



# LINDANO I: IMPACTO EN LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE

Miguel López García

Correo: migulo08@ucm.es

## INTRODUCCIÓN

El lindano es un contaminante ambiental muy móvil y tóxico, perteneciente al grupo de pesticidas organoclorados, formado en un 99% por el isómero  $\gamma$  y del hexaclorociclohexano.

Comenzó a utilizarse como plaguicida durante la segunda mitad del siglo XX, con el fin de evitar la pérdida de cultivos.

El hexaclorociclohexano no solo consta del isómero  $\gamma$ , además de este encontramos el isómero  $\alpha$ , el isómero  $\beta$  y el isómero  $\delta$ , pero solo va a ser el  $\gamma$  el que posea propiedades plaguicidas. Estos isómeros se diferencian en la posición de los cloros, que puede ser ecuatorial o axial.

A partir de los años 50 se perciben efectos nocivos sobre el medio ambiente y la salud humana.

Para dar respuesta a este problema se ha regulado su uso y producción hasta llegar a su prohibición en la UE.

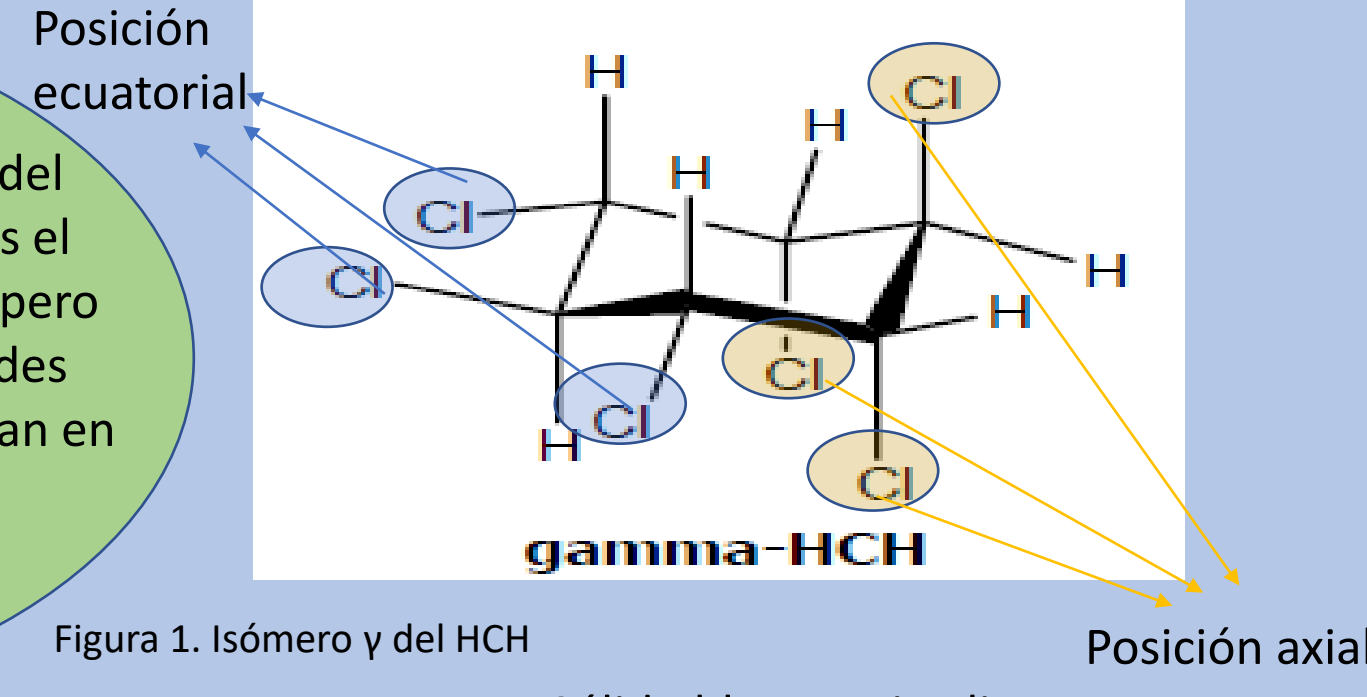


Figura 1. Isómero  $\gamma$  del HCH

Propiedades físicas y químicas: -Sólido blanco cristalino, -Muy volátil, -Poco soluble en agua, -Muy soluble en disolventes orgánicos, -Gran poder de bioacumulación

