

Trabajo Fin de Grado

LINDANO EN ARAGÓN:
Contaminación ambiental y peligro sanitario

LINDANE IN ARAGÓN:
Environmental pollution and health hazard

Autor

Sergio Garrido Ballesteros

Director/es

Ana Ferrer Dufol

ÍNDICE

ÍNDICE.....	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
MATERIAL Y MÉTODOS	4
PLAGUICIDAS.....	5
Definición e Historia.....	5
Clasificación de los plaguicidas	6
ORGANOCOLORADOS.....	8
Toxicocinetica.....	8
Toxicodinámica.....	8
Clasificación (5,7).....	9
Toxicidad	9
LINDANO	10
Producción	10
Persistencia	11
Transporte a gran distancia en el medio ambiente y exposición	12
Toxicidad	13
HISTORIA DE INQUINOSA	15
FOCOS DE CONTAMINACIÓN.....	17
Fábrica Inquinosa.....	17
Vertedero de Sardas	19
Vertedero de Bailín	20
SITUACIÓN ACTUAL: DE 2014 HASTA HOY	23
PELIGRO REAL.....	26
CONCLUSIÓN	30
BIBLIOGRAFÍA	32

RESUMEN

Durante años la empresa Inquinosa fabricó en Sabiñánigo toneladas de gamma hexaclorociclohexano, más conocido como Lindano. Se trata de un pesticida organoclorado usado en la agricultura y en el tratamiento de la pediculosis hasta su prohibición debido a su potencial biocamulativo y neurotóxico. Los residuos resultantes de la producción eran vertidos sin ningún control ambiental en los alrededores de la fábrica y en dos vertederos municipales. Tras descubrirse el escándalo la empresa cesó la producción y abandonó la fábrica dejando tras de sí toneladas de residuos que, unidos a los depositados en los vertederos de Sardas y Bailín constituían el foco de contaminación por pesticidas organoclorados más grande de Europa. La empresa no asumió ninguna responsabilidad.

Posteriormente estudios analizaron los residuos encontrando no sólo gamma-hexaclorociclohexano y sus isómeros sino también benceno, clorobenzenos y clorofenoles. Además de los residuos sólidos se hallaron balsas de lixiviados en el subsuelo de los vertederos que a través de las aguas subterráneas se filtraban hasta el río Gállego. En 2014 se trasladaron los residuos sólidos del antiguo vertedero de Bailín a uno nuevo con mejores medidas de seguridad, sin embargo algo falló y la movilización de residuos junto con los corrimientos de tierra por las lluvias provocaron que una gran cantidad de contaminantes corrieran río abajo, superando los límites sanitarios y obligando a cortar el suministro de agua a doce pueblos dependientes del Gállego.

La mala comunicación sanitaria desde instituciones y prensa creó una alarma sanitaria que no se justifica desde la evidencia científica ya que no se alcanzaron los niveles de toxicidad aguda y el tiempo de exposición a niveles altos de contaminante fue corto. Además, no se han descrito intoxicaciones crónicas atribuibles a esta sustancia debido al contacto con ella a dosis bajas a largo plazo. Por otra parte, la ausencia de notificaciones sanitarias de la población afectada en comparación con otras grandes exposiciones a lindano en el mundo permite ser optimistas con respecto al peligro sanitario, aunque hay opiniones encontradas y se debate si debería plantearse la realización de un estudio prospectivo de dicha población.

PALABRAS CLAVE: Inquinosa, Gammahexaclorociclohexano, Sabiñánigo, Contaminación, Lindano, Organoclorados, Río Gállego, Bailín., Sardas, DNAPLs, lixiviados, toxicidad, intoxicación.

ABSTRACT

For years, Inquinsa Company, which used to operate in the town of Sabiñánigo, Spain, produced tons of gamma hexachlorocyclohexane, better known as lindane. The pesticide lindane is an organochlorine chemical variant used both in agriculture and treatment of pediculosis until its ban was implemented due to its bioaccumulative, neurotoxic and carcinogenic potential. The toxic wastes resulting from its production were buried in several uncontrolled dumps in the surroundings of the factory and two municipal landfills. After the scandal was revealed, the Company stopped production and left the area leaving an abandoned factory and tons of hazardous waste which, together with those dumped in Sardas and Bailín landfills, represent the major source of organochlorine pesticide pollutant in Europe. The Company did not take any responsibility.

