisión. Estos compuestos son típicamente semi-volátiles, permitiéndolos mover largas distancias, condensar en las regiones más frías excesivas de la tierra y pasar fácilmente en la atmósfera cuando se exponen al ambiente y, por lo tanto, se encuentran por todo el mundo, sin importar donde se utilizan. Cuanto más frío es el clima, menor es la tendencia de los COPs a evaporarse, acumulándose en regiones como el Artico, a miles de kilómetros de sus fuentes originales. La identificación de algunos COPs en regiones alejadas de la influencia antrópica, como es el caso de los Polos, ha despertado el interés por estudiar las tendencias de la deposición de compuestos vía atmosférica y distribución de estos contaminantes (Wania y Mackay, 1993; Wania y Mackay, 1996).

Los COPs en función de la persistencia y bioacumulación pueden concentrarse en los organismos vivos, incluidos los humanos o en compartimientos ambientales, hasta niveles que pueden ser un riesgo de causar efectos nocivos a la salud humana y al ambiente. Los inconvenientes generados por los COPs han motivado prohibiciones y restricciones severas en muchos países y acciones internacionales.

El Reglamento (EC) 850/2004 tiene el objetivo de proteger la salud humana y el medio ambiente contra COPs prohibiendo, suprimiendo progresivamente con la mayor celeridad posible, o restringiendo, la producción, comercialización y uso de las sustancias sujetas al Convenio de Estocolmo. Dado que el problema es global, resulta indispensable tomar medidas a escala internacional para el control de los COPs.

Aunque existen algunas fuentes naturales de estos compuestos, la mayor parte de estas sustancias deben su origen a fuentes antropogénicas asociadas con la fabricación, uso y eliminación de determinados productos químicos. Algunos de

estos compuestos son conocidos plaguicidas (aldrin, clordano, DDT, dieldrin, endrin, heptacloro, mirex, etc.) y se han utilizado extensivamente durante largo tiempo, aunque es escasa la información existente sobre las cantidades liberadas al ambiente. Algunos otros se emplean como aditivos o auxiliares en una variedad de aplicaciones industriales (PCBs, hexaclorobenceno, etc). Otros COPs, como PCDDs y PCDFs se generan como subproductos no intencionales en todo tipo de procesos de combustión entre los que se encuentran la quema de basura, incineración de residuos sólidos y peligrosos, en incendios forestales, etc. Esto hace que sea extremadamente difícil evaluar los niveles liberados al ambiente. Por otro lado, la medición de este tipo de sustancias en diversos compartimentos ambientales es extremadamente complicada y costosa, por lo que el uso de factores de emisión por tipo de fuente resulta de gran utilidad para contar con aproximaciones razonables a los niveles presentes en el medio ambiente.

La presencia de estos contaminantes en países en vías de desarrollo es principalmente debido al uso de plaguicidas en cultivos agrícolas y en el uso para combatir epidemias como el tifus y la malaria. Y en los países desarrollados es principalmente debido a la fabricación, uso y eliminación de productos químicos orgánicos y a los aditivos o auxiliares de aplicaciones industriales. En la actualidad se calcula que el 80% de las ventas globales de estos productos se consume en los países desarrollados, mientras que en otros países subdesarrollados se consume el 20% restante. Lo destacable es que dentro de estos últimos se registra el 75% de las muertes por contaminación por agroquímicos (Papale, 2003). En 1985, la Red de Acción Contra Plaguicidas (PAN) difundió que productos agrotóxicos prohibidos en su país de origen se utilizaban intensamente en otros países, causando 14.000 muertes al año.

### 1.1.3 La situación en México

En base al Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo (PIC) en México se tiene la Propuesta Ejecutiva Nacional del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC). Esta propuesta incluye plaguicidas cuyo uso está prohibido en México (aldrín, endrin) y aquellos prohibidos en su comercialización y uso (más no su producción) como el caso de Toxafeno. El RETC es limitado a la producción industrial de plaguicidas en México y no incluye un registro del uso de plaguicidas. En la Tabla 1.6 se muestran los pesticidas incluidos en el RETC.

Tabla 1.6. Plaguicidas incluidos en la propuesta del RETC en México

Lindano	DDT	Warfarina
Endosulfán	Diazinon	Trifuralin
Silbes	Endrín *	Clorpirifos
Captan	Heptacloro*	Aldrin*
Disulfuro de tetrametiltiuram	Acido 2,4 dicloro fenoxiacético	Toxafeno*

(\*) Prohibidos en México

En el caso de México, el plan de acción nacional incluye como objetivos: la eliminación de los usos ilegales del DDT, su reducción gradual para el control del paludismo en un 80% para el año 2001, y su eliminación total en los próximos 10 años, si persiste la tendencia a la baja del paludismo (Bejarano, 2000).

El 15 de octubre de 1987 se publicó en el Diario Oficial de la Federación (en México) el decreto que establece las bases de coordinación entre las Secretarías de: Comercio y Fomento Industrial (actualmente de Economía), Agricultura y Recursos Hidráulicos (actualmente de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), Desarrollo Urbano y Ecología (actualmente de Medio Ambiente y Recursos Naturales) y Salud, para el ejercicio de las atribuciones que respecto a plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas, les confieren, la Ley Federal de Sanidad Vegetal, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y la Ley General de Salud.

En apego al decreto que crea la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST), la Comisión Intersecretarial publicó en los años de 1991 a 1998 el Catálogo Oficial de Plaguicidas, que contiene los productos registrados y sus usos autorizados, sus características principales, así como las indicaciones para su uso e información sobre los riesgos que los mismos implican y sobre el tratamiento en caso de intoxicaciones.

El propósito de este catálogo es ayudar al buen uso y manejo de estos productos en las áreas de empleo: agrícola, forestal, pecuario, doméstico, urbano, industrial y en jardinería. Se integra en este catálogo la información de los plaguicidas registrados en México, las características generales de los mismos, así como las aplicaciones para las que se dio la autorización.

*Los únicos plaguicidas cuya importación, comercialización y uso están permitidos en México, son los que han sido registrados por la CICOPLAFEST.*

La principal actividad actual de la CICOPLAFEST, es la atención al usuario en lo relativo a la emisión de registros y autorizaciones de importación de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas. El catálogo de plaguicidas es un documento oficial elaborado por las Secretarías que Integran a la CICOPLAFEST. La versión del 2004 es una actualización del Catálogo Oficial de Plaguicidas emitido en 1988, e incluye información sobre los usos, sinonimia, mezclas y coadyuvantes de las sustancias registradas, hasta junio de 2004.

En el Anexo 1, se presentan las hojas de datos del Catálogo de Plaguicidas de la CICOPLAFEST para los pesticidas estudiados en este trabajo.

Los pesticidas se encuentran regulados por disposiciones ambientales, sanitarias, fito y zoonómicas, laborales y de transporte; en la Tabla 1.7 se presentan los elementos reguladores relacionados con la gestión de plaguicidas. Así mismo, de manera indirecta diversas normativas aduaneras y de comercio exterior establecen disposiciones que deben ser observadas en el manejo de plaguicidas.



Tabla 1.7. Elementos reguladores en México

DENOMINACION	LEGISLACION MEXICANA
LCE	Ley de Comercio Exterior
LA	Ley de Aduanas
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
LGS	Ley General de Salud
LFSV	Ley Federal de Sanidad Vegetal
LFT	Ley Federal de Trabajo
RTTMRP	Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son las regulaciones específicas de la actividad industrial, comercial y de servicios. En la Tabla 1.8 se presentan las NOM referentes a los plaguicidas.

Tabla 1.8. Normas Oficiales Mexicanas referentes a los Plaguicidas.

TIPO DE NORMA	NORMA OFICIAL MEXICANA
Toma de muestra	NOM-AA-105-1988. Plaguicidas. Determinación de residuos en suelo-Método de toma de muestras.
Ecológicas	NOM-090-ECOL-1994. Establece los requisitos para el diseño y construcción de los receptores de agroquímicos.
	NOM-052-ECOL-1993. Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
Sanitarias	NOM-044-SSA1-1993. Establece los requisitos para contener plaguicidas.
	NOM-045-SSA1-1993. Establece el etiquetado de plaguicidas. Productos para uso agrícola, forestal, pecuario, de jardinería, urbano e industrial.
	NOM-046-SSA1-1993. Establece el etiquetado de plaguicidas. Productos para uso doméstico.
	Proyecto de NOM-058-SSA1-1993. Establece los requisitos sanitarios para los establecimientos que fabrican y formulan plaguicidas y fertilizantes y que procesan sustancias tóxicas o peligrosas.
	Proyecto de NOM-043-SSA1-1993. Almacenamiento de plaguicidas.
Zoosanitarias	NOM-023-ZOO-1994. Establece el análisis de residuos de plaguicidas organoclorados y bifenilos policlorados en grasa de bovinos, equinos, porcinos, ovinos y aves por cromatografía de gases.
Fitosanitarias	NOM-032-FITO-1995. Establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para la realización de estudios de efectividad biológica de plaguicidas agrícolas y su dictamen técnico.
	NOM-033-FITO-1995. Establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para aviso de inicio de funcionamiento que deberán

	cumplir las personas físicas o morales interesadas en comercializar plaguicidas agrícolas.
	NOM-034-FITO-1995. Establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el aviso de inicio de funcionamiento que deberán cumplir las personas físicas y morales interesadas en la fabricación, formulación por maquila, formulación y/o maquila e importación de plaguicidas agrícolas.
	NOM-050-FITO-1995. Establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para efectuar ensayos en campo para el establecimiento de límites máximos de residuos de plaguicidas en productos agrícolas.
	Proyecto de NOM-051-FITO-1995. Establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el manejo de plaguicidas agrícolas cuya adquisición y aplicación está sujeta a la recomendación escrita de un profesional fitosanitario.
	NOM-053-FITO-1995. Establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para realizar la difusión de la publicidad de insumos fitosanitarios.
	NOM-057-FITO-1995. Establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para emitir el dictamen de análisis de residuos de plaguicidas.
Higiene y Seguridad Industrial	NOM-003-STPS-1999. Actividades agrícolas-Uso de insumos fitosanitarios o plaguicidas e insumos de nutrición vegetal o fertilizantes-Condiciones de seguridad e higiene.
	NOM-005-STPS-1993. Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles.
	NOM-009-STPS-1993. Condiciones de seguridad e higiene para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias corrosivas, irritantes y tóxicas en los centros de trabajo.
	NOM-010-STPS-1993. Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.
Transporte	NOM-002-SCT2-1994. Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.
	NOM-005-SCT2-1994. Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
	NOM-007-SCT2-1994. Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.
	NOM-010-SCT2-1994. Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
	NOM-011-SCT2-1994. Condiciones para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas.
	NOM-019-SCT2-1994. Disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos.
	NOM-028-SCT2-1994. Disposiciones especiales para los materiales y residuos peligrosos de la clase 3. Líquidos inflamables transportados.
	NOM-043-SCT2-1995. Documento de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

El DDT es un plaguicida restringido en México por su alto riesgo para la salud humana, su elevada persistencia y sus propiedades de bioacumulación; este plaguicida solo podrá ser utilizado en campañas sanitarias, por las dependencias del poder ejecutivo. La aplicación del DDT en el control del paludismo debe realizarse actualmente según la NOM vigente para la vigilancia, prevención y control de enfermedades transmitidas por vector, publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 19 de Octubre de 1999.

Los plaguicidas de la Tabla 1.9 solo pueden ser adquiridos en las comercializadoras mediante la presentación de una recomendación escrita de un Técnico Oficial o Privado que haya sido autorizado por el Gobierno Federal. Su manejo y aplicación se efectuarán de acuerdo a la NOM que establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el manejo de Plaguicidas Agrícolas Restringidos.

Tabla 1.9. Plaguicidas agrícolas restringidos en México (Catálogo Oficial de Plaguicidas, 1996.)

1,3-dicloropropeno	Fosfuro de aluminio	Lindano	Paraquat
Alaclor	Isotiocianato de metilo	Dicofol	Pentaclorofenol
Aldicarb	Metoxicloro	Forato	Quintozeno
Bromuro de metilo	Metamidofos	Mevinfos	Clorotalonil
Clordano	Metam sodio	Cloropicrina	

En la Tabla 1.10 se presentan los pesticidas autorizados en México y ya prohibidos en otros países y considerados de interés prioritario en el Convenio de Estocolmo sobre COPs, como es el caso de Clordano, DDT, Lindano, Paraquat, Paratión Metílico y Pentaclorofeno.

Tabla 1.10. Plaguicidas prohibidos en otros países y autorizados en México (RAPAM, 1994).

Alaclor	Metidación	Endosulfán	Quintoceno
Aldicarb	Metamidofos	Forato	Sulprofos
Azinfos Metílico	Metoxicloro	Fosfamidón	Triazofos
Captafol	Mevinfos	Kadetrina	Tridemorf
Carbarilo	Monocrotofos	Linuron	2,4-D
Captan	Ometoato	Maneb	Vamidotion
Clordano	Oxyfluorfen	Diurón	Pentaclorofenol
DDT	Paraquat	Dicofol	Paratión Metílico

Los seres humanos están expuestos a numerosos pesticidas a través de los alimentos, siendo los más importantes los que son ricos en grasa (carne, pescado, lácteos, etc.). Como resultado de estudios realizados en los Estados Unidos se han encontrado COPs en hamburguesas, helado y pizza (Charlotte et al., 2000). Los trabajadores y residentes de sitios localizados cerca de fuentes generadoras de COPs están expuestos además a la inhalación y al contacto cutáneo con estas sustancias. Los efectos de estos contaminantes 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.