Tabla 1. Propiedades físicas y químicas de los distintos isómeros

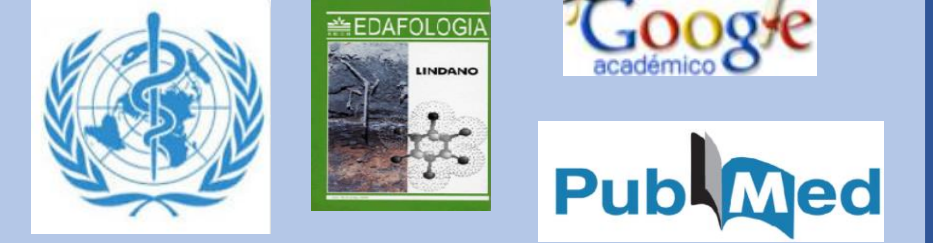
Propiedad	$\alpha$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\gamma$ -HCH
Punto de fusión	159-160	309-310	112-113
Punto de ebullición	268	60	323
Presión de vapor <sup>1</sup> (Pa a 20 °C)	$5.3 \cdot 10^{-3}$	$4.3 \cdot 10^{-3}$	$2.9 \cdot 10^{-3}$
Solubilidad en agua (mg L <sup>-1</sup> )	10	5	7.3
Constante de la ley de Henry <sup>2</sup> (Pa m <sup>3</sup> mol <sup>-1</sup> )	0.87	0.12	0.13
FBC <sup>3</sup> en humanos	20±8	527±140	19±9

## OBJETIVOS

Dar a conocer el problema del lindano y explicar su dinámica ambiental, como se mueve y transforma en nuestros ecosistemas además de cómo y donde podemos entrar en contacto con él y qué resultados puede tener en nuestra salud.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para llevar a cabo este trabajo se ha realizado una revisión bibliográfica en la cual se han consultado bases de datos de literatura científica, así como revistas de carácter científico y organizaciones mundiales relevantes.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### PRODUCCIÓN Y USO

Se forma por la fotocloración del benceno, reacción basada en mecanismos radicalarios.

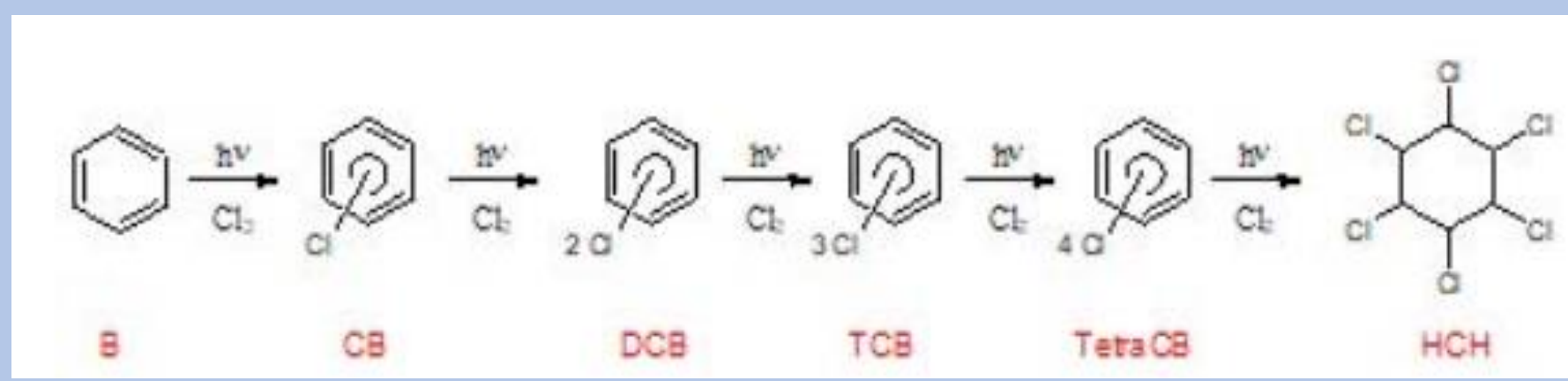


Figura 2. Esquema de formación para el HCH

Tabla 2. Datos sobre la producción

Continentes	Cantidad (1000 t)	Porcentaje
Europa	287,16	63,32
Asia	73,20	16,14
América	63,57	14,02
Oceanía	28,54	0,69
Asia	1,03	0,23
Total	435,50	100