Further studies analyzed the wastes finding not only gamma hexachlorocyclohexane and its isomers but also benzene, chlorobenzenes and chlorophenols. In addition to the solid wastes, leachate ponds were found in the dumpsites subsoil which percolated towards Gállego river through the ground waters. In 2014 the old Bailín landfill was dismantled and the solid wastes transferred to a new nearby site, with better security measures, however, something failed and the mobilization of wastes together with landslides caused by rainfall triggered that a great deal of pollutants flowed down the river, exceeding health standard limits and forcing cut-offs in the water supplies in twelve villages depending on Gállego river basin.

A poor health communication coming from Public Institutions and social media raised a health scare not supported by scientific evidence since acute levels of toxicity were never reached being the exposure time to high level of pollutants relatively short. Besides, no chronic intoxications imputable to this substance have been described for direct contact at low doses in a long-time rate. Also, the absence of health notifications of the affected population compared to other big exposures to lindane in the world allows us to be optimistic regarding the health hazard, although the existence of conflicting opinions raises the debate about whether a prospective study of such population should be carried out.

MATERIAL Y MÉTODOS

Revisión de la evidencia científica disponible sobre el gamma-HCH con respecto a sus características toxicológicas y su peligro sanitario, así como revisión de artículos científicos y de prensa sobre el problema de contaminación de Aragón por este compuesto y los productos de desecho derivados de su fabricación.

PLAGUICIDAS

Definición e Historia

Se denomina plaguicida a cualquier sustancia o mezcla de sustancias orgánicas o no orgánicas que está destinada a combatir insectos, ácaros, roedores y otras especies indeseables de plantas y animales que son perjudiciales para el hombre o interfieren de cualquier forma en la elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y alimentos para animales. También se incluyen aquellos que se administran a hombres y animales para combatir insectos o arácnidos que se encuentren dentro o sobre sus cuerpos. A su vez, el término plaguicida incluye los siguientes tipos de sustancias: reguladores del crecimiento de las plantas, desfoliantes, desecantes, agentes para reducir la densidad de la fruta, agentes para evitar la caída prematura de la fruta y sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para proteger el producto contra el deterioro. (1) (2)

El empleo de productos químicos inorgánicos para destruir plagas, principalmente insectos, se remonta posiblemente a los tiempos de la Grecia y Roma clásicas. Homero menciona la utilidad del azufre quemado como fumigante, mientras que Plinio el Viejo recomienda el arsénico como insecticida y alude al empleo de sosa y aceite de oliva para tratar las semillas de leguminosas. En el Siglo XVI, los chinos empleaban arsenicales como insecticidas y poco después, empezó a usarse la nicotina extraída del tabaco.(3)

Ya en la época moderna la introducción en el uso de los pesticidas se inicia a principios del siglo XX y se pueden distinguir tres fases en su desarrollo. La primera marca el descubrimiento, accidental o experimental, de la acción plaguicida de algunos compuestos como el azufre, los arseniatos, el sulfato de cobre, etc. Es una época de avances lentos. Antes de la Segunda Guerra Mundial se utilizaba una tecnología relativamente primitiva. La segunda fase presenta un desarrollo más rápido, y tiene su punto de partida en 1922, año en que en Holanda se introduce el uso de los aceites insecticidas. Durante este período se descubre la acción del pelitre y la rotenona. La tercera fase se inicia con el descubrimiento de las propiedades insecticidas del Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT), realizado por Muller en 1940; en ella se suceden con rapidez los descubrimientos de nuevos plaguicidas, y se desarrollan las bases científicas de investigaciones posteriores. Tras el descubrimiento de la acción insecticida del DDT en Suiza, se descubrió simultáneamente en Francia e Inglaterra la del HCH (hexaclorociclohexano); algunos años después, Schrader sintetizaba en Alemania los primeros insecticidas organofosforados y se descubría su acción sistémica.(2)

A partir de la segunda mitad del decenio de 1940 hasta alrededor de 1965, los insecticidas organoclorados tuvieron un gran uso en el control de insectos en la agricultura y en las campañas contra la malaria.