Para la prevención de los posibles riesgos higiénicos derivados de la manipulación de los pesticidas es importante informar al personal implicado tanto de la toxicidad de los productos que está utilizando como de la conveniencia de seguir unos hábitos estrictos de higiene personal, y al mismo tiempo establecer una metodología de trabajo que incluya desde medidas operativas de ventilación del puesto de trabajo hasta el empleo de protección personal adecuada siempre que sea necesario. Durante el trabajo con estos productos es conveniente proceder a un control ambiental mediante la cuantificación del compuesto en aire y la comparación de las concentraciones encontradas con unos valores máximos de referencia destinados a proteger la salud de los trabajadores de la inhalación de estas sustancias.

Debido a la importancia del uso y destino de los COPs, en octubre de 2000 Allsopp y Erry publicaron el trabajo “COPs en América Latina” donde presentaron una revisión de los niveles de estos contaminantes. Los pesticidas organoclorados han sido utilizados para la agricultura en América Latina durante las últimas décadas, aunque su uso en la agricultura es ilegal actualmente en términos generales. En México, en los últimos años el uso de estos pesticidas se ha restringido a programas de salud pública contra enfermedades como la malaria. En el año 2000 según Allsopp y Erry, México era el mayor usuario del plaguicida DDT, seguido por Brasil. En 1999 se

informó que México planeaba reducir el uso de DDT durante los próximos 5 años y eliminarlo para el 2007 (Smith, 1999).

El mecanismo más importante para la mayoría de los efectos sobre la salud es la inducción de disfunciones en el sistema endocrino. Diversos estudios han demostrado que los COPs como la dieldrina, DDT, heptacloro, mirex, toxafeno, etc., pueden causar efectos en el sistema reproductivo y hormonal, 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:

- a. La exposición aguda a altas dosis, que ocurre cuando hay accidentes o por la ingestión de alimentos altamente contaminados, como sucedió en la Bahía de Minamata, Japón, por la contaminación con metilmercurio (Berglund, 1971), en Seveso, Italia, por la generación de dioxinas de un accidente en una planta de plaguicidas, y en Taiwán por el consumo de aceite de arroz contaminado (Yen et al., 1989).
- b. La exposición crónica de nivel medio, que está asociada con exposiciones laborales o con el consumo de alimentos contaminados.
- c. 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 está expuesta a diversos COPs durante su vida, y la mayoría tiene niveles detectables desde su nacimiento. En la Figura 1.3 se puede observar las diferentes interacciones de el ciclo de los pesticidas.

En México se han realizado diversos estudios de la presencia de contaminantes organoclorados en leche de vaca (Pardio et al., 2003, Waliszewski et al., 2003a), en leche materna (Torres et al., 1999), en mantequilla (Waliszewski et al., 2003b) y en pescados (Lewis et al., 2002). En España también se han realizados numerosos

estudios; entre ellos cabe destacar el realizado en grasa humana en la población de Murcia (Molina et al., 2005), en cinco especies de plantas de un área industrial en Galicia (Barriada et al., 2005), en quesos (Suárez et al., 1998), en leche de ovejas (Losada et al., 1996) y en pescados (Sahagún et al., 1998) en la ciudad de León.

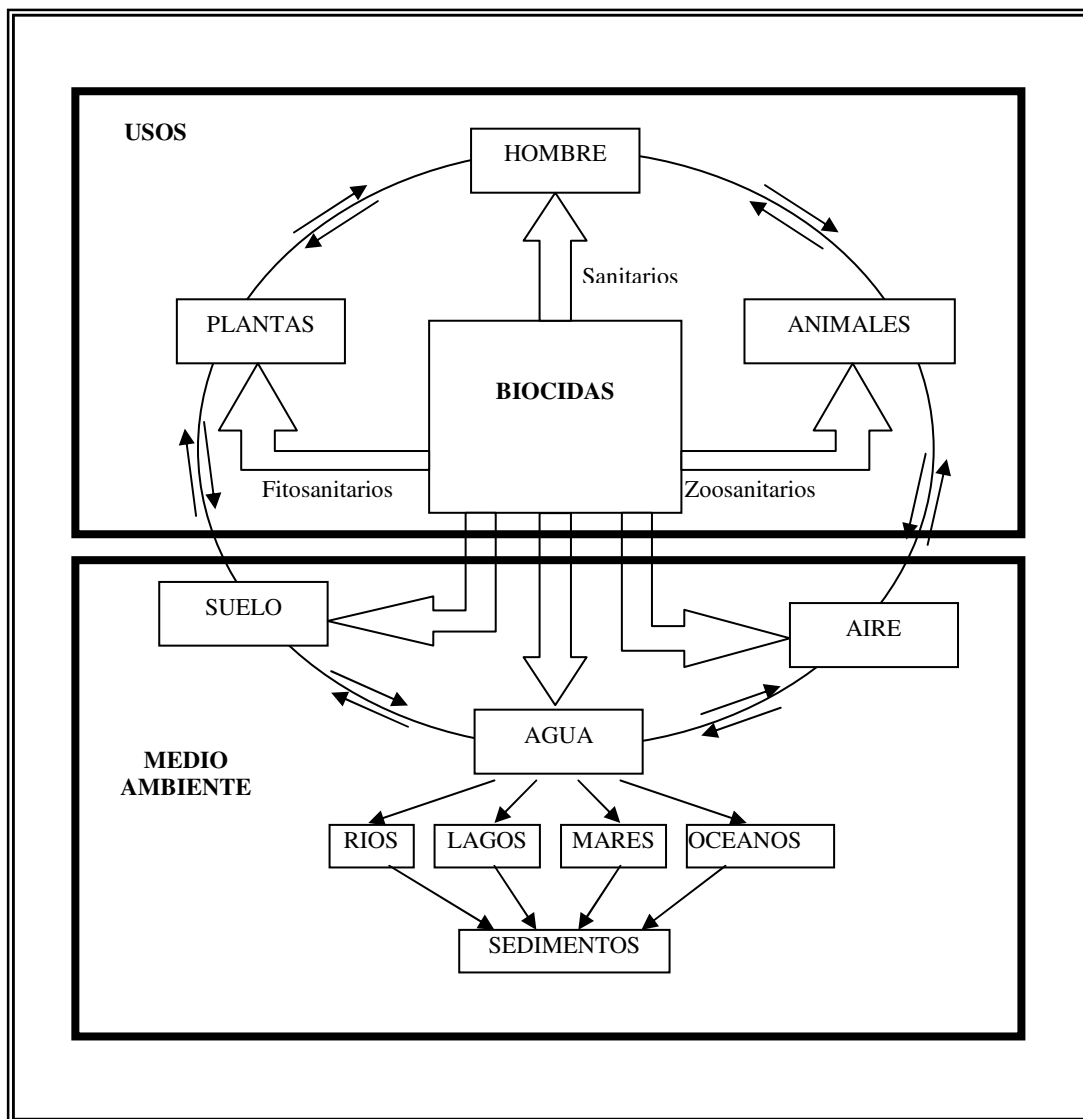


Figura 1.3. Ciclo de biocidas.

La gestión de las sustancias químicas involucra diversos actores, en la Figura 1.4 se presentan los factores que intervienen en esta gestión.

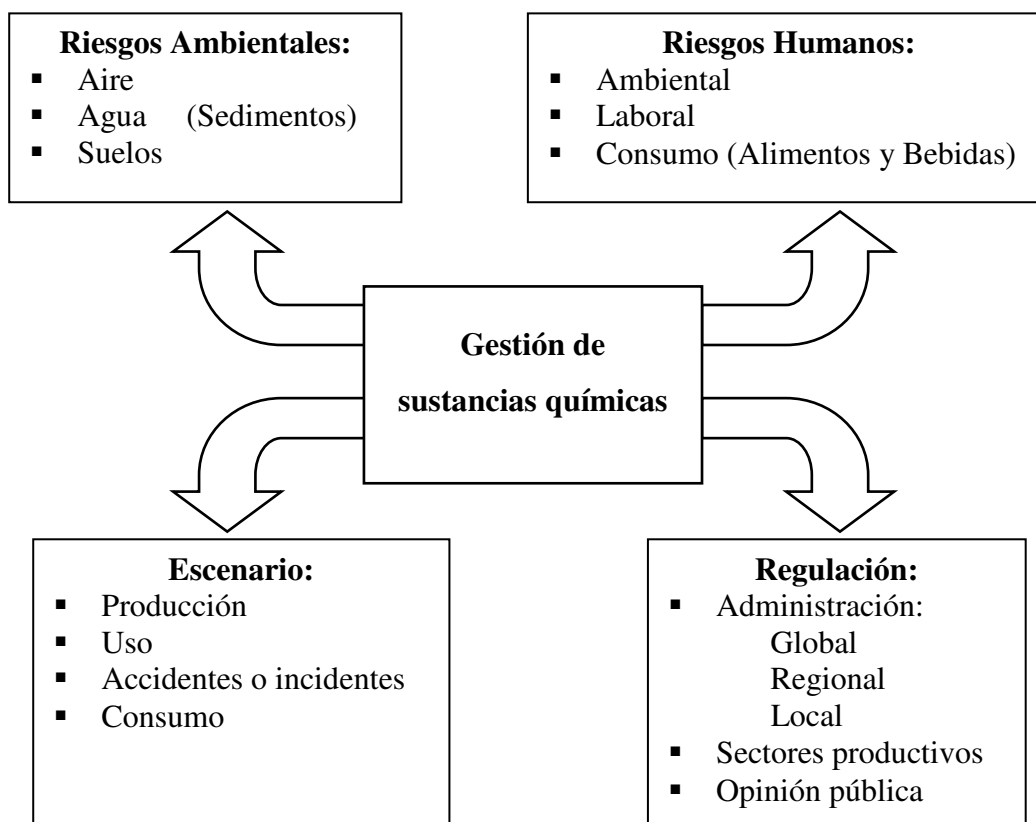


Figura 1.4. Gestión de Sustancias Químicas

Todos los alimentos destinados al consumo humano o animal en la Unión Europea (UE) están sujetos a un límite máximo de residuos de plaguicidas (LMR) en su composición, con el fin de proteger la salud humana y animal. El Reglamento (CE) 178/2006 reúne en un solo texto y armoniza los límites aplicables a los diferentes productos de alimentación humana o animal, y fija un límite máximo aplicable por defecto. Los LMR comprenden por una parte LMR específicos para ciertos alimentos destinados a las personas o los animales y, por otra, un límite general aplicable cuando no se haya fijado ningún LMR. Este reglamento pretende garantizar que los residuos de plaguicidas presentes en los alimentos no constituyan un riesgo inaceptable para la salud de los consumidores y los animales.

## 1.2 Evaluación del Ciclo de Vida de los fitosanitarios

La evaluación ambiental en la agricultura tiene la particularidad que esta actividad tiene un papel multifuncional que se desarrolla en un sistema complejo cerca del Medio Ambiente (Charles, 2004). Los sistemas de producción de alto rendimiento que maximizan la producción con el uso de fertilizantes son económicamente ventajosos en muchas áreas agrícolas, pero algunos de estos sistemas intensivos exponen al ambiente cargas elevadas de nitrógeno, fósforo y pesticidas, por lo cual es recomendable hacer un análisis del ciclo de vida de los pesticidas. La evaluación del ciclo de vida (LCA, Life Cycle Assessment) es una herramienta que se usa para evaluar el impacto sobre el medioambiente de un producto, proceso o tecnología a lo largo de todo su ciclo de vida mediante la cuantificación del uso de recursos ("entradas" como energía, materias primas, agua, etc.) y emisiones ("salidas" al aire, agua y suelo) asociados con el sistema que se está evaluando, Figura 1.5.

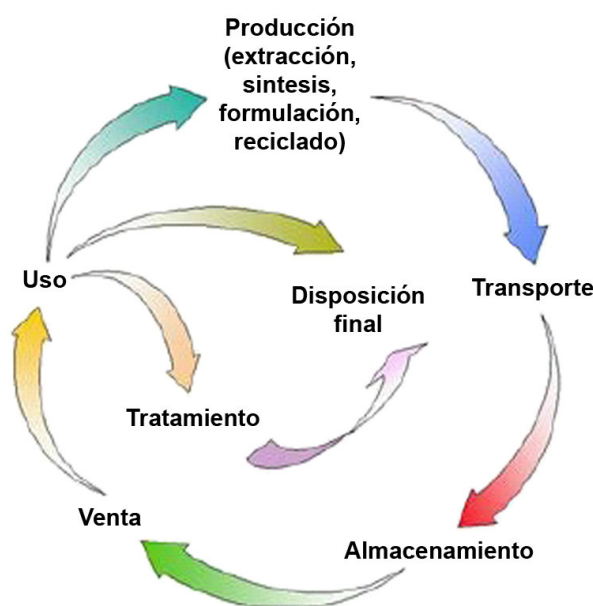


Figura 1.5. Elementos del Ciclo de vida.