### USOS

Plaguicida agrícola

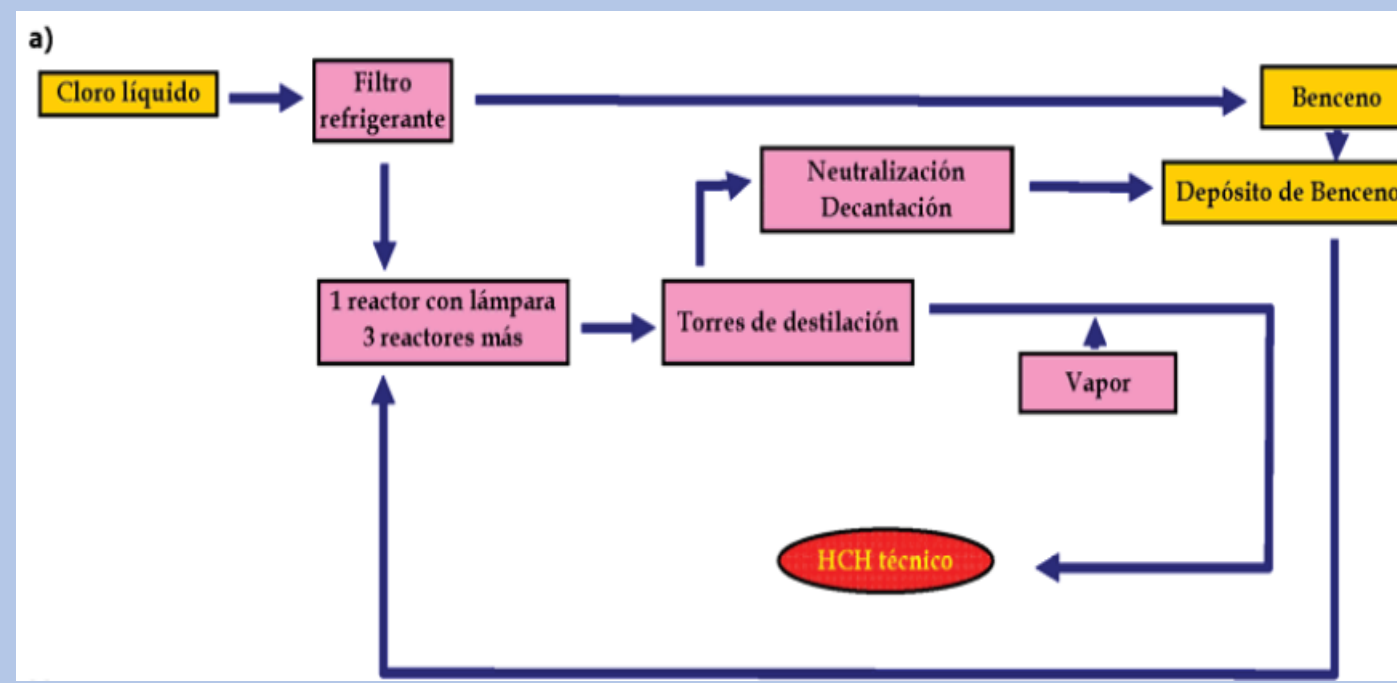


Figuras 3 y 4. Usos

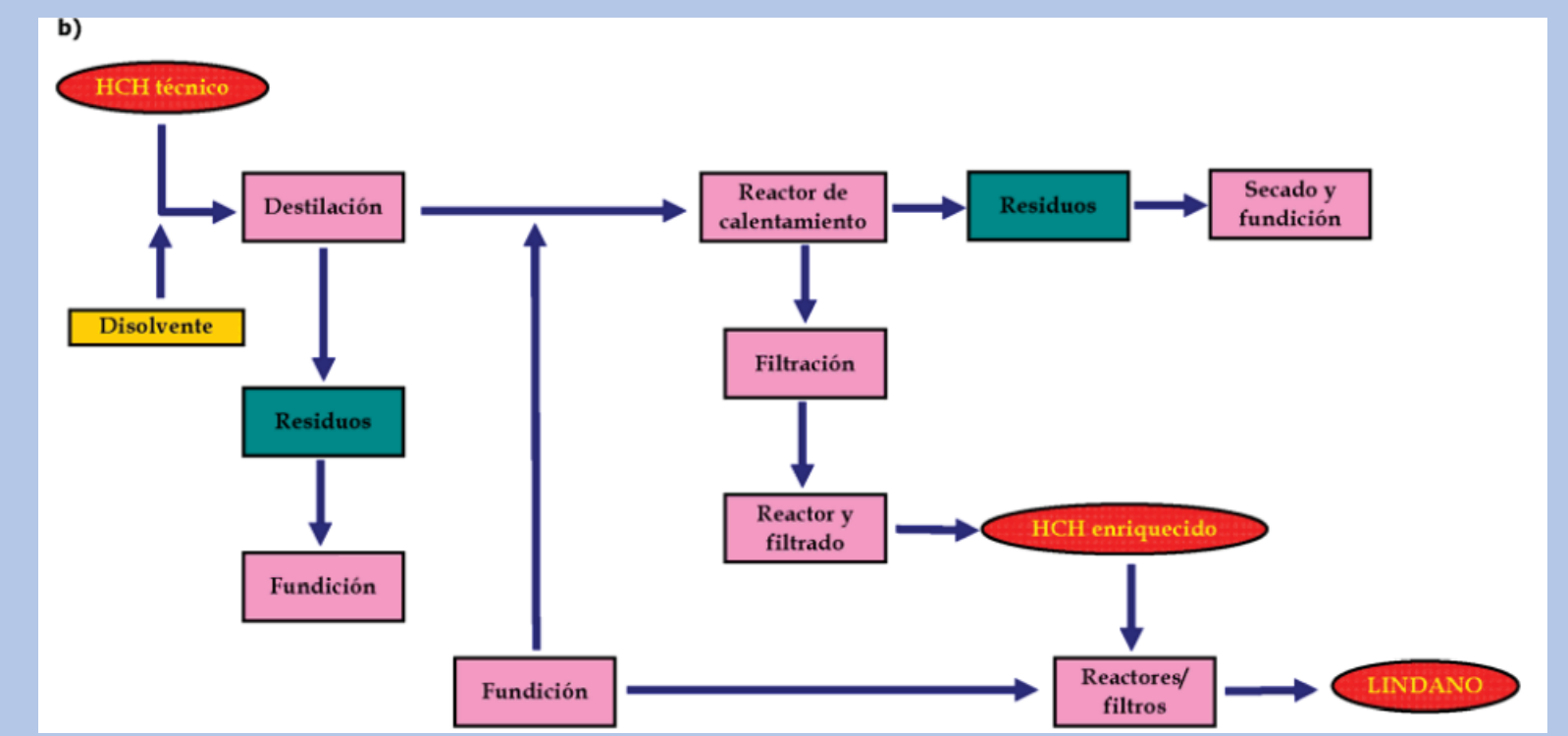
Medicamento antiparasitarios



### PROCESO DE PRODUCCIÓN



Figuras 5 y 6. Esquema de producción del HCH



El problema de este proceso de producción es la gran cantidad de desechos de otros isómeros que se forman, que al verse al medio ambiente contaminan.

En el proceso inicial de producción se consigue lo que se conoce como HCH técnico que solo contiene un 14% de isómero  $\gamma$ .

Para conseguir una mayor cantidad de isómero  $\gamma$  se lleva a cabo un proceso de enriquecimiento, donde se eliminan gran cantidad de otros isómeros, quedando en la mezcla un 40% de isómero  $\gamma$ . Esto es lo que se conoce como HCH enriquecido.

Por último, se extrae todo el isómero  $\gamma$  y al filtrar con una solución de metanol, dando lugar al lindano.