Clasificación de los plaguicidas

Los plaguicidas pueden clasificarse según varios criterios como el destino de su aplicación (ganadero, industria, ambiental...) o su estado de presentación (sólido, líquido...); sin embargo las 3 clasificaciones más usadas son:

- Clasificación funcional :
 - Insecticidas
 - Acaricidas
 - Fungicidas
 - Nematocidas, desinfectantes y fumigantes en general
 - Herbicidas
 - Fitorreguladores y productos afines
 - Molusquicidas,
 - Rodenticidas
 - Otros
- Según su composición química(2)(3):
 - Arsenicales
 - Carbamatos
 - Derivados de la Cumarina
 - Derivados de la Urea
 - Dinitrofenoles.
 - Organoclorados
 - Organofosforados
 - Ácidos Tricloroacéticos
 - Piretroides
 - Tiocarbamatos
 - Triazinas

En este trabajo se tratará sobre el Lindano, el cual forma parte de los Organoclorados

- Clasificación administrativa: Los plaguicidas se incluyen dentro de los biocidas los cuales se encuentran regulados a nivel Europeo por la Directiva 98/8/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de enero de 1998 relativa a la

comercialización de biocidas, transpuesta a nuestro ordenamiento jurídico mediante el Real Decreto 1054/2002 de 11 de octubre, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas(4).

Los biocidas son sustancias activas, preparados (que contienen una o más sustancias activas) o microorganismos cuyo objetivo es destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de otro tipo sobre cualquier organismo nocivo por medios químicos o biológicos. Los biocidas están divididos en 23 tipos de productos basados en su uso, que se clasifican en cuatro grandes grupos:

1. **Desinfectantes:**

- .1.1. Higiene humana
- .1.2. Desinfectantes y alguicidas no destinados a la aplicación directa a personas o animales
- .1.3. Higiene veterinaria;
- .1.4. Alimentos y piensos
- .1.5. Agua potable

2. **Conservantes:**

- .2.1. Conservantes para los productos durante su almacenamiento
- .2.2. Conservantes para películas
- .2.3. Protectores para maderas
- .2.4. Protectores de fibras, cuero, caucho y materiales polimerizados
- .2.5. Conservantes de materiales de construcción
- .2.6. Protectores para líquidos utilizados en sistemas de refrigeración y en procesos industriales
- .2.7. Productos antimoho
- .2.8. Protectores de líquidos empleados para trabajar o cortar materiales

3. **Plaguicidas:**

- .3.1. [Rodenticidas](#)
- .3.2. Avicidas
- .3.3. Molusquicidas, vermícidias y productos para controlar otros invertebrados
- .3.4. Piscicidas
- .3.5. Insecticidas, acaricidas y productos para controlar otros artrópodos
- .3.6. Repelentes y atrayentes
- .3.7. Control de otros animales vertebrados

4. **Otros biocidas**

- .4.1. Productos antiincrustantes
- .4.2. Líquidos para embalsamamiento y taxidermia

ORGANOCLORADOS

Bajo el nombre de plaguicidas organoclorados se agrupan un grupo considerable de compuestos sintéticos cuya estructura química en general corresponde a la de los hidrocarburos clorados, aunque, además de cloro, algunos de ellos poseen oxígeno o azufre.

Su baja presión de vapor, su gran estabilidad físico-química y su resistencia al ataque de microorganismos, condicionan que la persistencia de estos compuestos en el ambiente sea de las más elevadas.(5,6)

Toxicocinetica

Los insecticidas organoclorados son compuestos liposolubles por lo que pueden absorberse por todas las vías, incluida la piel intacta y máxime con lesiones de continuidad. Por exposición cutánea penetran el dicofol, los ciclodienos (excepto el DDT) y el lindano, favorecido este último por el calor. Las vías respiratorias, por atrapamiento mucociliar de las partículas del compuesto, seguido de la absorción gastrointestinal, son otra posibilidad de intoxicación. La intoxicación oral se ve incrementada por la presencia de grasas animales o vegetales en el estómago.