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es una técnica que comprende la compilación y evaluación de las entradas, salidas y de los impactos ambientales potenciales del producto a través de su ciclo de vida (ISO 14040) y ayuda a decidir en qué medida



los problemas ambientales asociados al producto final, fuera de la organización, se deben integrar en el procedimiento de toma de decisión interno. Este análisis incluye cuatro fases:

- a) Diagrama de flujo del sistema. Definición de los límites del sistema y selección de los parámetros relevantes (metas y alcance).
- b) Análisis de inventario. Recolección/compilación de datos.
- c) Evaluación del impacto. Grupo de resultados después de modelos de evaluación.
- d) Interpretación. Acciones hacia el mejoramiento.

Esta técnica proporciona una estructura sistemática que ayuda a identificar, cuantificar, evaluar e interpretar los impactos ambientales de productos, procesos o tecnologías; no permite expresar la dimensión ecológica absoluta pero es un instrumento útil para comparaciones ambientales. En la Figura 1.6 se presenta la estructura normalizada del ACV.

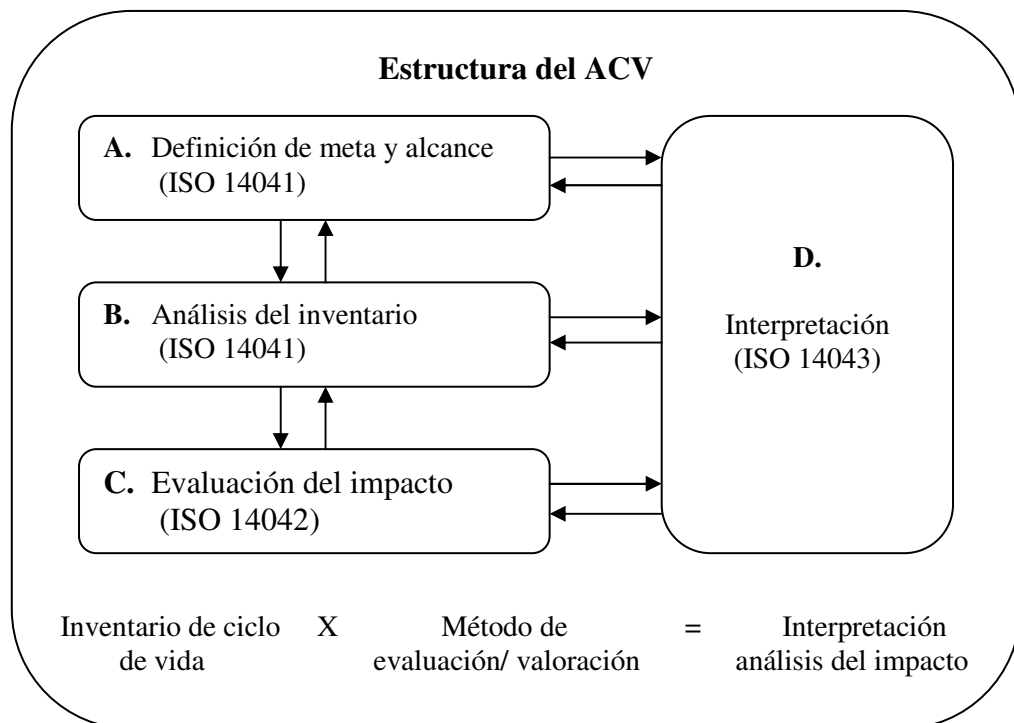


Figura 1.6. Fases normalizadas del análisis de ciclo de vida.

En el sector agroalimentario, la mayoría de estudios desarrollados se han centrado en los envases y embalajes de los productos. En estos casos el ACV se ha empleado como herramienta de decisión para seleccionar un envase de un grupo de opciones. En los comienzos del desarrollo del ACV en Europa, 1992, en el "1st European Invitation Expert Seminar on Life Cycle Assessment of Food Products" se debatió el hecho de que aproximadamente el 50% de los estudios de Ciclo de Vida realizadas hasta la fecha, se referían al envase o embalaje del producto (Weidema et al., 2000). En este sector se están produciendo una gran cantidad de mejoras, facilitando la obtención de datos en el mismo, como es el caso de la base de datos creada al respecto por "The Foundation for a Sustainable Food Chain" en Holanda (Weidema et al., 2000).

La propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo (COM, 2006/373) para "La estrategia temática en el uso sostenible de pesticidas" incluye en el análisis del ciclo de vida de los pesticidas los siguientes pasos principales:

**Producción:** Los agentes principales son fabricantes/productores de sustancias activas y de productos fitosanitarios que están actualmente en el mercado. Los productores de una sustancia activa y de los productos fitosanitarios pueden ser de la misma compañía o diferente. Los fabricantes/productores están obligados a ofrecer productos de calidad, recomendaciones para el uso seguro, información general y las instrucciones de uso para el usuario.

**Distribución:** Incluye el transporte, almacén y las operaciones de ventas realizadas por compañías de transporte especializadas (en mercancías peligrosas). Los distribuidores/vendedores son generalmente responsables de las operaciones de pre-comercialización (almacenaje, transporte) pero no están obligados a proporcionar información al usuario con respecto al uso de los productos.

**Venta:** La colocación en el mercado de los productos finales ocurre vía distribuidores y vendedores o mediante organizaciones de usuarios profesionales. Los productos autorizados son normalmente vendidos en su envase original con una

etiqueta apropiada y los documentos del producto, entre ellos las instrucciones de uso. El usuario debe adquirir normalmente las cantidades apropiadas para sus necesidades. El almacenamiento generalmente es limitado a excepción de los productos que tienen un uso constante año tras año, si los productos son suficientemente estables.

**Uso:** Esta etapa incluye todas las operaciones realizadas por los usuarios, desde el almacenamiento temporal, la gestión/servicio del equipo de rociado, protección de los operadores con el equipo apropiado (guantes, gafas, ropas, máscara, etc.), preparación de la disolución a rociar (disposición de los productos fitosanitarios, mezcla y llenado del tanque rociador) y la aplicación del mismo. La opción de la aplicación de los productos, la época y las condiciones para su aplicación y la conformidad con las condiciones de autorización son responsabilidad de los usuarios, su procedimiento influirá fuertemente en la calidad y la eficacia del tratamiento como en la seguridad o los impactos adversos en la salud humana y el ambiente. En esta etapa, el usuario, las personas presentes y el ambiente (suelo, superficie y agua subterránea, fauna, etc.) pueden ser expuestos a los productos fitosanitarios o a sus productos de degradación (metabolitos) vía varios mecanismos (desperdicios, salidas, lixiviados).

**Después del uso:** Las operaciones post-uso incluyen la gestión de los residuos, la limpieza del equipo protector y del equipo de la aplicación contaminado y el almacenamiento. Estas operaciones pueden conducir a exponer en el ambiente residuos de pesticidas (fuente de la contaminación). Los productores y distribuidores de productos fitosanitarios desempeñan un papel activo durante esta fase de post-uso organizando la colección y la disposición segura en empaquetado vacío de los pesticidas obsoletos.

**Cosecha, transformación, y eventual consumo de los productos agrícolas:**

Constituyen el objetivo final de muchas actividades agrícolas pero también la manera más importante de exposición de los pesticidas para los consumidores vía residuos del producto. Con o sin transformación, los productos alimenticios pueden contener

residuos de pesticidas que se venden a los minoristas (distribuidor) para llegar al consumidor final.

Un análisis del ciclo de vida de los pesticidas demuestra que con respecto al potencial de exposición de los seres humanos y de las emisiones directas en el ambiente, las etapas de uso y post-uso son los pasos más importantes. Las emisiones pueden ocurrir de manera difusa o en puntos de descargas accidentales. Los productores y distribuidores están actualmente obligados a entregar de manera segura y vender productos de calidad al usuario final aunque ellos no tienen influencia directa en actividades relacionadas con la difusión de los productos fitosanitarios o emisión de residuos. El usuario que finalmente toma la decisión sobre el “porqué”, “qué”, “cuando” y “cómo” de cualquier uso del pesticida está influido por la información recibida de los productores y los distribuidores u otros organismos consultivos, es el actor principal para limitar la contaminación del pesticida en el ambiente.

Una variedad de personas, grupos e individuos están relacionados con el ciclo de vida de los pesticidas; en la Figura 1.7 se muestra el flujo de materiales pesticidas en la producción agraria.

En áreas de agricultura intensiva el agua es uno de los recursos que presenta un alto riesgo de contaminación por pesticidas debido a que se encuentra continuamente expuesta a la llegada de estas sustancias. Los residuos de pesticidas se incorporan a los acuíferos y a las aguas superficiales por ir disueltos o en suspensión en las aguas de retorno utilizadas en los regadíos o por las precipitaciones en las tierras de secano (Ortega et al., 1994). El tipo de contaminación al agua que genera el uso de los pesticidas en la agricultura es conocida como fuente no puntual o difusa, pero la contaminación de los mantos de aguas superficiales puede ocurrir tanto por fuentes no puntuales como por fuentes puntuales. La contaminación difusa corresponde a las aguas de lluvia que se mueven sobre y a través del suelo transportando contaminantes. Los principales contaminantes asociados a la contaminación difusa

son los nutrientes, plaguicidas, compuestos orgánicos, sedimentos contaminados, metales, salinidad y patógenos (Izurieta et al., 2001; Téllez, 2002).

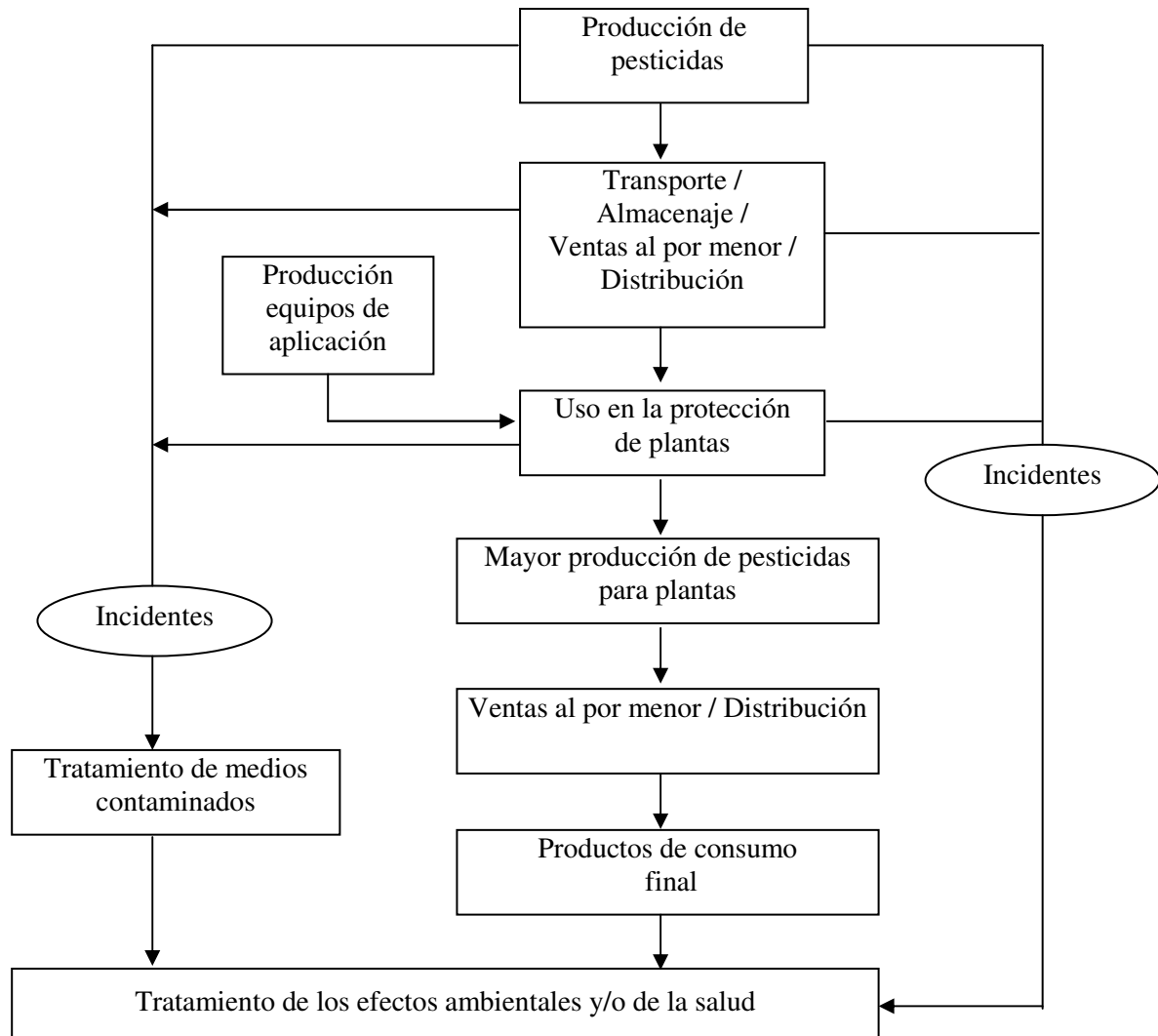


Figura 1.7. Flujo de pesticidas en la producción agraria.