## MEDIO AMBIENTE

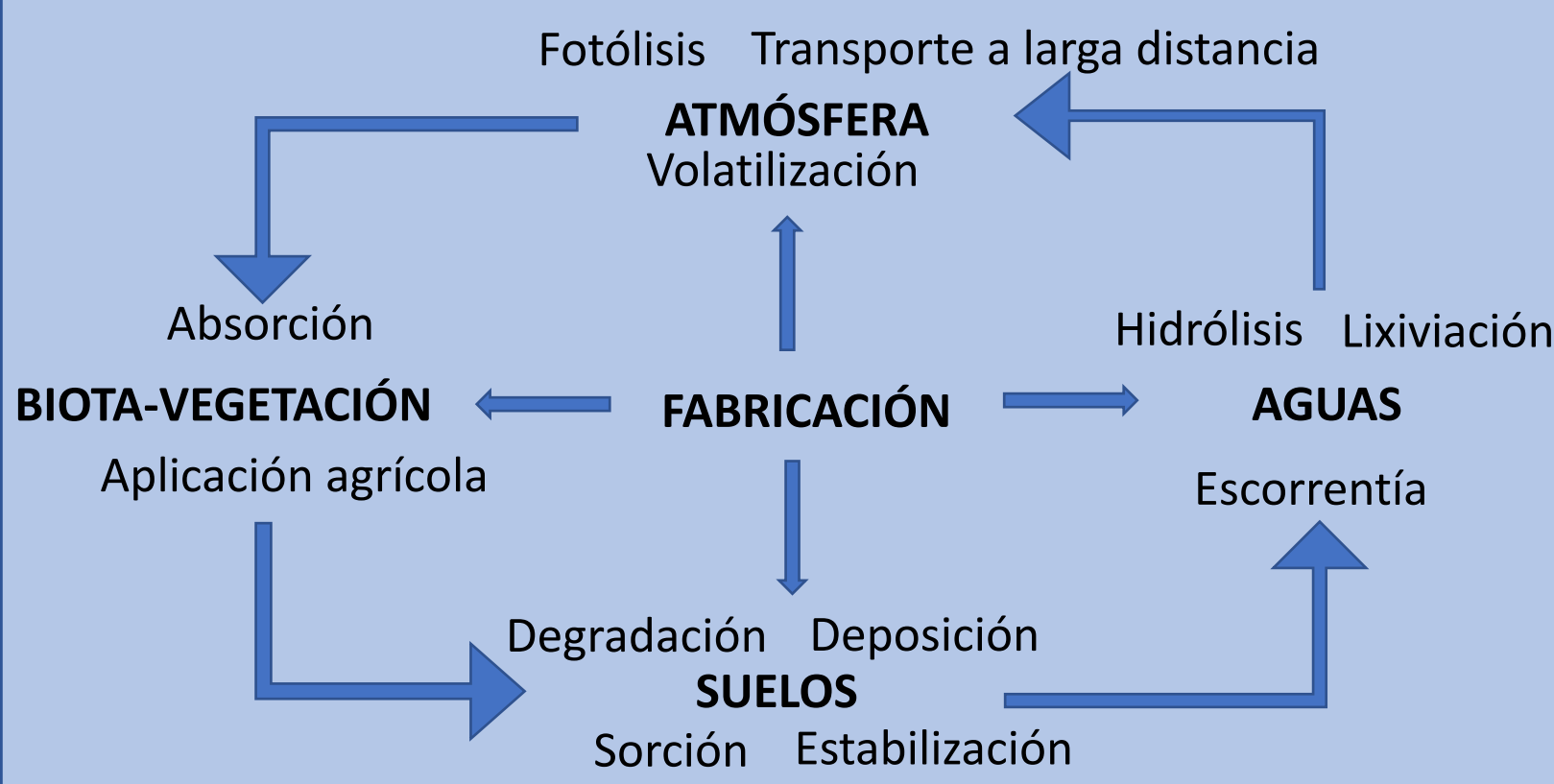


Figura 7. Esquema de la dinámica ambiental del HCH

### SUELOS

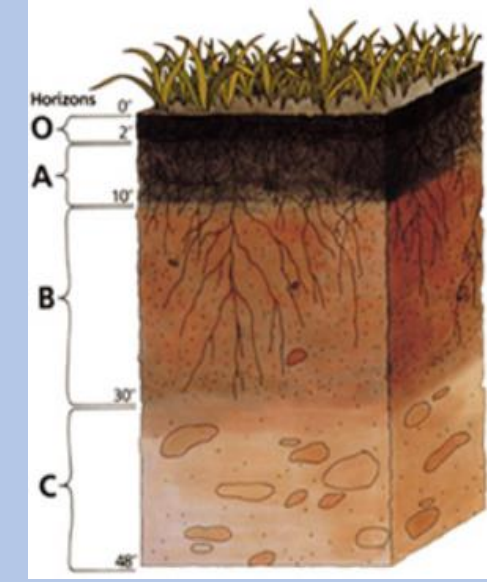


Figura 8. Horizontes del suelo

Si no queda retenido en la materia orgánica hay otros agentes que intervienen, como las arcillas y los óxidos de hierro del suelo.