Los organoclorados se distribuyen en el tejido adiposo donde pueden almacenarse tiempo prolongado, hígado, riñón y médula ósea. La mayoría de las sustancias se metabolizan de forma lenta y se excretan fundamentalmente por heces. Los que tienen una vida media larga son el DDE, la dieldrina, el β -HCH y el heptacloro.(7)

Una interesante propiedad de los insecticidas organoclorados es su capacidad de inducir enzimas hepáticas que intervienen en la biotransformación de medicamentos. Algunos sistemas enzimáticos inducidos por los insecticidas son las oxidasas de función mixta y las transferasas. Esta inducción tiene un efecto fisiológico, acelerando por ejemplo la eliminación de varias hormonas esteroideas. (1)

Toxicodinámica

Los insecticidas organoclorados alteran el mecanismo de intercambio Na^+/K^+ en la membrana axónica, lo que afecta a la transmisión del impulso nervioso, produciendo fenómenos de hiperexcitabilidad a nivel del SNC así como motilidad miocárdica. Este efecto se produce al inhibir la $\text{Na}^+ \text{K}^+$ ATPasa. Los ciclodienos ocasionan alteraciones del sistema serotoninérgico e inhibición del transporte mediado por cloro en el receptor GABA e imitan la acción de la picrotoxina que es un antagonista del GABA. (7)

Clasificación (5,7)

PRINCIPALES GRUPOS DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS

- Aromáticos clorados

Ejemplos: DDT, Dicofol, Metoxicloro, Clorobencilato

- Cicloalcanos clorados

Ejemplos: Hexaclorociclohexano

- Ciclodiénicos clorados

Ejemplos: Aldrín, Dieldrín, Endrín, Heptacloro, Endosulfán, Clordano, Mirex

- Terpenos clorados

Ejemplo: Canfeclor (Toxafeno)

Toxicidad

Los insecticidas organoclorados tienen un efecto tóxico agudo menor que los insecticidas organofosforados o los carbamatos, si bien el efecto crónico es mayor. La acumulación prolongada en el tejido adiposo de compuestos organoclorados se produce debido a la exposición ambiental u ocupacional. Se podría producir una intoxicación aguda si dichos compuestos entran rápidamente en la circulación sanguínea. Esto ocurre en la mayoría de las ocasiones por ingestión accidental o intencional. Los síntomas característicos de la intoxicación son alteraciones sensoriales, alteración mental, desorientación, pérdida del conocimiento y convulsiones. Los insecticidas más convulsionantes son el lindano, dieldrina, endrina, clordano y heptacloro. En dosis moderadas pueden causar alteraciones mentales y sensoriales, así como fasciculaciones musculares.(1,6)

LINDANO

Identidad Química

Gamma-hexaclorociclohexano. Fórmula química: $C_6H_6Cl_6$. Peso molecular 290,83. Estado físico: Sólido Cristalino. Punto de fusión: 112,5°C. Punto de ebullición a 760 mmHg: 323,4 °C. Presión de vapor a 20°C: $4,2 \times 10^{-5}$ mmHg.

Lindano es el nombre común del isómero gamma del 1,2,3,4,5,6-hexaclorociclohexano (HCH). El HCH técnico es una mezcla isomérica que contiene principalmente cinco formas que solo difieren en la orientación de los átomos de cloro alrededor del anillo de ciclohexano (ver imagen 1). Los cinco isómeros principales están presentes en la mezcla en las proporciones siguientes: alfa-hexaclorociclohexano (53%-70%), beta-hexaclorociclohexano (3%-14%), gamma-hexaclorociclohexano (11%-18%), delta-hexaclorociclohexano (6%-10%) y épsilon-hexaclorociclohexano (3%-5%). El isómero gamma es el único que presenta propiedades insecticidas.(8,9)