Los plaguicidas que quedan en los suelos pueden afectar las propiedades químicas del suelo y el equilibrio de sus poblaciones. La degradación en el suelo puede ser biológica, química o fotoquímica. Sin embargo, la degradación puede presentar diversos problemas como: resistencia a la degradación biológica, así ocurre con los organoclorados que mantiene su actividad por largo tiempo, o puede ser incompleta y sus metabolitos persistir en el ambiente. También pueden existir factores ambientales

o interacciones que obstaculicen la descomposición de tóxicos biodegradables. Los plaguicidas cambian las propiedades químicas del suelo, debido a que los residuos de los elementos químicos que contienen se acumulan y pueden causar diversas alteraciones. Es así como la descomposición de plaguicidas que contienen nitrógeno, cloro, bromo y azufre puede conducir, directa o indirectamente a la formación de ácidos, que reaccionen con carbonatos u otros minerales del suelo para formar sales (Rozas, 1995). Existen varios procesos por los cuales los pesticidas se transfieren entre compartimientos ambientales (Navarro et al., 1992 y Ortega et al., 1994).

El riesgo ambiental se ha definido como la probabilidad de ocurrencia de cierto nivel de consecuencias. También se le ha asociado frecuentemente con el concepto de peligro, lo que ha llevado en este caso a definirlo como un medio de exposición al peligro. En otras ocasiones se ha considerado el riesgo como sinónimo de impacto, estableciendo que se hablará de impacto si los efectos adversos se dirigen al medio ambiente y la vida silvestre, y de riesgo si son dirigidos a la salud humana. La valoración de los efectos en el medio ambiente utiliza el concepto de riesgo y debido a la gran dependencia del hombre con su entorno natural, es apropiado aplicar el concepto de riesgo a ambos componentes. Por lo tanto, se define al riesgo ambiental, como la probabilidad de ocurrencia de un efecto adverso frente a la exposición de factores estresantes causados por el hombre (US-EPA, 1998; Encina y Diaz, 2001).

### **1.3 Control de pesticidas organoclorados en el medio ambiente. Los sedimentos como compartimiento ambiental.**

El trabajo más reciente en el análisis de pesticidas en Chiapas fue el realizado en el aire de la ciudad de Tapachula, Chiapas, por el Doctor Henry Alegría de California Lutheran University en conjunto con la Universidad Autónoma de Chiapas (Alegría et al., 2006). Estas mediciones mostraron que las concentraciones de algunos contaminantes orgánicos (DDTs, chlordanos y toxafeno) son muy elevadas en el aire en comparación de otras regiones (Canadá, Sur de Estados Unidos, Belice, Chetumal, Costa Rica, etc) mientras que las de HCHs y dieldrin no lo son.

Entre los principales COPs se encuentran los pesticidas organoclorados, que son compuestos orgánicos que contienen en su molécula uno o varios átomos de cloro y que por su carácter biocida son utilizados como fitosanitarios, zosanitarios o incluso sanitarios; se caracterizan por estar ampliamente distribuidos en el medio ambiente y que pueden encontrarse en pequeñas cantidades en el mismo. Conforman un grupo de pesticidas sintéticos desarrollados principalmente para controlar las poblaciones de insectos plaga. Sus usos principales se muestran en la Tabla 1.11. Su origen se remonta a la fabricación del DDT (diclorodifeniltricloroetano) en 1943. Fueron los primeros en emplearse como insecticidas sintéticos, eran los más económicos y eliminaban indiscriminadamente a todos los insectos; fueron los más utilizados y recomendados, consiguiendo un extraordinario aumento de la producción agrícola. A este grupo se les considera los pesticidas menos tóxicos a nivel de efectos agudos, presentando por el contrario una elevada toxicidad crónica. Algunos tienen riesgo de efectos cancerígenos. Estos pesticidas aparecen en el agua, suelo, sedimentos, animales y personas sin importar su uso de origen, ni lugar de donde fueron liberados.

Tabla 1.11. Principales pesticidas organoclorados que requieren control ambiental en sedimentos.

NOMBRE	Nº CAS	USOS
Aldrin	309-00-2	Fitosanitario/Biocida. Se usa principalmente para combatir plagas del suelo y del algodón, en la lucha contra la langosta y para el control de termitas.
DDT	50-29-3	Fitosanitario/Biocida. Uso industrial. Usado extensamente en el pasado para controlar insectos en agricultura e insectos que transmiten enfermedades como la malaria.
DDE	72-55-9	No tiene uso comercial. Producto de degradación de DDT.
DDD	72-54-8	Producto de degradación de DDT. Se usó para matar plagas, pero su uso también se prohibió. Una forma de DDD ha sido usada en medicina para tratar el cáncer de la glándula adrenal.
Dieldrin	60-57-1	Fitosanitario/Biocida. Usados en cultivos de maíz, papas y algodón. También usado para el control de termitas.
Endrin	72-20-8	Fitosanitario/Biocida. Usado principalmente en campos de cosechas de algodón y granos. Se usó como pesticida para controlar insectos, roedores y pájaros.
Endrin ketona	53494-70-5	Producto de degradación de la endrina cuando se expone a altas temperaturas o a la luz.
Endrin aldehído	7421-93-4	Producto de degradación de la endrina cuando se expone a altas temperaturas o a la luz.
Heptacloro	76-44-8	Fitosanitario/Biocida. Usado en el pasado para matar insectos en el hogar, en edificios y en cosechas de alimentos. Desde el año 1988 no se usa para estos propósitos. No existen fuentes naturales. Usado contra insectos de algodón, saltamontes, algunas plagas de cultivos y para combatir el paludismo.
Epóxido de Heptacloro	1024-57-3	No existe fuente natural. No se usó como plaguicida. Las bacterias y los animales degradan al heptacloro para formar el epóxido de heptacloro.
Hexaclorobenceno	118-74-1	Fitosanitario/Biocida para el tratamiento de semillas de trigo, cebolla, sorgo. Se encuentra como impureza en varias formulaciones de plaguicidas. Uso industrial para hacer fuegos artificiales, municiones y caucho sintético. También es un producto industrial secundario.
Alfa-HCH	319-84-6	Isomero de hexaclorociclohexano (HCH). Puede estar presente en forma de vapor o adheridas a pequeñas partículas de tierra o polvo. Actualmente de uso restringido.
Beta-HCH	319-85-7	Isomero de hexaclorociclohexano (HCH). Puede estar presente en forma de vapor o adheridas a pequeñas partículas de tierra o polvo. Actualmente de uso restringido.
Gamma-HCH	58-89-9	Fitosanitario/Biocida. Usado como plaguicida en frutas, hortalizas y plantaciones forestales. Se encuentra en medicamentos para tratar piojos y sarna en el cuerpo. Actualmente de uso restringido.



Delta-HCH	319-86-8	Isomero de hexaclorociclohexano (HCH). Puede estar presente en forma de vapor o adheridas a pequeñas partículas de tierra o polvo. Actualmente de uso restringido.
Alfa-Endosulfán	959-98-8	Fitosanitario/Biocida. Isómero de Endosulfán. Se ha usado en cultivos de numerosas especies vegetales (más de 60) que incluyen plantas alimenticias y no alimenticias, tales como: té, vegetales (lechuga, tomate, alcachofas), frutas (nueces, fresas, peras, uvas), forrajes (alfalfa), tabaco y algodón (US-EPA, 1980b, Coleman y Dolinger, 1982).
Beta-Endosulfán	33213-65-9	Fitosanitario/Biocida. Isómero de Endosulfán. Combate diversos insectos, como los ácaros de los cereales, café, algodón, fruta, semillas oleaginosas, papas y té.
Sulfato de Endosulfán	1031-07-8	Principal producto de degradación del Endosulfán.
Metoxicloro	72-43-5	Fitosanitario/Biocida. Es usado en cultivos agrícolas y para combatir parásitos en animales.

El uso específico de estos pesticidas abarca una amplia variedad de formas: sus mezclas líquidas se pueden pulverizar sobre cultivos o se pueden aplicar en forma de polvo para recubrir semillas o en el almacenaje de granos. Algunos organoclorados se aplican sobre superficies para matar cualquier insecto que se pose en ellas. Por ejemplo, cuando se utilizaba el DDT para el control de mosquitos y la malaria que transmiten, se fumigaba las paredes interiores de las casas. Se emplean algunos pesticidas organoclorados para prevenir plagas en la madera y otros se utilizan en una amplia gama de cultivos. El endosulfán fue registrado en los Estados Unidos en 1954 como un insecticida y acaricida. Todavía se le emplea en ese país para el control de plagas en los cultivos de verduras, frutas, granos, algodón y en árboles, arbustos, enredaderas y otras plantas ornamentales. Al nivel internacional, su uso es muy común en la producción de algodón en África y para el control de plagas en el marañón o anacardo de la India. El lindano es otro de los organoclorados de uso múltiple; es utilizado para proteger las semillas de los cultivos contra los insectos, para el control de plagas forestales, para controlar las garrapatas y otras plagas de las mascotas y los animales de cría, contra las hormigas y otras plagas domésticas. También está presente como el componente activo de muchos champúes y jabones medicados para el control de los piojos y la escabiosis. Actualmente, el uso del lindano está restringido a algunas semillas de granos y se le sigue usando para el

control de los piojos y la escabiosis (con la excepción de algunos países donde estos usos fueron prohibidos recientemente). A nivel internacional, el lindano está prohibido o extremadamente restringido en 40 países.

Muchos de los contaminantes que interesan en el medio marino tienen una baja solubilidad en agua y una alta afinidad por partículas; de esta forma pueden alcanzar el fondo del mar y una vez allí pueden incorporarse a los sedimentos y estos pueden actuar como portadores y posibles fuentes de contaminación. La entrada de contaminantes a la zona marina se puede realizar por diferentes vías: emisarios submarinos, vertidos de aguas residuales, descargas de ríos y aportes atmosféricos. Normalmente el dragado es la actividad que moviliza los contaminantes de los sedimentos. La entrada atmosférica es la fuente dominante al ambiente marino para varias sustancias como mercurio, plomo y COPs. Su cuantificación, especialmente para COPs, tiene grandes incertidumbres. Algunas sustancias tienen un tiempo relativamente corto de residencia en la atmósfera y son depositados en zonas cercanas a sus fuentes, mientras que otros (mercurio, COPs) pueden ser transportados en la atmósfera a nivel global. Aunque las concentraciones de contaminantes en el agua del mar son bajas, los grandes volúmenes transportados hace que los flujos sean grandes, por esto las corrientes oceánicas son muy importantes en la distribución de los contaminantes.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US-EPA) considera a los sedimentos como los contaminantes más comunes en ríos, arroyos, lagos y embalses. Los sedimentos son arena, arcilla, limo y otras partículas sueltas del suelo que se depositan en el fondo de una masa de agua. Pueden provenir de la erosión del suelo o de la descomposición de plantas y animales. El viento, el agua y el hielo pueden transportar estas partículas hasta los ríos, lagos y arroyos. Los sedimentos que el agua de lluvia recoge al escurrirse degradan la calidad del agua para el consumo humano, para la vida silvestre y para el suelo que rodea los arroyos de la siguiente manera:

- Los sedimentos se acumulan en los desagües pluviales y sumideros que transportan el agua lejos de las calles y las viviendas, lo que aumenta el potencial de inundaciones.
- El agua contaminada con sedimentos se torna turbia, lo que impide que los animales puedan ver el alimento.
- El agua turbia impide el crecimiento de vegetación natural en el agua.
- Los sedimentos que se depositan en el lecho de los arroyos alteran la cadena alimenticia natural al destruir el hábitat donde viven los organismos más pequeños y provoca disminuciones masivas de poblaciones de peces.
- Los sedimentos aumentan el costo del tratamiento del agua potable y pueden causar problemas de olor y sabor.
- Los sedimentos pueden obstruir las agallas de los peces, lo que reduce su resistencia a enfermedades, disminuye los índices de crecimiento y afecta el desarrollo de huevos y larvas.
- Los nutrientes transportados por los sedimentos pueden activar a las algas verde azuladas que liberan toxinas y pueden enfermar a los nadadores.
- Los depósitos de sedimentos en los ríos pueden alterar el caudal de agua y reducir la profundidad de la misma, lo que dificulta la navegación y el esparcimiento en el agua.

Aunque la agricultura contribuye en muchas formas a deteriorar la calidad del agua, la sedimentación y erosión antropogénica es un problema mundial que suele estar especialmente asociado a la agricultura. Si bien no hay cifras mundiales, es probable que la agricultura, en sentido amplio, sea la causante de gran parte del aporte mundial de sedimentos a los ríos, lagos, estuarios y, finalmente, a los océanos mundiales. El compartimiento de los sedimentos tiene dos dimensiones principales:

*Dimensión física:* pérdida de la capa arable del suelo y la degradación de la tierra como consecuencia de la erosión laminar y por cárcavas, que dan lugar a niveles excesivos de turbidez en las aguas receptoras y a repercusiones ecológicas y físicas en lugares alejados, los lechos de ríos y lagos, en donde se produjo la deposición.

Dimensión química: la parte de los sedimentos constituida por limo y arcilla (<63 mm) pueden retener contaminantes tóxicos, especialmente COPs, y la mayor parte de los metales, que son retenidos por los sedimentos.

