

# La situación del lindano en México

MONTSERRAT AVALOS GÓMEZ Y  
JESÚS RAMÍREZ GUTIÉRREZ



## INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de un gran número de insecticidas organoclorados ha sido suspendida drásticamente en los últimos años debido a sus características ahora bien conocidas de bioacumulación, persistencia y toxicidad tanto para el medio ambiente como para los seres humanos. De esta manera se han tomado medidas en varios países para eliminar o reducir el uso de sustancias como el DDT, clordano, aldrín, diel-

drín; sin embargo aún existen muchas otras sustancias que siguen utilizándose como ingredientes activos de varios productos para el control de plagas, tal es el caso del lindano.

El lindano es un plaguicida organoclorado que aún tiene un uso extenso tanto en países en vías de desarrollo como en naciones industrializadas. No ha sido sino hasta años recientes, que este plaguicida

ha cobrado interés a nivel mundial debido a que es una de las sustancias que se transporta a grandes distancias, hacia las zonas polares como el Ártico, en donde se ha encontrado en el ambiente y animales a pesar de que nunca han sido utilizadas o producidas en esas regiones. Por ello la comunidad internacional ha sugerido, en diversas ocasiones, que se tomen acciones globales para reducir o eliminar su liberación al ambiente.

En México se han iniciado acciones con respecto a esta sustancia, a través de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA), mediante el acuerdo de elaboración de un Plan de Acción Regional de América del Norte (PARAN) sobre el lindano. Con este Plan de Acción se pretende reducir la exposición humana y ambiental a esta sustancia.

En este artículo se plantea la situación del lindano en México, incluyendo una descripción de sus principales usos y aplicaciones; los riesgos ambientales y a la salud humana asociados a su manejo .

## ANTECEDENTES

El lindano es uno de los isómeros del hexaclorociclohexano (HCH), molécula que fue sintetizada por primera vez en el año de 1825. Casi un siglo después, en 1912, Van Der Linden consiguió aislar los isómeros  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  y  $\delta$  a partir de la mezcla del HCH técnico. Fue en 1943 cuando se determinó que el principal elemento activo del HCH técnico era el isómero  $\gamma$  (g) del HCH o lindano. Las propiedades tóxicas de este isómero fueron comprobado por Van Der Linden, derivándose de ahí su nombre.

Alrededor de 1950 dio inicio el uso masivo del lindano como insecticida en la agricultura y en 1972 comenzaron a presentarse los primeros problemas ambientales por el mal manejo de este producto. Se encontró contaminación en suelo y agua, tanto subterránea como superficial a lo largo de toda Europa

cerca de los puntos de producción de esta sustancia. Esto ocasionó que en años posteriores dejara de producirse lindano en algunos países Europeos así como también en los Estados Unidos de América. Aunque en México no se produce la molécula de lindano, se sigue importando para la formulación de productos usados en cultivos e instalaciones pecuarias.

En el Catálogo Oficial de Plaguicidas, publicado en 1998 en México por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST), se señala que el lindano es un plaguicida de uso restringido en México por su alto índice de persistencia y gran movilidad en el ambiente.

## ESTRUCTURA Y PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

La fórmula química del lindano es  $C_6H_6Cl_6$ . Es un sólido blanco cristalino, estable en contacto con la luz, calor, aire, bióxido de carbono y ácidos fuertes. En el cuadro 1 se muestran sus propiedades físico químicas.

CUADRO 1. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL LINDANO

Número CAS	58-89-9
Peso molecular	290.83 g/ mol
Punto de fusión	112.5 °C
Punto de ebullición	323.4 °C
Presión de vapor	$3.83 \times 10^{-3}$ Pa
Solubilidad en el agua	$2.57 \times 10^{-2}$ mol/m <sup>3</sup>
Constante de Henry (H)	0.149 Pa m <sup>3</sup> /mol

El lindano es un compuesto lipofílico (se adhiere a tejidos adiposos) con un coeficiente de partición de Log Kow 3.5, lo que significa que tiene capacidad para bioacumularse en los organismos.

## ECOTOXICOLOGÍA DEL LINDANO

El lindano es altamente persistente en el ambiente, concentrándose en agua, aire, suelo y sedimentos, donde puede contaminar a los organismos expuestos, bioacumularse en los tejidos grasos y bioconcentrarse a través de la cadena alimenticia.