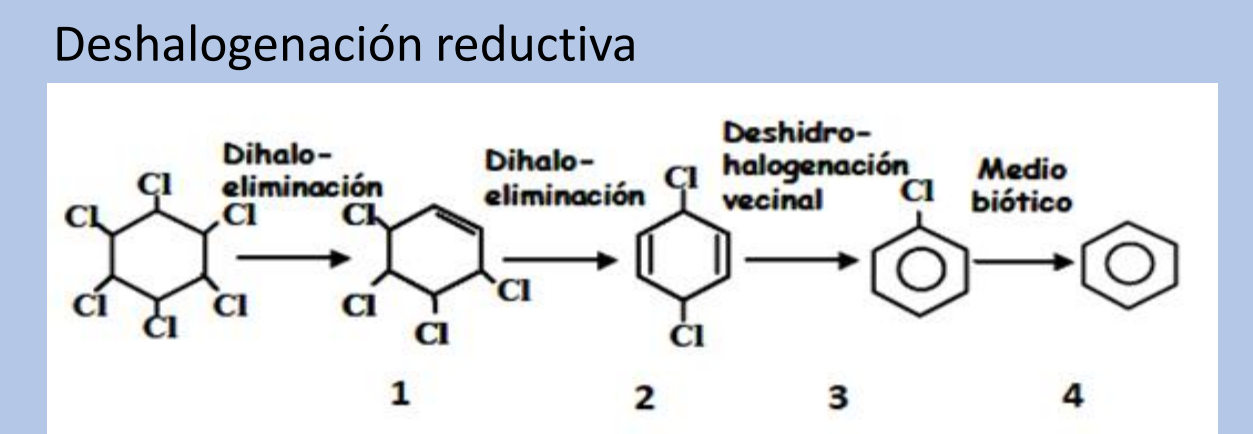
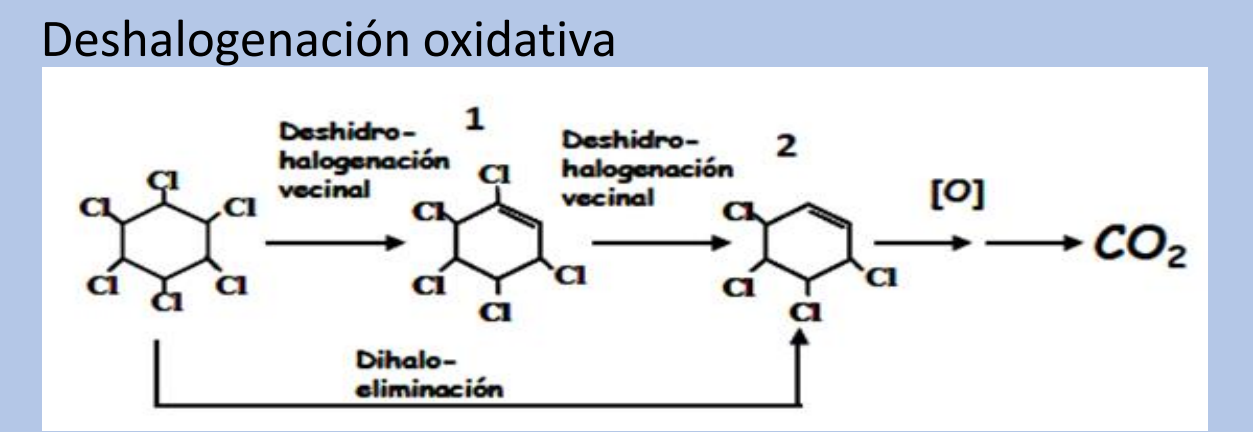
La biodisponibilidad del contaminante para el resto de organismos disminuye en función del tiempo que esté en contacto con el suelo.

Debido al carácter hidrófobo del lindano, destaca su retención en los horizontes edáficos con mayor porcentaje de materia orgánica. Puede quedar retenido por absorción, precipitación y adsorción, siendo este último el más importante.