Las estimaciones globales sobre la erosión y el transporte de sedimentos en los grandes ríos del mundo presentan enormes discrepancias, debido a la dificultad de obtener valores fiables de concentración y descarga de sedimentos en muchos países, a la adopción de supuestos diferentes por los distintos investigadores y a los diferentes efectos de una erosión acelerada debida a actividades humanas (deforestación, malas prácticas agrícolas, construcción de carreteras, etc.) con respecto al almacenamiento de sedimentos asociado a la construcción de presas. Milliman y Syvitski (1992) estiman que la carga mundial de sedimentos en los océanos en los años centrales del siglo XX fue de 20.000 millones de toneladas/año, de las que aproximadamente el 30 por ciento procede de ríos de Asia meridional (en particular los ríos Yangtze y Amarillo, de China).

Las partículas en suspensión producen en las aguas altos niveles de turbidez que limitan la penetración de la luz solar en la columna de agua, lo que limita o impide el crecimiento de las algas y de las plantas acuáticas enraizadas. En los ríos que son zonas de desove, los lechos de grava están cubiertos por sedimentos finos que impiden o dificultan el desove de los peces. En ambos casos, el resultado es la perturbación del ecosistema acuático debido a la destrucción del hábitat. A pesar de estos efectos nocivos, el estado hipertrófico (rico en nutrientes) de muchos lagos de aguas poco profundas, sobre todo en los países en desarrollo, daría lugar a un inmenso crecimiento de las algas y plantas enraizadas si no fuera por el efecto limitador de la extinción de la luz debido a la fuerte turbidez. En este sentido, la turbidez puede ser "beneficiosa" en los lagos muy eutrofizados; no obstante, muchos países reconocen que esta situación es perjudicial por razones estéticas y económicas y están buscando los medios de reducir la turbidez y los niveles de nutrientes. Los altos niveles de sedimentación en los ríos dan lugar a la perturbación física de las características hidráulicas del cauce. Ello puede tener graves efectos en la navegación, por la reducción de la profundidad, y favorecer las inundaciones, por la

reducción de la capacidad del flujo de agua en la cuenca de drenaje. Los sedimentos proceden en gran parte de la rápida erosión de las subcuencas como consecuencia de prácticas agrícolas poco acertadas. La contribución de los sedimentos a la contaminación química está vinculada al tamaño de las partículas de los sedimentos y al contenido de carbono orgánico en partículas asociadas con los sedimentos. Se suele considerar que la fracción químicamente activa de un sedimento es la que mide menos de 63  $\mu\text{m}$  (limo + arcilla).

*El papel del sedimento en cuanto contaminante químico está en función de la carga química que es transportada por los sedimentos (FAO, 1997).*

Los productos químicos asociados con los sedimentos ingresan en la cadena alimentaria de diversas maneras. Los sedimentos son ingeridos directamente por los peces; no obstante, más habitualmente los sedimentos finos (en particular, la parte de carbono) constituyen el suministro alimentario de los organismos bénticos (que habitan en el fondo), que, a su vez, sirven de alimento para organismos superiores. En último término, los compuestos tóxicos se acumulan biológicamente en el pescado y otros depredadores superiores. Así pues, los plaguicidas transportados desde la tierra como parte del proceso de escorrentía y erosión se concentran en los depredadores superiores, incluido el hombre a través de la cadena trófica.

Los sedimentos marinos están compuestos de material detrítico de tierra firme y de sustancias extraídas de su disolución en el agua por procesos biológicos o químicos. Hay dos características de importancia en el compartimiento de sedimentos: una es en el tamaño de la partícula del sedimento ( $<63 \mu\text{m}$ ) y otra en su composición (mineralogía). La mayor parte de los sedimentos contienen partículas de distinto tamaño y su mineralogía es variada. La fracción arcilla es la más interesante, puede contener carbonato de calcio de grano fino, pero principalmente está compuesta por minerales de silicatos y óxidos. Los más importantes son los minerales de la arcilla, que son los minerales silicatados formados por meteorización de rocas. Muchos de los contaminantes que interesan en el medio marino tienen una baja solubilidad en agua y una alta afinidad por partículas, de esta forma pueden alcanzar el fondo del

mar y una vez allí pueden incorporarse a los sedimentos marinos. Los sedimentos pueden actuar como portadores y posibles fuentes de contaminación porque los contaminantes no quedan permanentemente retenidos y pueden ser liberados a la columna de agua por cambios en las condiciones ambientales tales como pH, potencial redox, oxígeno disuelto o la presencia de coloides orgánicos (Sigg et al., 1987, Singh et al., 1999).

En el agua dulce en España el Real Decreto 140/2003, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, solo permite un máximo de 0,1 µg/l para la presencia de cualquier pesticida aislado, y hasta 0,5 µg/l para la totalidad de los presentes. Ello obliga a prestar una atención especial a su dinámica en el suelo y su tránsito hacia las aguas. Para conocer las condiciones reales de un sistema en estudio se ha propuesto que el análisis de sedimentos puede ser muy útil en la reconstrucción de la historia de contaminación, debido a que estos registran entre sus capas los contaminantes provenientes de la atmósfera y de la cuenca de drenaje (Auer, et al., 1996). La gran afinidad de los contaminantes por el material particulado fino, permite que estos puedan ser registrados en la columna de sedimento, ya que los COPs tienen una limitada solubilidad en agua y un elevado coeficiente de partición hacia el material en suspensión, existiendo una estrecha relación entre los contaminantes y los niveles de materia orgánica presentes en los sedimentos (Muir et al., 1995; Muir et al., 1996). La persistencia de los compuestos organoclorados en los sedimentos es variable, ya que cada tipo de sedimento es un sistema complejo con características determinadas por su origen, el rango de su tamaño de partícula, el contenido de materia orgánica y materia coloidal, así como el tipo de fauna y flora presentes en el sedimento. Se ha encontrado que la adsorción de DDT en los sedimentos aumenta en función de la cantidad de humus en la materia orgánica contenida en el sedimento (Weber, 1972). En la literatura se reportan estudios realizados sobre el contenido de hidrocarburos organoclorados en sedimentos de áreas agrícolas o sedimentos cercanos a estas áreas (Carey, 1973; Suzuki, 1973); sin embargo hay menos información sobre la concentración de estos compuestos en sedimentos de lagunas, ríos y estuarios.

Muchos de los COPs que se han estudiado tradicionalmente en el medio marino se han dejado de producir o su uso ha sido restringido; sin embargo, todavía existen grandes depósitos de algunos COPs en suelos y sedimentos. Las liberaciones continuas desde tales medios provocan que las concentraciones ambientales disminuyan lentamente. Sin embargo, para la mayoría de los contaminantes, el conocimiento de cómo son movilizados de los sedimentos marinos, especialmente en el océano profundo, es poco claro (UNEP, 1995).

#### **1.4 Criterios para la evaluación ambiental de pesticidas organoclorados en sedimentos.**

La Evaluación de Riesgo Ambiental (ERA) es una técnica nueva que pretende establecer valores de referencia en los diferentes compartimentos ambientales para los contaminantes que afectan a los ecosistemas actualmente, de manera que se puedan identificar escenarios de uso y promover medidas para prevenirlos. En el caso de los sedimentos y los pesticidas organoclorados por una parte se han desarrollado referencias para sedimentos de agua dulce en función del potencial de transferencia del contaminante en el medio acuático y por otra parte referencias para sedimentos marinos, fundamentalmente en función del potencial de bioacumulación y bioacumulación de efectos a través de la cadena trófica.

La ERA se aplica como metodología en los Estados Unidos, US-EPA desde 1998. Los estudios de Riesgo Ambiental tienen por objeto definir si la contaminación existente en un sitio representa un riesgo tanto para el medio ambiente como para la salud humana, así como los niveles de remediación específicos del sitio en función del riesgo aceptable. Los procedimientos de ERA se basan en los criterios de no efecto, en donde se considera que la utilización de los plaguicidas debe regularse, a modo que se evite la aparición de efectos adversos sobre el medio ambiente, considerando la calidad y cantidad de la información disponible, esta evaluación permite establecer los límites de aceptabilidad mediante procedimientos científicos.

El evaluar los efectos permisibles de los pesticidas sobre el medio ambiente, constituye una parte importante en el proceso de regulación de ellos; la valoración de los riesgos ambientales implica una relación entre los niveles esperados de exposición y los efectos sobre una serie de escenarios predeterminados. La exposición de pesticidas, supone la estimación cuantitativa de la concentración que puede alcanzar el pesticida en los diferentes compartimentos a partir de una liberación intencionada al ambiente. La valoración de los efectos se obtiene investigando la presencia y grado de contaminación y analizando los efectos sobre la estructura y función de los ecosistemas.



En este trabajo se ha realizado una revisión de los principales parámetros de calidad de los sedimentos marinos y de agua dulce, que se han clasificado en tres apartados: 1) Estados Unidos (US-EPA)/ Canadá, 2) Unión Europea y 3) otras referencias científico-técnicas. En esta revisión se consideran algunos nombres en inglés, como en sus fuentes originales. Estas guías de calidad se utilizan como criterios para la evaluación ambiental de pesticidas organoclorados en sedimentos.

#### **1.4.1 Referencias de Estados Unidos (US-EPA)/ Canadá**

**US-EPA Region III Biological Technical Assistance Group (BTAG) Screening Benchmarks** (US-EPA, 2006). Son valores que se utilizan para la evaluación de los datos del muestreo. Estos valores facilitan el análisis de los niveles de riesgos ambientales en dicha región III (The Mid-Atlantic Region: Serving Delaware, District of Columbia, Maryland, Pennsylvania, Virginia y West Virginia). Las tablas incluyen los compuestos para los cuales se han establecido valores prueba patrón de sedimentos de agua dulce y marinos. Estos datos se basan en los trabajos “Sediment Quality guidelines for Florida Coastal” y “Development and evaluation of Consensus-Based Sediment” de MacDonald et al., (1996, 2000) y Canadian Environmental Quality Guidelines (1995). La Tabla 1.12 muestra los Screening Values que son utilizados en la determinación preliminar del riesgo en sedimentos marinos y la Tabla 1.13 para sedimentos de agua dulce de pesticidas organoclorados analizados en este trabajo.

Tabla 1.12. Screening Values para sedimentos marinos de la Región 3.

CAS #	SUSTANCIA	SCREENING VALUE (mg/kg)	REF.	NOTA FINAL	BIOACUMULACIÓN
309-00-2	Aldrin			2	B
319-84-6	HCH, alfa	1,36	a,b	1	B
319-85-7	HCH, beta			2	B
319-86-8	HCH,delta			2	B
58-89-9	HCH, gamma (Lindano)	0,00032	C	3	B
72-54-8	DDD	0,00122	C	3	B
72-55-9	DDE	0,00207	C	3	B
50-29-3	DDT	0,00119	C	3	B
	DDT (Total)	0,00389	C	3	
60-57-1	Dieldrin	0,00072	C	3	B
1031-07-8	Endosulfán Sulfate	0,000357	a,b	1	
959-98-8	Alfa-endosulfán			2	B
33213-65-9	Beta-endosulfán			2	B
72-20-8	Endrin	0,00267		4	B
76-44-8	Heptacloro			2	B
1024-57-3	Epóxido de Heptacloro	0,0006	D	4	B
118-74-1	Hexaclorobenceno			2	B
72-43-5	Metoxicloro	0,0296	a,b	1	B

Tabla 1.13. Referencias para la valoración de muestras de sedimentos de agua dulce para la Región 3.

CAS#	SUSTANCIA	FW SED (mg/kg)	REF	NOTA FINAL	BIOACUMULACIÓN
309-00-2	Aldrin	0,002	G	4	B
319-84-6	BHC, alpha	0,006	G		B
319-85-7	BHC, beta	0,005	G		B
319-86-8	BHC, delta	6,4	A,B	1	B
58-89-9	BHC, gamma (Lindane)	0,00237	H		B
72-54-8	DDD (p,p')	0,00488	H		B
72-55-9	DDE	0,00316	H		B
	DDT, total	0,00416	H		B
	DDT/DDE/DDD, total	0,00528	H		B
60-57-1	Dieldrin	0,0019	H		B
959-98-8	Endosulfán I (a-endosulfán)	0,0029	L		B
33213-65-9	Endosulfán II (b-endosulfán)	0,014	L		B
1031-07-8	Endosulfán sulfate	0,0054	L	7	
72-20-8	Endrin	0,00222	H		B
76-44-8	Heptachlor	0,068	F	8	B
1024-57-3	Heptachlor epoxide	0,00247	H		B
118-74-1	Hexachlorobenzene	0,02	G	4	B
72-43-5	Metoxychlor	0,0187	A,B	1	B

Notas de la tablas:

- A. Region III BTAG Marine Screening Benchmarks. 2004.
- B. Karickhoff y Long. 1995.
- C. MacDonald, et al. 1996.
- F. Jones et al., 1997.
- G. Persaud et al., 1993.
- H. MacDonald et al., 2000.
- I. US-EPA. 1996.
- 1. Value derived from the EqP method with Region III marine values (2004a) and logKow values from Karickhoff and Long (1995b). Only logKow values between 2 and 6 were used, as suggested by the US-EPA (2000g).
- 2. Currently no marine sediment value is available. Refer to US-EPA Region 3's Freshwater Sediment Screening Benchmark table for a value.
- 3. Threshold Effect Level.
- 4. Interim Sediment Quality Guideline.

**Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life, CCME 1999.** De Canadian Environmental Quality Guidelines. Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999. Establece valores guía para la protección de vida acuática en sedimentos, entre estos valores se encuentran para los pesticidas organoclorados: *p,p*-DDD, *p,p*-DDE, *p,p*-DDT, dieldrin, endrin, delta-BHC, lindano, epóxido de heptacloro, chlordane y hexaclorobenceno. Las referencias de esta guía son ISQGs “Interim freshwater sediment quality guidelines” (Guía interna de calidad de sedimentos de agua dulce)” y PEL “Probable Effect Levels” (Nivel de Efectos Adversos Probables). Estos valores están desarrollados para proteger los organismos acuáticos que viven en los sedimentos o en contactos con ellos en el fondo de los lagos y de los ríos. Un sedimento de buena calidad proporciona hábitat y alimento para la vida acuática. Muchos productos químicos tóxicos que entran en los lagos y los ríos terminan sobre los sedimentos. Algunas de estas sustancias pueden salir del sedimento, volviendo al agua o incorporando a la cadena alimenticia. Esta guía es una de las reconocidas por la US-EPA y la referencia principal de las instituciones de Estados Unidos y Canadá. En la Tabla 1.14 se presentan los valores guía para pesticidas organoclorados para la calidad de los sedimentos.

Tabla 1.14. Valores canadienses para la calidad de sedimento para la protección de la vida acuática ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

SUSTANCIA	SEDIMENTOS DE AGUA DULCE		SEDIMENTOS MARINOS	
	ISQG	PEL	ISQG	PEL
<i>p,p</i> + <i>o,p'</i> -DDD	3,54	8,51	1,22	7,81
<i>p,p</i> + <i>o,p'</i> -DDE	1,42	6,75	2,07	3,74
<i>p,p</i> + <i>o,p'</i> -DDT	1,19	4,77	1,19	4,77
Dieldrin	2,85	6,67	0,71	4,30
Endrin	2,67	62,4	2,67	62,4
Epóxido de Heptacloro	0,60	2,74	0,60	2,74
Lindano	0,94	1,38	0,32	0,99
Chlordano	4,50	8,87	2,26	4,79

**Florida Sediment Quality Assessment Guidelines (SQAGs).** En 1994, el Departamento de Protección Ambiental de Florida (FDEP) presentó “Numerical Sediment Quality Assessment Guidelines for Florida Coastal Waters”. Estos criterios de calidad para el agua costera del estado de Florida son una de las herramientas principales para proteger ecosistemas costeros, incluyendo el mantenimiento de los mismos en condiciones aceptables. Estos criterios proporcionan las herramientas eficaces para manejar la calidad del agua. Por lo tanto, los valores numéricos de calidad de los sedimentos (SQAGs) son necesarios para tratar la contaminación de ecosistemas costeros de las sustancias que pueden ser asociadas a la cadena alimenticia. El capítulo seis presenta el SQAGs numérico que se ha desarrollado para determinar la calidad de los sedimentos en las aguas costeras de Florida. Los “niveles de efectos tóxicos” TEL (Toxic Effect Level) y los “niveles de efectos probables” PEL (Probable Effect Level) se presentan para 34 sustancias o grupos de sustancias. Existen estos valores para los siguientes pesticidas organoclorados: DDT y sus metabolitos, Dieldrin, Lindano, Epóxido de Heptacloro, Endosulfán y Endrin. La Tabla 1.15 muestra los valores guía.

Tabla 1.15. Resumen de los valores guías de calidad de sedimento aplicables a las aguas costeras de Florida ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

SUSTANCIA	VALORES GUÍAS DE CALIDAD PARA LOS SEDIMENTOS	
	TEL (Toxic Effect Level)	PEL (Probable Effect Level)
Aldrin	ID	ID
p,p'-DDD	1,22	7,81
p,p'-DDE	2,07	374
p,p'-DDT	1,19	4,77
Total DDT	3,89	51,7
Dieldrin	0,715	4,3
Endosulfán	ID	ID
Endrin	ID	ID
Heptacloro	ID	ID
Epóxido de heptacloro	ID	ID
Lindano	0,32	0,99

ID. Datos escasos para derivar valores guías para la calidad de sedimento.

**Guidelines for the protection and management of aquatic sediment quality in Ontario.** Los criterios de calidad para sedimentos del Ministerio de Medio Ambiente de Ontario, en Canadá; han sido publicados como “Guidance For Sediment Quality Evaluations”, en base al trabajo de Persaud et al., (1993) “Guidelines for the protection and management of aquatic sediment quality in Ontario”. Utiliza como parámetros guía: Lowest Effects Level (LEL) y Severe Effects Level (SEL). Los niveles más bajos de efectos (LELs) indican las concentraciones en las cuales un impacto puede comenzar a ocurrir. La flora y fauna de la columna del agua están en riesgo potencial vía “biomagnificación” (toxicidad de la cadena alimenticia) si las concentraciones de pesticidas organoclorados en el sedimento están sobre el LEL. La contaminación a niveles mayores de SEL indica impactos severos a la comunidad béntica en la mayoría de los casos estudiada. Para los compuestos orgánicos no polares (PAHs, pesticidas organoclorados, PCBs), el SEL considera el valor normalizado al 1% de materia orgánica en los sedimentos. Los valores guía se presenta en la Tabla 1.16 y en la Tabla 1.17 los Niveles guías de calidad para sedimentos y su significado.

Tabla 1.16. Guías de calidad de sedimentos para los pesticidas organoclorados ( $\mu\text{g/g}$  peso seco) normalizado al 1% de materia orgánica.

COMPUESTO	NIVEL DE NINGÚN EFECTO	NIVEL MÁS BAJO DE EFECTO (LEL)	NIVEL SEVERO DE EFECTO (SEL)
Aldrin	-	0,002	8
BHC	-	0,003	12
$\alpha$ -BHC	-	0,006	10
$\beta$ -BHC	-	0,005	21
$\gamma$ -BHC	0,0002	(0,003) <sup>b</sup>	(1) <sup>c</sup>
DDT (total)	-	0,007	12
op+pp-DDT	-	0,008	71
pp-DDD	-	0,008	6
pp-DDE	-	0,005	19
Dieldrin	0,0006	0,002	91
Endrin	0,0005	0,003	130
Hexaclorobenceno	0,01	0,02	24
Heptacloro	0,0003	-	-
Epóxido de Heptacloro	-	0,005 <sup>b</sup>	5 <sup>c</sup>

b 10%SLC (Screening Level Concentrations)

c 90% SLC (Screening Level Concentrations)

- Insuficiente data to calculate guideline.

Tabla 1.17. Niveles guías de calidad para sedimentos y su significado.

<b>GUIA NIVEL</b>	<b>CALIDAD DE SEDIMENTO</b>	<b>IMPACTO POTENCIAL</b>
Nivel severo de efecto. <i>Severe Effect Level</i> (SEL)	Altamente contaminado. <i>Grossly Polluted</i>	El uso de sedimentos afecta significativamente a los organismos bénticos.
	Ligeramente- significativamente contaminado <i>Marginally-Significantly Polluted</i>	El uso de los sedimentos afecta a ciertos organismos bénticos.
Nivel más bajo de efecto. <i>Lowest Effect Level</i> (LEL)	Limpio- ligeramente contaminado. <i>Clean-Marginally Polluted</i>	Un nivel de contaminación que puede ser tolerada por la mayoría de los organismos bénticos.
Nivel de ningún efecto. <i>No Effect Level</i>	Limpio <i>Clean</i>	No hay efectos tóxicos en la calidad del agua u organismos bénticos.

**Sediment Quality Guidelines (ERL/ERM) NOAA.** National Oceanographic and Atmospheric Administration (National Status and Trends Program, 1999). Los valores de referencia usados en esta guía son Effects Range Low (ERL) y Effects Range Medium (ERM). Estos dos valores de referencia crean tres rangos de interés: valores debajo de ERL, valores entre ERL y ERM, y valores sobre ERM. ERL (rango bajo de efectos) y ERM (valor medio del rango de efectos) se asocian a efectos biológicos adversos. El NOAA genera valores numéricos para la calidad de sedimento que fueron desarrolladas como herramientas informales, interpretativas para el programa “National Status and Trends” (NS&T). Los valores fueron pensados inicialmente para uso de científicos de NOAA en las áreas que autorizaron estudios más detallados de la presencia real de efectos nocivos tales como toxicidad. También, fueron pensados para el uso de los productos químicos que pudieran ser de preocupación potencial. La Tabla 1.18 muestra los valores guía.

Tabla 1.18. Valores guías NOAA (ng/g, peso seco).

<b>SUSTANCIA</b>	<b>ERL EFFECTS RANGE LOW</b>	<b>ERM EFFECTS RANGE MEDIAN</b>
p,p´-DDE	2,2	27
DDTs	1,58	46,1

**British Columbia Approved Water Quality Guidelines, 2006 Edition.** Ministry of Environment British Columbia, ha publicado recientemente un informe sobre valores aprobados para la calidad del agua: *British Columbia Approved Water Quality Guidelines, 2006 Edition*. Enumera las pautas de la calidad del agua para ciertas sustancias prioritarias y ha sido aprobada para el uso en British Columbia. Presenta dos tablas:

- Table 1: Working Guidelines for the Water Column
- Table 2: Working Guidelines for the Sediment

Estos valores fueron obtenidos del Canadian Sediment Quality Guidelines (Canadian Council of the Ministers of the Environment or CCME) y de otras jurisdicciones norteamericanas. Las tablas presentan el “Lowest Effect Level” (LEL) y el “Severe Effect Level” (SEL). Algunas concentraciones se expresan  $\mu\text{g/g}$  y otras consideran la cantidad de materia orgánica y se expresan en  $\mu\text{g/g}$  de sedimentos que contienen 1% de carb3n orgánico. Los valores expresados como  $\mu\text{g/g}$  se basan en la totalidad del sedimento y no requieren ajuste para el contenido orgánico del carb3n. El ajuste se requieren cuando los valores se expresan en sedimento que contiene 1% de COT. Para los sedimentos con otro contenido de COT (diferente del 1%) el ajuste debe hacerse multiplicando el valor por los % del contenido de COT.

En la Tabla 1.19 se presentan los valores para pesticidas organoclorados, las abreviaturas empleadas en esta tabla son las siguientes:

- SLC Screening Level Concentration
- CoA Co-Occurrence analyses
- AET Apparent Effects Threshold
- EqP Equilibrium Partitioning
- PEL Probable Effect Level
- ISQG Interim Sediment Quality Guideline
- LEL Lowest effect level
- SEL Severe effect level



Tabla 1.19. Valores guías para los sedimentos marinos y de agua dulce (µg/g)

SUBSTANCE	WORKING GUIDELINES (DRY-WEIGHT BASIS)	REFERENCES
Aldrin - freshwater	0,002 LEL based on SLC 0,08 SEL based on SLC. when sediment contains 1% TOC	Jaagumagi, 1992.
Aldrin - marine	0,005 US-EPA chronic marine EqP threshold 0,0001 significantly toxic to <i>R. abronius</i> based on CoA	Long and Morgan, 1990.
BHC-total - freshwater	0,003 LEL based on SLC 0,12 SEL based on SLC when sediment contains 1% TOC	Jaagumagi, 1992.
BHC-alpha - freshwater	0,006 LEL based on SLC 0,10 SEL based on SLC when sediment contains 1% TOC	Jaagumagi, 1992.
BHC-beta - freshwater	0,005 LEL based on SLC 0,21 SEL based on SLC when sediment contains 1% TOC	Jaagumagi, 1992.
- freshwater p,p'-DDD	0,00354 ISQG 0,00851 PEL	Canadian Environmental Quality Guidelines. 2005
- marine p,p'-DDD	0,00122 ISQG 0,00781 PEL	Canadian Environmental Quality Guidelines. 2005.
- freshwater p,p'-DDE	0,00142 ISQG 0,00675 PEL	Canadian Environmental Quality Guidelines. 2005.
- marine p,p'-DDE	0,00207 ISQG 0,374 PEL	Canadian Environmental Quality Guidelines. 2005.
- freshwater & marine total DDT	0,00119 ISQG 0,00477 PEL	Canadian Environmental Quality Guidelines. 2005.
Dieldrin - freshwater	0,00285 ISQG 0,00667 PEL	Canadian Environmental. Quality Guidelines. 2005
Dieldrin - marine	0,00071 ISQG 0,0043 PEL	Canadian Environmental Quality Guidelines. 2005.
Endrin - freshwater & marine	0,00267 ISQG 0,0624 PEL	Canadian Environmental Quality Guidelines. 2005
Heptachlor epoxide - freshwater & marine	0,0006 ISQG 0,00274 PEL	Canadian Environmental Quality Guidelines. 2005
Hexachlorobenzene - freshwater	0,01 no effect level based on EqP 0,02 LEL based on SLC 0,24 SEL when sediment contains 1% TOC	Jaagumagi, 1992
Hexachlorobenzene - marine	0,0038 no adverse effects on biota 0,023 minor adverse effects when sediment contains 1% TOC	Washington State Department of Ecology, 1991.
Hexachlorobenzene - marine	0,23 maximum level for dredge disposal based on AET	Canadian marine environmental quality guidelines.
Lindane-gamma BHC - freshwater	0.00094 ISQG 0.00138 PEL	Canadian Environmental Quality Guidelines. 2005.
Lindane-gamma BHC - marine	0.00032 ISQG 0.00099 PEL	Canadian Environmental Quality Guidelines. 2005.