Las principales rutas de exposición de la población en general al lindano, son como la de otros compuestos organoclorados, a través de la ingestión de alimentos (plantas, animales y agua contaminada), demostrado por una importante relación entre el consumo de carne y pescado y de concentraciones de lindano en leche materna y grasa corporal.

Debido a que el lindano tiene un uso extensivo en el sector agrícola, pecuario e inclusive en el de la salud humana, no es difícil imaginar que los humanos, animales y ecosistemas en general, se encuentren expuestos a este producto por su uso tan generalizado. Por lo anterior, es importante tener conocimiento de la ecotoxicidad del lindano y de sus efectos negativos. Aunque en México existe escasa evidencia de los efectos potenciales del plaguicida en el medio ambiente, la documentación científica indica que esta sustancia puede bioacumularse en la cadena alimenticia en microorganismos, invertebrados, peces, aves y finalmente en seres humanos. Sin embargo, el lindano puede eliminarse lentamente de los organismos por medio de las heces, orina y leche materna durante la lactancia.

La toxicidad aguda del lindano ha sido estudiada en diversas especies de animales usando varias rutas de administración. Este plaguicida presenta una toxicidad de moderada a alta en animales utilizados para pruebas de laboratorio. Un ejemplo de ello es el siguiente estudio donde se considera al lindano moderadamente tóxico para diferentes especies de aves, con una dosis letal del cincuenta por ciento ( $DL_{50}$ ) reportada de más de 2,000 mg/kg en el pato silvestre (*Anas platyrhynchos*); esto significa que la mitad de

la población estudiada murió al suministrarle lindano a una dosis de 2,000 mg/kg. También se ha demostrado que las aves expuestas a este plaguicida presentan una producción reducida de huevos y un adelgazamiento del cascarón en aquellos que llegan a producirse. Por ser un compuesto lipofílico, el lindano es almacenado en la grasa de las aves (<http://ace.orst.edu/info/extoxnet/pips/lindane.htm>).

En cuanto a los efectos sobre organismos acuáticos, el lindano resulta ser de moderado a altamente tóxico para algunas especies de peces e invertebrados acuáticos. Los valores reportados para la concentración letal media ( $CL_{50}$ ), a la que se expusieron algunos organismos como la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) durante un período de 96 horas, alcanzaron rangos de 1.7 a 90 mg/l; esto significa que a esta concentración la mitad de la población de truchas muere al exponerse al lindano (<http://ace.orst.edu/info/extoxnet/pips/lindane.htm>).

El valor de la  $CL_{50}$  en 96 horas reportada para la pulga de agua (*Daphnia magna*) fue de 460 mg/l y para el caso de abejas (*Apis mellifera*), el lindano es altamente tóxico (<http://ace.orst.edu/info/extoxnet/pips/lindane.htm>).

## DINÁMICA Y DISTRIBUCIÓN DEL LINDANO EN EL AMBIENTE

Se han realizado diferentes experimentos a nivel de laboratorio para entender el comportamiento y dinámica del lindano en el ambiente, obteniendo resultados que ayudan a comprender su ciclo de vida. Sin embargo, estos resultados pueden diferir de algunos trabajos realizados en campo.

El destino y los efectos de los plaguicidas en el ambiente dependen de muchos factores, entre ellos: de las características y concentración del plaguicida; del tipo, número de fuentes de emisiones y su frecuencia de aporte; de la dinámica del área y de las características de los ecosistemas y organismos expuestos.

Según Shindler (citado en CCA 2000), existen otros factores que facilitan el transporte de contaminantes organoclorados de áreas más cálidas hacia latitudes y altitudes más altas, siendo estos: mayor radiación UV, volatilidad ligada a la temperatura y mayor condensación en las regiones más frías.

#### AIRE

Existe evidencia de que el lindano puede transportarse a grandes distancias. Por ejemplo, se han encontrado isómeros de HCH en el ártico y en el Antártico, donde no se utiliza este producto. Mas aún, se considera que el lindano y otros isómeros de HCH son los compuestos organoclorados más abundantes encontrados en la atmósfera, el mar, la zona terrestre y las aguas dulces del ártico (CCA 2000).