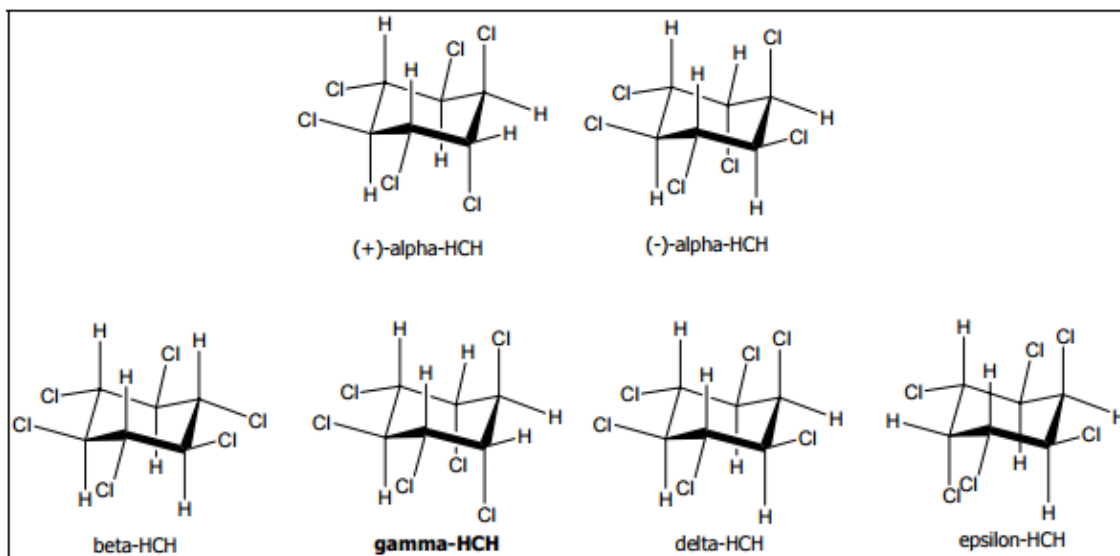


Imagen 1 (8)

Producción

La fabricación del HCH técnico supone la fotoclorinación del benceno que produce una mezcla de cinco isómeros principales. En consecuencia, la producción de lindano no es eficiente, ya que por cada tonelada de lindano obtenida, se obtienen también entre 6 y 10 toneladas de otros isómeros. Lo que es más, la mayoría de los métodos para procesar o reciclar los desechos de los isómeros han sido abandonados con el paso de tiempo y, en consecuencia, la mayoría de los productos de desecho no se han eliminado.

La producción de HCH técnico y de lindano tuvo lugar en muchos países europeos desde 1950 o antes, y se suspendió entre 1970 y 1990: República Checa, España, Francia, Alemania, Reino Unido, Italia, Rumanía, Bulgaria, Polonia y Turquía. Se

estima que desde el año 1950 hasta el 2000 el uso mundial del lindano ha alcanzado aproximadamente las 600.000 toneladas. En la actualidad Rumania, la India y, Rusia, son los únicos países del mundo donde se produce lindano.

El lindano ha sido utilizado como plaguicida de amplio espectro, que actúa por contacto, tanto para fines agrícolas como para no agrícolas. Se ha usado para el tratamiento de semillas y suelos, aplicaciones foliares, el tratamiento de árboles y madera y para luchar contra los ectoparásitos tanto en animales como en seres humanos (uso en pediculosis y sarna).