#### **1.4.2 Unión Europea (Holanda)**

**Holanda.** El Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment de Holanda (2000) mediante “Environmental quality standards” establece la Concentración Máxima Permisible (MPC) y Target Value como estándares de calidad ambiental para el agua, los sedimentos y el suelo en los Países Bajos para metales, sustancias orgánicas y otros contaminantes. El MPC se define como la concentración de elemento presente en el medioambiente a partir de la cual se producen efectos adversos inadmisibles sobre los que es necesario actuar y Target Value son concentraciones por debajo de la cual los efectos son despreciables. El MPCs considera que las sustancias están distribuidas entre los diversos compartimientos ambientales, y por consiguiente se armoniza en todos los compartimientos. Cuando la concentración ambiental de una sustancia excede su MPC es considerada un peligro de contaminación. El MPC es un límite derivado del riesgo ambiental. La Tabla 1.20 con los valores guía (10% de materia orgánica) se presenta a continuación:

Tabla 1.20. Concentración Máxima Permisible (MPC) y Target Value para sedimentos ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )

<b>SUSTANCIA</b>	<b>TARGET VALUE</b>	<b>MPC</b>
Aldrin	0,06	6
Dieldrin	0,5	450
Endrin	0,04	4
DDT	0,09	9
DDD	0,02	2
DDE	0,01	1
Alfa-endosulfán	0,01	1
Alfa-HCH	3	290
Beta-HCH	9	920
Gamma-HCH (lindano)	0,05	230
Epóxido de heptacloro	0,0002	0,02
Clordane	0,03	3

**Guidelines for the Risk Assessment of Contaminated Sites. Noruega.** Norwegian Pollution Control Authority ha establecido unos valores de riesgo de sitios contaminados en referencia al uso de suelo. Los valores representan un avance y suplemento del SFT-informe 97:01 Gestión del Suelo Contaminado. La necesidad de medidas remediadoras para los sitios contaminados se determinan de acuerdo con el riesgo que representa para los seres humanos y el ambiente. Este manual de riesgo de sitios contaminados es el resultado de un proyecto comisionado por SFT con la ayuda del consejo de investigación noruego con su programa de suelo contaminado (GRUF). En la Tabla 1.21 se muestran los valores de calidad para suelos en Noruega. Los valores están establecidos para 42 sustancias entre ellas metales, pesticidas organoclorados, hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos alifáticos y aditivos para gasolinas y productos de aceite.

Tabla 1.21. Valores para la calidad del suelo (Guidelines for the Risk Assessment of Contaminated Sites, 1999)

SUSTANCIA QUIMICA	VALOR PARA LA CALIDAD DE SUELO (mg/kg)
Lindano	0,001
DDT	0,04
Hexaclorobenceno	0,03

#### 1.4.3 Otras Referencias Científico-Técnicas.

**Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems. Archives of Environmental Contamination and Toxicology.** (MacDonald et al., 2000) compara varios SQGs previamente elaborados y publica “Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems”, desarrollando el Consensus Probable Effect Concentration (PEC) para 28 productos químicos de preocupación ambiental para sedimentos de agua dulce y marinos (metales, hidrocarburos aromáticos policíclicos, PBCs y pesticidas). Este documento comparó SQGs existentes para determinados productos químicos y los evaluó para determinar su aplicabilidad. Los valores del

consenso SQG se han desarrollado para la “Threshold Effect Concentration” (TEC), valor que identifica la concentración umbral de un contaminante para la que no se identifican efectos severos, y “Probable Effect Concentration” (PEC), valor que representa las concentraciones de los contaminantes en las cuales son probables efectos severos en el medio ambiente. Numerosos artículos han citado esta referencia para la evaluación del riesgo ambiental de contaminantes en sedimentos de agua dulce a partir del 2000. En la Tabla 1.22 se muestran los valores guías.

Tabla 1.22. Valores consenso guías para la calidad de los sedimentos ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  peso seco).

<b>SUSTANCIA</b>	<b>TEC THRESHOLD EFFECT CONCENTRATIONS</b>	<b>PEC PROBABLE EFFECT CONCENTRATIONS</b>
Dieldrin	1,90	61,8
DDD	4,88	28,0
DDE	3,16	31,3
DDT	4,16	62,9
Total DDT	5,28	572
Endrin	2,22	207
Epóxido de heptacloro	2,47	16,0
Lindano (gamma-BHC)	2,37	4,99

**Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality** (National Water Quality Management Strategy, 2000). Estos valores para la calidad de sedimento pueden servir para identificar los sitios contaminados y merecedores de protección. Los valores guías recomendados se consideran como valores Guía Internos para la Calidad de Sedimento (ISQG) y los valores bajos y altos corresponden a los efectos rango bajo (ISQG-Low) y punto medio (ISQG-High) usados en el listado de NOAA. Las principales características de este documento son: Gestión del agua, por cooperación, no confrontación; establecer un marco nacional-convenido para la gestión de la calidad del agua. Las guías para los ecosistemas acuáticos comprenden unos valores integrados de agua y sedimentos, gestión integrada con criterios biológicos, uso de los sitios de referencia y de los datos locales con efectos biológicos, los valores se adaptan para diversos tipos de ecosistema, los valores ofrecen tres diversos niveles de protección y los riesgos son

basados en decisiones integradas (risk-based decision-trees) que pueden reducir costes. Los valores están ampliados para las industrias primarias: un punto importante en sistemas agrícolas sostenibles, guías que mantienen productividad y reducen al mínimo el escape de contaminantes potenciales y, por primera vez, establece para las industrias de acuicultura y para los consumidores humanos de alimentos acuáticos. Los valores para pesticidas organoclorados se muestran en la Tabla 1.23.

Tabla 1.23. Valores recomendados para la calidad de sedimentos ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  peso seco).

CONTAMINANTE	ISQG-LOW	ISQG-HIGH
Total DDT	1,6	46
p,p'-DDE	2,2	27
o,p'- + p,p'-DDD	2,0	20
Dieldrin	0,02	8
Endrin	0,02	8
Lindane	0,32	1

**OSPAR Commission 2006. Assessment criteria.** Para cumplir los objetivos de la estrategia de las sustancias peligrosas de OSPAR con respecto a las concentraciones en el ambiente marino ha establecido Background Concentrations (BCs), Background Assessment Criteria (BACs), y Environmental Assessment Criteria (EACs). BCs se utilizan para determinar si las concentraciones en el ambiente marino están en, o acercándose, a los niveles base para sustancias naturales y cerca de cero para las sustancias artificiales, BACs son valores preventivos y EACs se utilizan para identificar los motivos de preocupación potenciales e indicar qué sustancias se podrían considerar como prioridad. Estos valores no deben ser utilizados como estándares firmes o como eficaces para la acción remediadora. EACs supervisa datos y/o articula los efectos químicos/biológicos de datos de efectos monitoreados y se basan en las pruebas de toxicidad de las sustancias. Estos valores se relacionan particularmente con los argumentos de si hay respuestas biológicas involuntarias/inaceptables, o niveles involuntarios/inaceptables de tales respuestas causadas por la exposición a sustancias peligrosas, se muestran en la Tabla 1.24.

Tabla 1.24. Background Concentrations (BCs), Background Assessment Criteria (BACs), y Environmental Assessment Criteria (EACs) para pesticidas organoclorados.

SUSTANCIA	SEDIMENTOS ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ peso seco normalizado a 2,5% carbono)		
	BC	BAC	EAC
DDE	-	-	0,5- 5
Dieldrin	-	-	0,5 – 5
Lindane	-	-	

Los principales parámetros de las referencias descritas para la calidad de los sedimentos se resumen en la Tabla 1.25.

Tabla 1.25. Principales parámetros de las referencias para la calidad de sedimentos.

REFERENCIA		EFECTO	MINIMO	MEDIO	SEVERO
USA	Marinos	Región 111		BM	
		Florida	TEL	PEL	
		NOAA	ERL	ERM	
	De agua dulce	Región 111		BM	
		NOAA	ERL	ERM	
Canadá	Marinos	Notario	LEL	PEL	SEL
		British Columbia	LEL		SEL
		Ministry	ISQG	PEL	
	De agua dulce	British Columbia	LEL		SEL
		Ministry	ISQG	PEL	
Holanda	Marinos	Ministry			MPC
Noruega	Marinos	Instituto Geotécnico Noruego		Quality Value	
McDonald et al., 2000	Marinos	Consensus Based	TEC	PEC	
	De agua dulce		TEC	PEC	
Australia New Zelanda	Marinos	National Water Quality	ISQG-Low		ISQG-High
OSPAR	Marinos	Assessment criteria		EAC	

## 1.5 Objetivos

Como se ha explicado existe una preocupación internacional (Convenio de Rotterdam, 2001, y Convenio de Estocolmo, 2006) en controlar el riesgo ambiental derivado del uso de sustancias químicas peligrosas. Los principales riesgos ambientales son la toxicidad de algunas sustancias (fitosanitarios), así como su persistencia y bioacumulación. En este contexto, la fabricación y uso de algunos fitosanitarios ha conducido a comprobar que la inconveniencia derivada de toxicidad, persistencia y bioacumulación ha superado a las ventajas que presentó su aplicación. Es por ello que se ha introducido un control concertado de Registro, Evaluación, Autorización y en su caso Sustitución de los mismos.

Actualmente los compuestos de la Tabla 1.26 están sometidos a algún tipo de restricción legal Internacional, a nivel de la Unión Europea o Nacional en México.

Tabla 1.26. Pesticidas organoclorados estudiados en este trabajo.

PESTICIDAS	UE / MÉXICO	UE	MÉXICO
	CONVENIO INTERNACIONALES		
Alfa-HCH	Rotterdam, LRTAP	OSPAR	-
Beta-HCH	Rotterdam, LRTAP	OSPAR	-
Delta-HCH	Rotterdam, LRTAP	OSPAR	RETC
Gamma-HCH	Rotterdam, LRTAP	OSPAR	-
4,4'-DDD	Rotterdam, Estocolmo, LRTAP	OSPAR	RETC
4,4'-DDE	Rotterdam, Estocolmo, LRTAP	OSPAR	RETC
4,4'-DDT	Rotterdam, Estocolmo, LRTAP	OSPAR	RETC
Aldrin	Rotterdam, Estocolmo, LRTAP	OSPAR	RETC
Dieldrin	Rotterdam, Estocolmo, LRTAP	OSPAR	-
Endrin	Estocolmo, LRTAP	OSPAR	RETC
Endrin Keton	-	-	-
Heptacloro	Róterdam, Estocolmo		RETC
Hexaclorobenceno	Estocolmo, LRTAP	OSPAR	
Alfa-Endosulfán	-	OSPAR	RETC
Endosulfán sulfato	-	OSPAR	RETC
Beta-Endosulfán	-	OSPAR	RETC
Endrin aldehído	-	-	-
Epóxido de heptacloro	-	-	-
Metoxyclo	-	-	-

LRTAP. Convención sobre Transporte Transfronterizo de Contaminantes atmosféricos (1979).

RETC. Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (1997).

Por ello y teniendo en cuenta la necesidad de evaluar la evolución de estas sustancias en el Medio Ambiente, los objetivos de este trabajo son evaluar la presencia de pesticidas organoclorados en los sedimentos de los ríos Madre Vieja y Ulapa y de la Laguna de Chantuto (Chiapas, México) y en la Bahía de Santander (Cantabria, España) mediante el siguiente desarrollo experimental:

- Selección de los sitios de muestreo de sedimentos y toma de muestras en un ciclo estacional.
- Caracterización fisicoquímica de los sedimentos.
- Análisis de pesticidas organoclorados de los sedimentos.
- Comparación de resultados por áreas geográficas: América, África, Asia, Europa y Oceanía.
- Evaluación ambiental de la presencia mediante criterios internacionales de calidad de sedimentos.