Históricamente, la mayor liberación de lindano al aire ha sido por su aplicación agrícola y durante su manufactura, el lindano puede ser transportado a la atmósfera vía volatilización de los suelos agrícolas y cultivos tratados; la erosión del suelo causada por el aire contribuye a la distribución de este plaguicida en la atmósfera. Una vez en la atmósfera, ya sea como vapor o adsorbido por partículas, puede ser degradado fotolíticamente (por la acción de la luz); sin embargo, puede ser removido de la atmósfera por el efecto de la lluvia y la falta de humedad en el ambiente.

#### AGUA

El lindano tiene capacidad de contaminar la superficie del agua por escurrimiento de un campo de cultivo donde se aplicó (como producto químico disuelto o adsorbido por partículas) o por sedimento de lluvia o nieve. El lindano, al igual que el producto de su degradación, el isómero alfa, también ha sido detectado en aguas subterráneas debido a la lixiviación.

En estudios de laboratorio se encontró que el lindano es estable a la hidrólisis (descomposición cau-

sada por el agua) a pH de 5 y 7 y tiene una vida promedio de 43 a 53 días cuando se encuentra a un pH de 9 (CD Micromedex, Tomes CPS system).

#### SUELO

El lindano puede ser liberado al suelo por aplicación directa como plaguicida o indirecta, durante su formulación, almacenamiento y/o distribución. En ciertos casos, el lindano puede ser fuertemente adsorbido en suelos que contienen una gran cantidad de materia orgánica, sin embargo, puede lixivarse con agua de lluvia o riego artificial (CD Micromedex, Tomes CPS system).

Algunos estudios demuestran que la degradación del lindano en suelo no es significativa, ya que durante un experimento donde se expuso a 24 horas de luz del día durante 30 días, mostró sólo una ligera degradación (EPA PC Code No. 009001). Por lo anterior, se entiende que el lindano no se descompone fácilmente cuando permanece en el suelo y de ahí es transportado a la atmósfera, por esta razón las emisiones más importantes de este plaguicida en el aire se deben a las provenientes de usos agrícolas, debido a su baja degradación en el suelo.

#### USOS DEL LINDANO

Por ser un plaguicida de amplio espectro, el lindano tiene usos muy variados. En México se utiliza en el sector agropecuario, veterinario e incluso en el ámbito de la salud humana. De acuerdo con los registros de la Dirección General de Sanidad Vegetal de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), el lindano está autorizado para el tratamiento de semillas de avena, cebada, frijol, maíz, sorgo y trigo. En cuanto al ganado bovino y porcino, el lindano es utilizado como antiparasitario externo, siendo particularmente eficaz contra las larvas de la mosca común, los ácaros

de la sarna, los piojos, pulgas y garrapatas; también es aplicado en algunos animales domésticos como perros y gatos.

Actualmente, el uso del lindano se encuentra autorizado para la formulación de medicamentos dermatológicos. Se puede adquirir en farmacias como lindano, Benzilo, Benzoato de lindano y lindano/lidocaina. Se usa principalmente como agente para el tratamiento de la pediculosis y la escabiasis o sarna sarcóptica. La pediculosis, es causada por la infestación de piojos, mientras que la escabiasis es causada por organismos pequeños que habitan sobre la piel y que depositan sus huevecillos justo por debajo de la superficie de la piel. Ambas enfermedades siguen siendo un problema importante alrededor del mundo.

En el cuadro 2 se muestran los usos que se le han dado al lindano en América del Norte. En los EE.UU. y Canadá, este plaguicida se utiliza principalmente en la agricultura para el tratamiento de suelos o semi-

llas y en cuestiones de salud pública; en ambos países el registro para uso veterinario ha sido cancelado.

#### IMPORTACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DEL LINDANO

México es un país que no produce moléculas nuevas de plaguicidas, sino que importa el ingrediente activo y con él elabora la formulación que será comercializada. Actualmente se sigue importando lindano principalmente de países europeos (ver cuadro 3). En México son varias las empresas que comercializan lindano.