Mecanismos de retención: -Intercambio iónico, -Enlace catiónico, -Enlace puente de hidrógeno, -Enlace covalente, -Cambio de ligando, -Retención física, -Interacciones hidrofóbicas

Los procesos de degradación pueden ser llevados a cabo por agentes abióticos o químicos y por agentes bióticos.

Fundamentalmente hay dos tipos de degradación:



Figuras 9 y 10. Procesos de degradación.

Bacterias, Hongos, Algas

### ATMÓSFERA



Figura 11. Esquema de la Destilación Global

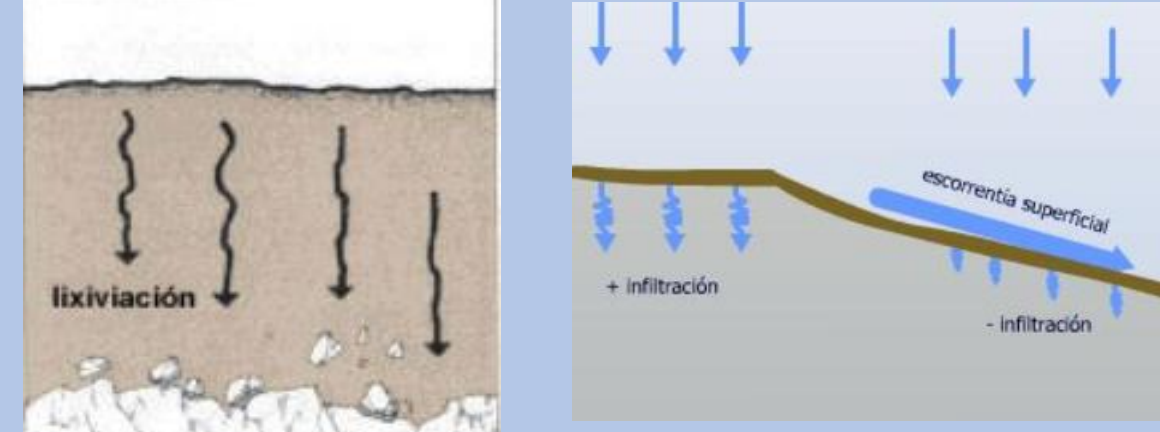
La gran movilidad se debe mayoritariamente al transporte del contaminante una vez se ha volatilizado. Los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) siguen lo que se conoce como Destilación Global.

En latitudes bajas y cálidas los contaminantes sufren mayoritariamente evaporación.

En latitudes altas y frías los contaminante sufren mayoritariamente deposición quedando retenidos.

### AGUAS

Se ha encontrado lindano tanto en océanos como agua continentales. La movilización en este medio se produce por dos mecanismos: lixiviación y escorrentía.



Figuras 12 y 13. Procesos de lixiviación y escorrentía

### BIOACUMULACIÓN

Se bioacumula fácilmente debido a su alta liposolubilidad, quedando retenido mayormente en la grasa. Además a lo largo de la cadena trófica tiene lugar el proceso de biomagnificación.