## 1.6. Referencias del capítulo uno

- Alegria, H., Bidleman, F., y Figueroa, S., 2006. Organochlorine pesticides in the ambient air of Chiapas, Mexico. *Environ Poll* 140, 483-491.
- Allsopp, M. y Erry, B., 2000. POPs in Latin America: A review of persistent organic pollutant levels in Latin America. Greenpeace Research Laboratories, Department of Biological Sciences, University of Exeter, 1-73.
- Auer, T., Johnson, A., Penn, R., y Effler, S., 1996. Pollutant sources, depositional environment, and the surficial sediments of Onondaga Lake, New York. *J Environ Quality* , 25, 46-55.
- Barriada, M., González, J., Muniategui, S., López, P., Prada, D., y Fernández, E., 2005. Organochlorine pesticides accumulation and degradation products in vegetation samples of a contaminated area in Galicia (NW Spain) . *Chemosphere* 58, 1571-1578.
- Bejarano F., 2000. Amenaza Global. Cuaderno ciudadano sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, RAPAM. Primera edición. México.
- Berglund, F., 1971. Methylmercury in Fish, a Toxicologic-Epidemiologic Evaluation of Risks. *Nord. Hyg. Tidskr. Supplement* 4.
- British Columbia Water Quality Guidelines, 2006 Edition. Ministry of Environment. [www.env.gov.bc.ca/wat/wq/BCguidelines/working.html](http://www.env.gov.bc.ca/wat/wq/BCguidelines/working.html)
- Canadian Environmental Quality Guidelines, 1999. Canadian Council of Ministers of the Environment. [www.ccme.ca/assets/pdf/sedqg\\_protocol.pdf](http://www.ccme.ca/assets/pdf/sedqg_protocol.pdf)
- Carey, E., Wiersma, G., Tai, H., y Mitchel, W., 1973. Pesticides in soil. *Pesticides Monitoring J* 6, 369-376.
- Catálogo Oficial de Plaguicidas, 1995. Comisión Intersecretarial para el Control y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST), México.
- Charles R., 2004. Modelling pesticides residues. PhD Thesis: Section Science et Ingénierie de l'Environnement, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Suiza.
- CICOPLAFEST, 2004. [www.sagarpa.gob.mx/cicoplafest/](http://www.sagarpa.gob.mx/cicoplafest/)
- COM, 2007/0128 final, 2007. Commission communication. Hacia una gestión sostenible del agua en la Unión Europea.
- COM, 2006/373 final, 2006. Commission communication. A thematic strategy on the sustainable use of pesticides.
- COM, 2006/745 final, 2006. Commission communication. Propuesta de reglamento del parlamento europeo y del consejo.
- COM, 2005/504, 2005. Estrategia temática sobre la protección y la conservación del medio ambiente marino.

- COM, 2002/0349 final, 2002. Commission communication. Towards a thematic strategy on the sustainable use of pesticides.
- Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), 2001. Ginebra/Nairobi. [www.pops.int/](http://www.pops.int/)
- Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP), 1979. United Nations Economic Commission for Europe, Geneva, Switzerland.
- Coleman, F. and Dolinger, M., 1982. Endosulfán monograph number four: Environmental health evaluations of California restricted pesticides. Department of Pesticide Regulation. Sacramento, CA.
- Directiva 2000/60/CE, 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- Directiva 91/689/CEE, 1991, relativa a los residuos peligrosos.
- Directiva 96/61/CE, 1996, relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación.
- Directiva 98/8/CE, 1998. Relativa a la comercialización de biocidas.
- Dutch Environment Ministry 2000 Circular on target values and intervention values for soil remediation , DBO/1999226863. The Netherlands Government Gazette 39.
- Encina, F., y Díaz, O., 2001. Contaminación, estimación del riesgo ecológico y protección asociado de algas bentónicas marinas, en: Sustentabilidad Ambiental. Universidad de Concepción, 336-357.
- E-PRTR, 2006. [www.ec.europa.eu/environment/ippc/eper/pdf/es\\_prtr.pdf](http://www.ec.europa.eu/environment/ippc/eper/pdf/es_prtr.pdf)
- FAO, 2002. Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas. México.
- FDEP. Florida Department of Environmental Protection, 2000. Florida program summary. [www.dep.state.fl.us/dwm/documents/sediment](http://www.dep.state.fl.us/dwm/documents/sediment)
- Florida Sediment Quality Assessment Guidelines (SQAGs), 1994. Florida Department of Environmental Protection.
- Guidelines for the protection and management of aquatic sediment quality in Ontario, 1999. National oceanographic and Atmospheric administration. National Status and Trends Program in the US.
- Guidelines for the risk assessment of contaminated sites TA-1691/1999. Norwegian pollution. Control authority. Report 99:06
- Jaagumagi R. 1992. Guidelines for the protection and management of aquatic sediment quality in Ontario. Ontario Ministry of the Environment. Toronto, Canadá.

- Jones, S., Suter, W., y Hull, R., 1997. Toxicological benchmarks for screening contaminants of potential concern for effects on sediment-associated biota. Revision ES/ER/TM-95/R4. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN.
- IPCS, 1995. International Programme on Chemical Safety. [www.chem.unep.ch/pops/ritter/ritter.htm](http://www.chem.unep.ch/pops/ritter/ritter.htm)
- ISO 14040:1998. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco.
- Izurieta, J., Gomez, M., Evans, B., y Mijangos, M., 2001. Evaluación de la contaminación difusa en la cuenca del Río Aplataco. ANEI, A.C. México.
- Lewis, A., Scott, I., Bearden, W., Quarles, L., Moore, J., Strozier, D., Sivertsen, K., y Sanders, M., 2002. Fish tissue quality in near coastal areas of the Gulf of Mexico receiving point source discharges. *Sci Total Environ* 284, 249-261.
- Long, R., y Morgan, L., 1990. The potential for biological effects of sediment-sorbed contaminants tested in the National Status and Trends Program. Seattle: Coastal and Estuarine Assessment Branch, NOAA. NOAA Technical Memorandum NOS OMA52
- Losada, A., Fernández, N., Diez, J., Teran, T., García, J., Sierra, M., 1996. Organochlorine pesticide residues in bovine milk from León (Spain). *Sci Total Environ* 181, 133-135.
- MacDonald, D., Carr, R., Calder, F., Long, E., y Ingersoll, C., 1996. Development and evaluation of sediment quality guidelines for Florida coastal waters. *Ecotoxicology* 5, 253-278.
- MacDonald, D., Ingersoll, C. y Berger, T., 2000. Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems. *Arch Environ Contam Toxicol* 39, 20-31.
- Milliman, D., y Syvitski, M., 1992. Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers. *J Geology* 100, 525-544.
- Molina, C., Falcón, M., Barba, A., Camara, M., Oliva, J., y Luna, A., 2005. HCH and DDT residues in human fat in the population of Murcia (Spain). *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 12, 133-136.
- Muir, G., Grift, P., Lockhart, L., Wilkinson, P., Billeck, N., y Brunskill, J., 1995. Spatial trends and historical profiles of organochlorine pesticides in Arctic lake sediments. *Science of the Total Environment* 164, 241-241.
- Muir, G., Omelchenko, A., Grift, P., Savoie, A., Lockhart, L., Wilkinson, P., y Brunskill, J., 1996. Spatial trends and historical deposition of polychlorinated biphenyls in Canadian midlatitude and Arctic Lake sediments. *Environ Sci Technol* 30, 3609-3617.
- Navarro, S., Barba, A., Cámara, M., y Navarro, S., 1992. Persistencia de los plaguicidas en los suelos, agrícolas procesos y factores condicionantes. Universidad de Murcia. Editorial Sucesores de Nogues. España.

- National water quality management strategy, 2000. Australian and New Zealand Environment and Conservation Council. Agriculture and Resource Management. Strategy Paper 4, 1.
- Normas Oficiales Mexicanas. [www.economia-noms.gob.mx/](http://www.economia-noms.gob.mx/)
- NOAA, 1999. National Status and Trends Program. Sediment Quality Guidelines. [www.specialprojects.nos.noaa.gov/](http://www.specialprojects.nos.noaa.gov/)
- Ortega, R., y Rodríguez, I., 1994. Manual de Gestión del Medio Ambiente. Editorial Mapfre. España.
- OSPAR Commission, 2006. Overview of OSPAR Assessment 1998-2006.
- Papale, S., 2003. Plaguicidas ¿Venenos útiles?. Fundación Nueva Tierra. Eco Portal: Net. El Directorio Ecológico y natural. [www./ecoportal.net/](http://www./ecoportal.net/)
- Pardío, T., Waliszewski, N., Landín, A., y Bautista, G., 2003. Organochlorine pesticide residues in cow's milk from a tropical region of Mexico. Food Additives and Contaminants 20, 259-269.
- Persaud, D., Jaagumagi, R., y Hayton, A., 1993. Guidelines for the protection and management of aquatic sediment quality in Ontario. Ontario Ministry of the Environment, Water Resources Branch, Toronto.
- Prior Informed Consent Agreement, 1998. Procedure for Certain Hazardous Chemicals and Pesticides in International Trade. [www.fco.gov.uk/Files/kfile/CM%206119.pdf](http://www.fco.gov.uk/Files/kfile/CM%206119.pdf)
- RAPAM, 1994. Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México. United Nations Dept for Policy Coordination and Sustainable Development, 5.
- Real Decreto 3349/1983, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico Sanitaria para fabricación, comercialización y utilización de plaguicidas. España.
- Real Decreto 1054/2002, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas. España.
- Real Decreto 1555/2004, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Sanidad y Consumo. España.
- Real Decreto 140/2003, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. España.
- Reglamento (CE) No 850/2004 sobre contaminantes orgánicos persistentes y por el que se modifica la Directiva 79/117/CEE
- Reglamento (CE) No 178/2006 para establecer el anexo I que incluye la lista de alimentos y piensos a los que se aplican contenidos máximos de residuos de plaguicidas
- Reglamento REACH (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo (2006).
- Regulation (EC) 166/2006 concerning the establishment of a European Pollutant Release and Transfer Register and amending Council Directives 91/689/EEC and 96/61/EC.

- Rogan, J., 1982. PCBs and cola-colored babies: Japan, 1968, and Taiwan, 1979. *Teratology* 26, 259-261.
- Rozas, M., 1995. Plaguicidas en Chile, la guerra química y sus víctimas. Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales. Instituto de Ecología Política.
- Sahagún, M., Terán, T., García, J., Sierra, M., Fernández, N., y Diez, J., 1998. Organochlorine pesticide residues in muscle tissue of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, taken from four fish farms in Leon, Spain. *Food Additives and Contaminants* 15, 501-505.
- SAICM, 2006. Strategic Approach to International Chemicals Management. [www.chem.unep.ch/saicm/](http://www.chem.unep.ch/saicm/)
- Sigg, L., Sturm, M., y Kistler, D., 1987. Vertical transport of heavy metals by settling particles in Lake Zurich. *Limno Oceanogr* 32, 112-130.
- Singh, A., Hasnain, I., y Banerjee, D., 1999. Grain size and geochemical partitioning of heavy metals in sediments of the Damodar Rier a tributary of the lower Ganga, India. *Environ Geology* 39, 90-98.
- Smith, D., 1999. Worldwide trends in DDT levels in human breast milk. *Int J. Epidemiol* 28, 179-188.
- Suárez, A., Terán, T., García, J., Sierra, M., Fernández, N., y Diez, J., 1998. Organochlorine pesticide residues in cheeses from Leon, Spain. *Toxicol Environ Chem* 67, 323-332.
- Suzuki, M., y Yamamoto, A., 1973. Multiple organochlorine pesticide residues in Japan. *Bull Env Contam Toxicol* 10, 145-150.
- Tellez, V., 2002. Propuesta metodológica para determinar áreas de influencia de fuentes contaminantes de recursos hídricos mediante la aplicación del sistema de Información geográfica en la IX Región. Proyecto para optar al grado de licenciado en medicina veterinaria. Universidad Mayor, Santiago, Chile.
- Torres, L., López, L., Torres, L., Cebrián, M., Rueda, C., Reyes, R., y López, M., 1999. Levels of dichloro-dyphenyl-trichloroethane (DDT) metabolites in maternal milk and their determinant factors. *Archives of Environ Health* 54, 124-129.
- UNEP, 1995. Consideration of global measures on persistent organic pollutants (POPs). UNEP/ICL/1/INF 3. N 95-5040. United Nations Economic Commission for Europe, 2000
- US-EPA, 1996. Eco Update: Ecotox Thresholds. Office of Solid Waste and Emergency Response. Washington, D.C. EPA 540/ F95/038.
- US-EPA, 1998. Guidelines for Ecological Risk Assessment. EPA/630/R-95/002F. Risk Assessment Forum, Washington, DC
- US-EPA, 2004. Lindane RED Facts. [www.epa.gov/opsird1/REDs/factsheets/lindane\\_fs.htm](http://www.epa.gov/opsird1/REDs/factsheets/lindane_fs.htm).

- US-EPA, 2006. Region III BTAG Marine Screening Benchmarks. [www.epa.gov/reg3hwmd/risk/eco/index.htm](http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/eco/index.htm)
- Yen, Y., Lan, J., Ko, C., y Chen, J., 1989. Follow-up study of reproductive hazards of multiparous women consuming PCBs-contaminated rice oil in Taiwan. *Bull Environ Contamination Toxicol* 43, 647-655.
- Wania, F., y Mackay, D., 1993. Global fractionation and cold condensation of low volatility organochlorine compounds in polar regions. *Ambio* 22, 10-18.
- Wania, F. y Mackay, D., 1996. Tracking the distribution of persistent organic pollutants. *Environ Sci Technol*, 30, 390-396.
- Waliszewski, M., Villalobos, R., Gómez, S., y Infanzón, M. 2003a. Persistent organochlorine pesticide levels in cow's milk samples from tropical regions of Mexico. *Food Additives and Contaminants* 20, 270-275
- Waliszewski, M., Villalobos, R., Gómez, S., y Infanzón, M., 2003b. Persistent organochlorine pesticides in Mexican butter. *Food Additives and Contaminants* 20, 361-367.
- Washington Declaration on Protection of the Marine Environment and Land Based Activities Agreement, 1994.
- Weber, J., 1972. Interaction of Organic Pesticides with Particulate Matter in Aquatic and Soil Systems. *Advances in Chemistry Series* 111, 55-120.
- Weidema, B., y Meeusen, M., 2000. Agricultural data for life cycle assessments. *Agricultural Economics Research Institute, The Hague*, 2, 64-79.