#### LA CONTAMINACIÓN POR LINDANO EN MÉXICO

En México son limitados los estudios e investigaciones que se han realizado para determinar los efectos ambientales que ha tenido el lindano en nuestro país, lo cual no ha permitido identificar los estados de la República más afectados por el uso de este plaguici-

CUADRO 2. USOS REGISTRADOS DE LINDANO EN MÉXICO, CANADÁ Y ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

País	USOS DEL LINDANO	
México	Tratamiento de semillas	. Avena, cebada, frijol, maíz, sorgo y trigo
	Otros	. Veterinario (contra parásitos externos) . Salud pública (contra piojos y sarna) . Urbano (contra alacranes) . Suelo, en los cultivos de maíz y sorgo
Canadá	Tratamiento de semillas	. Avena, brócoli, cebada, chícharo, col, col de bruselas, coliflor, frijol, lino, maíz, mostaza, nabo, soya y trigo
	Otros	. Cultivos de frutas y verduras, tabaco, plantas ornamentales, suelos de invernadero, plantas herbáceos y césped. . Salud pública (champú contra piojos y sarna)
Estados Unidos de América	Tratamiento de semillas	. Acelga, apio, avena, brócoli, cebada, centeno, col, col de bruselas, coliflor, colinabo, espinaca, lechuga, maíz, mostaza, rábano, sorgo y trigo
	Otros	. Salud pública (champú contra piojos y sarna)

Fuente: Catálogo oficial de plaguicidas (CICLOPALFEST 1997) y CCA 2000.

CUADRO 3 VOLÚMENES DE IMPORTACIONES DE LINDANO (KG) EN MÉXICO

País	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	TOTAL
Bélgica	0	0	0	0	0	0	0	1,000	0	0		1,000
España	4,455	4,745	3,242	8,500	18,000	0	2,000	2,000	0	1,000		43,942
Francia	0	5,000	5,000	12,000	1,500	9,000	4,500	15,050	11,500	0		63,550
India	208	0	0	0	0	2,000	0	0	6,000	8,000		16,208
Gran												
Bretaña	0	0	0	150	625	1,225	0	0	500	1,000		3,500
Rumania	0	0	0	0	0	2,000	6,000	4,000	9,000	4,000		25,000
Suiza	1,000	742	0	50	950	0	0	0	0	0		2,742
China	225	5,000	0	0	0	15,000	8,000	2,000	0	0		30,225
Total	5,888	15,487	8,242	20,700	21,075	29,225	20,500	24,050	27,000	14,000		186,167

Fuente: Sistema de información comercial de México 2002.

da. Sin embargo, se han reportado resultados de algunos estudios en diversas regiones del país donde se ha determinado la presencia del lindano.

En investigaciones realizadas en Chiapas se encontró lindano en sedimento del sistema lagunar Carretas-Pereyra (Rueda Quintana 1994). En Sinaloa se han identificado residuos en la bahía de Ohuira, Topolobampo y en varias lagunas costeras, muy probablemente como resultado de la liberación de esta sustancia en regiones agrícolas cercanas, en concentraciones suficientes para afectar la respiración del camarón y aumentar su estrés; esto puede ser parte de la causa del aumento en la mortandad del camarón en esta región (Reyes *et al.* 1995). El río Blanco, en Veracruz, también muestra la presencia de este plaguicida en sedimentos y organismos acuáticos. En el Valle del Yaqui, Sonora, se encontraron altas concentraciones de plaguicidas organoclorados en suelo, entre ellos el lindano (Cámara Durán 1994).

En el Estado de México se realizó un estudio en

1971, con el objetivo de determinar la concentración de diferentes plaguicidas organoclorados, entre ellos el lindano, en grasa de bovinos sacrificados en el rastro de ciudad Nezahualcóyotl, en el cual se detectó la sustancia en animales procedentes de los estados de Veracruz, Tabasco, Hidalgo y Puebla. Estos resultados permiten suponer, dado el actual uso del lindano en México, que el ganado sigue estando expuesto a este plaguicida.

Aunque algunos de los niveles de lindano encontrados en los citados estudios se encuentran por debajo de los estándares internacionales de límites permisibles, siguen sin embargo representando un riesgo para otras especies y para la población debido al proceso de biomagnificación.

#### **ACCIONES EMPRENDIDAS EN MEXICO CON RESPECTO AL LINDANO**

México ha establecido un compromiso, a través de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América

del Norte, de desarrollar e implementar un Plan de Acción Regional (PARAN) junto con Canadá y Estados Unidos de América para reducir la exposición de la población y del medio ambiente al lindano.