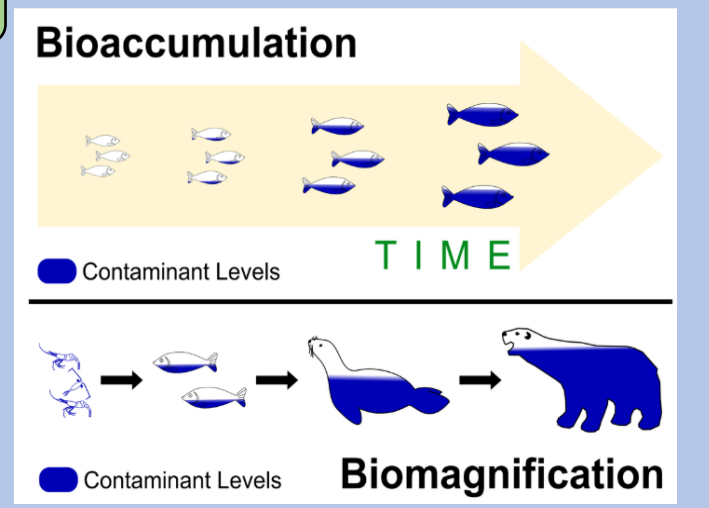


Figura 14. Procesos de bioacumulación y biomagnificación

## TOXICIDAD

### TOXICOCINÉTICAS

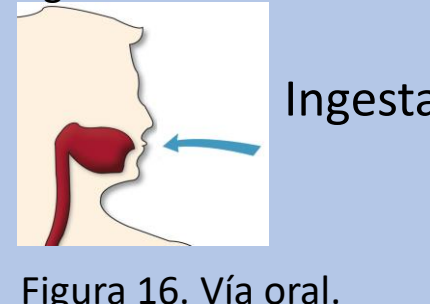
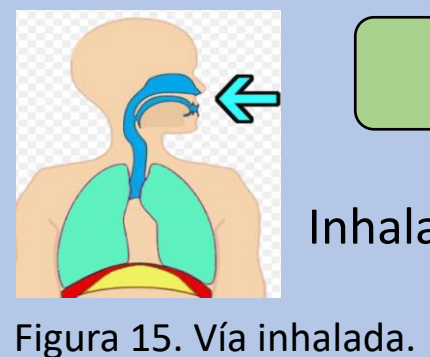


Figura 17. Vía dérmica.

### DISTRIBUCIÓN

Vía inhalada: -Tejido adiposo, -Músculo, -Cerebro, -Pulmón, -Hígado, -Bazo, -Riñón, -Sangre

### METABOLISMO Y EXCRECIÓN

Absorción: Principalmente hepático. Los conjugados se escinden en el tracto urinario favorecidos por el pH ácido de la orina.

Metabolitos principales: 2-,4-,5- triclofenol, 2-,3-,5- triclofenol, 2-,4-,6- triclofenol

### EFECTOS SISTÉMICOS

Vía inhalada: -Irritación de mucosas, -Anormalidades en ECG, -Anemia hipocrómica, -Anemia aplásica, -Leucocitosis, -Leucopenia, -Trombocitopenia, -Granulocitosis, -Monocitosis, -Eosinofilia, -Aumento de enzimas, -Aumento en los niveles de hormona luteinizante, -Aumento IgM

### VÍA DÉRMICA

-Petequias pulmonares, -Petequias en epicardio, -Anemia aplásica, -Hiperplasia de médula ósea, -Descenso de la hemoglobina, -Descenso del hematocrito, -Temblor, -Fiebre, -Debilidad

### VÍA ORAL

-Nauseas y vómitos, -Diarrea, -Descenso del hematocrito, -Descenso de la hemoglobina, -Convulsiones, -Debilidad, -Retraso fetal intrauterino, -Fallo renal

### CÁNCER

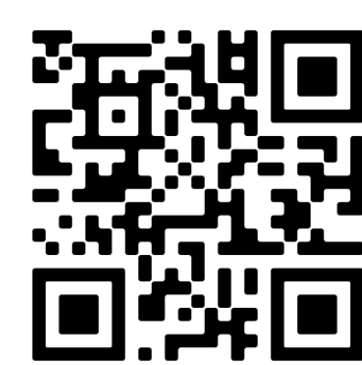
El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC) clasifica al lindano como "cancerígeno para los humanos".

Es un factor de riesgo en el desarrollo de LINFOMA NO-HODGKIN.

## CONCLUSIONES

- La toxicidad del lindano, y demás isómeros del HCH, lo convierten en una sustancia peligrosa.
- El depósito de los residuos generados en su producción especialmente los cercanos a los cursos de agua representan una grave amenaza para el medio ambiente.
- La degradación del lindano puede prolongarse en el tiempo durante décadas e incluso siglos.
- Hay que buscar alternativas más sostenibles y menos contaminantes para acabar con el uso de estas sustancias.

## BIBLIOGRAFÍA



- (1) Calvelo Pereira, R. (2008): Estudio del comportamiento del hexaclorociclohexano en el sistema suelo-planta para su aplicación en técnicas de fitocorrección. Tesis, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España. Consulta: junio 2020.
- (2) IARC working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 2018. DDT, lindane, and 2,4-D. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans; volume 113. Lyon. https://publications.iarc.fr/550. Consulta: junio2020.
- (3) Rodríguez Garrido B (2009) Movilidad, biodisponibilidad y degradación inducida de isómeros de hexaclorociclohexano (HCH) en suelos contaminados. Departamento de Edafología y Química Agrícola, Santiago de Compostela (USC) Consulta: junio 2020.
- (4) World Health Organization [Internet] HEALTH RISKS OF PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS FROM LONG-RANGE TRANSBOUNDARY AIR.