Durante décadas, los desechos de isómeros generalmente se vertían en vertederos de basura abiertos, como campos, y en otros sitios de eliminación de residuos, ubicados en zonas cercanas a las fábricas del HCH. Si la cifra de toneladas de uso mundial del lindano es exacta, la cantidad total de posibles residuos alcance probablemente 4,8 millones de toneladas de residuos del HCH que podrían estar presentes en todo el mundo (ver imagen 2), lo cual da una idea de la magnitud del problema de contaminación ambiental.(8)

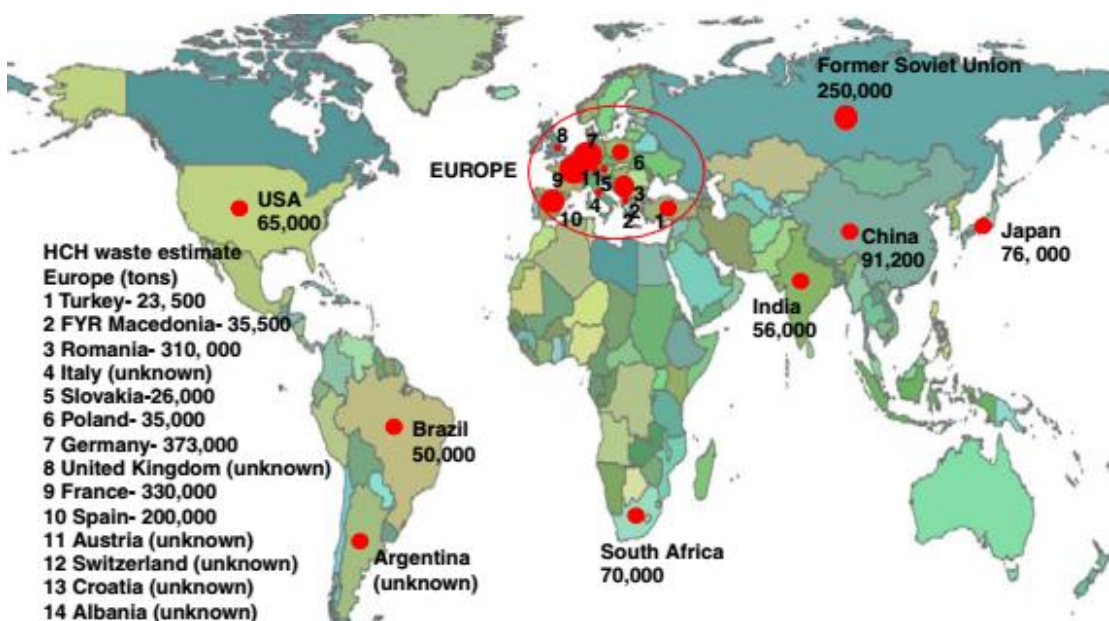


Imagen 2 (10)

Persistencia

Cuando el lindano experimenta una degradación ambiental en condiciones de campo, su periodo de semivida oscila entre unos pocos días y tres años, según los diversos factores, entre ellos, el clima, el tipo de suelo, la temperatura y la humedad. Se ha estimado un periodo de semivida en el aire de 2,3 días sobre la base de la constante de velocidad para la reacción de la fase de vapor con radicales hidroxilo en el aire. Brubaker y Hites (11) estimaron que la vida del lindano en el aire es de 96 días. El periodo de semivida en los ríos es de 3 a 30 días y en los lagos de 30 a 300 días mientras que la persistencia en el suelo es aproximadamente de 3 años.

Se ha demostrado que la evaporación es el proceso más importante en la distribución de lindano en el medio ambiente. Respecto a su degradación, la hidrólisis no resulta ser un proceso importante y a su vez se degrada muy lentamente por la acción de microbios. También es estable a la luz por lo que no sufrirá fotólisis directa en el aire, agua o suelo. Con respecto a la isomerización (del isómero gamma-HCH a alfa-HCH) no existen pruebas que indiquen que se pueda producir en fase gaseosa y en condiciones atmosféricas ambientales. Las pruebas de laboratorio indican que el gamma-HCH puede transformarse en otros isómeros en el suelo o en los sedimentos mediante la degradación biológica pero aunque la bioisomerización del lindano es posible, pareciera que el papel de este proceso en la degradación general del gamma-HCH es insignificante.