### PLAN DE ACCIÓN REGIONAL

Los Planes de acción regional reflejan el compromiso compartido y de largo plazo para la acción regional en que el intercambio y la transferencia de información y las mejores prácticas se consideran medios importantes que ampliarán la capacidad nacional para el manejo adecuado de las sustancias químicas. Entre otros importantes elementos y resultados de estas iniciativas conjuntas está la colaboración para la medición, el monitoreo, la modelación, la investigación y la evaluación de las sustancias persistentes y tóxicas en el medio ambiente.

El Equipo de tarea para la selección de sustancias (ETSS) de la iniciativa del Manejo adecuado de las sustancias químicas (MASQ) de la CCA, ha concluido una evaluación del lindano y recomendó que se tomara acción trinacional (mediante un plan de acción regional) para el manejo de esta sustancia.

Actualmente se está diseñando de manera conjunta entre los países de Canadá, Estados Unidos de América y México el Plan de acción regional en América del Norte sobre lindano, con lo cual se abordarán los siguientes puntos:

- La elaboración de un plan de acción para reducir/eliminar el uso del lindano.
- Búsqueda de sustitutos, alternativas para el control de plagas y prevención de la contaminación.
- Evaluación conjunta de los riesgos asociados con los diversos usos del lindano.
- Desarrollo de capacidad, en especial intercambio de información científica y técnica.

### BIBLIOGRAFIA

- ace.orst.edu/info/extoxnet/pips/lindane.htm.
- Arredondo-García, J.L. *et al.* 1999. Propuesta de un formulario abierto para un programa de atención médica dirigida en México. *Salud Pública de México* 41(1): 27-39.
- Cámara Durán, O. A. 1994. *Impacto en la agricultura bajo riego sobre la calidad del agua: caso del Valle del Yaqui, Sonora. Ingeniería Hidráulica en México* Vol. IX, Núm. 3, p 57- 71. México
- CCA 2000. Process for Identifying Candidate Substances for Regional Action under the Sound Management of Chemicals Initiative. Prepared by The Substance Selection Task Force for the Sound Management of Chemicals Working Group Commission for Environmental Cooperation. 12 September.
- Comisión Nacional de Ecología. Catálogo de Plaguicidas 1987. *Catálogo oficial de plaguicidas 1987*. México.
- CICOPLAFEST 1997. *Catálogo Oficial de Plaguicidas 1997-1997*. México.
- 1994. *Catálogo Oficial de Plaguicidas 1994*. México.
- 1993. *Catálogo Oficial de Plaguicidas 1993*. México.
- 1992. *Catálogo Oficial de Plaguicidas 1992*. México.
- 1991. *Catálogo Oficial de Plaguicidas 1991*. México.
- Galindo R. 2000. *Condiciones ambientales y de contaminación en los ecosistemas costeros de Sinaloa*. Universidad Autónoma de Sinaloa, SEMARNAP, México.
- INAP 1995. *Administración ecológica* 87. INAO, México.
- Jaramillo, A. 1971. Determinación de plaguicidas organoclorados en grasa de canales de bovino sacrificados en el rastro de Ciudad Nezahualcóyotl. UNAM, México.
- SEDUE. *Proyecto Ejecutivo para un receptor de residuos de agroquímicos en la región Sinaloa- Nayarit*. pp. 54-55. Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, Proyectos, Construcción y Estudios, S.A. de C.V. México.

Terrones, M.C., J. Llamas, F. Jaramillo, M.G. Espino y J.S. León 2000. DDT y plaguicidas relacionados presentes en la leche materna y otros tejidos de mujeres sanas con embarazos de término. *Ginecol Obstret Mex* 2000; 68(3): 97-104.

Vázquez, T, O. Álvarez, R. García, G. Martínez e I. Barbosa 1997. *Acta Pediátrica de México* 18(5) 222-226. México.



---

**Montserrat Avalos Gómez.** Subdirectora de Estudios sobre vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Instituto Nacional de Ecología. Correo-e: moavalos@ine.gob.mx.  
**Jesús Ramírez Gutiérrez.** Jefe de departamento de desarrollo de programas para el manejo de riesgos. Correo-e: jjramire@ine.gob.mx.