El HCH se puede bioacumular fácilmente en la cadena de alimentación por ser altamente liposoluble y tener una rápida capacidad de bioconcentración en microorganismos, invertebrados, peces, aves y mamíferos. Asimismo, la mayoría de los datos sugieren que, si bien la bioconcentración del HCH es sumamente rápida, la biotransformación, la depuración y la eliminación son relativamente rápidas una vez que se elimina la exposición.(8,9)

Transporte a gran distancia en el medio ambiente y exposición

Se ha notificado la presencia de isómeros de HCH en aves marinas y mamíferos en el Ártico a niveles equivalentes o incluso más elevados que alguno de los contaminantes más hidrofóbicos como los bifenilos policlorados y el DDT, Además, se ha notificado la presencia de HCH en la leche materna humana entre los inuit del Ártico y en mamíferos marinos. Los isómeros del HCH son los contaminantes insecticidas organoclorados más abundantes y persistentes en el Ártico. Su presencia en este lugar demuestra su capacidad de transporte a gran distancia. De esta forma los isómeros del HCH están sujetos a la “destilación global”: los climas cálidos en bajas latitudes favorecen la evaporación a la atmósfera y desde ahí, los productos químicos se transportan hacia latitudes más altas.

El lindano se puede encontrar compartimentado en todo el mundo en el medio ambiente: agua, aire, sedimentos terrestres, organismos acuáticos y los alimentos. Por lo tanto, los seres humanos están expuestos al lindano tal como lo demuestran los niveles detectables en sangre, tejido adiposo y leche materna en humanos.(6,9)

La exposición de la población en general puede provenir de la ingesta de alimentos, en especial de productos de origen animal, como la leche y la carne, como así también del agua que contenga el plaguicida. En muchos países se identificó la presencia de lindano en los tejidos de los seres humanos. Por ejemplo en los Países Bajos el contenido en sangre era aproximadamente $<0,1-0,2 \mu\text{g/l}$. Con respecto a la ingesta diaria humana de gamma-HCH se observaron diferencias claras a través del tiempo: durante el periodo

cercano a 1970 la ingesta era de hasta 0,05µg/kg de peso corporal por día, mientras que hacia la década del 80, disminuyó a 0,003µg/kg de peso corporal por día.

Las personas que viven en áreas rurales y siguen una dieta no vegetariana tienen más probabilidades de estar expuestos al gamma-HCH. Las instalaciones donde aún se produce lindano, las plantas de plaguicidas abandonadas y los lugares con desechos peligrosos, constituyen otras fuentes de exposición directa.

Con respecto a la exposición en niños, se ha detectado la presencia del gamma HCH en tejidos adiposos maternos, en la sangre materna, en la sangre del cordón umbilical y en la leche materna. También se comprobó que el lindano atraviesa la barrera placentaria. Por otra parte es preocupante el uso medicinal en niños de productos farmacéuticos que contienen esta sustancia para el tratamiento de la pediculosis y de la sarna (en EEUU se sigue utilizando en la actualidad), a pesar de que los efectos más adversos se detectaron como consecuencia del uso inadecuado.(8)

Toxicidad

El lindano es el isómero del HCH más tóxico, afecta los sistemas endocrinos y nerviosos centrales y se absorbe bien por todas las vías de contacto: digestiva, cutánea y respiratoria. (8,12)

El compuesto bloquea el flujo de iones cloruro a través de los receptores GABA_A, lo que provoca la despolarización y la hiperexcitación de las membranas sinápticas. También interfiere con el transporte de iones calcio, produciendo una elevación de los niveles de calcio intracelular, con la correspondiente liberación de neurotransmisores al espacio interneural. (13)

Por vía tópica el lindano da lugar en ocasiones a reacciones de dermatitis y por vía inhalatoria produce irritación ocular y de vías respiratorias. En la intoxicación oral aguda por organoclorados se presenta a los 30 minutos un síndrome gastroentérico (nauseas, vómitos y diarrea) sobre el que progresivamente se va instaurando un cuadro de hiperexcitabilidad neurológica (temblor, ataxia, agitación, amnesia, mioclonías). Los casos graves se presentan con convulsiones que se complican con hipoxemia, hipertermia, edema agudo de pulmón y acidosis metabólica hasta llegar a la muerte. Las convulsiones se presentan más frecuentemente en niños o ancianos y se han visto incluso tras el uso tópico de forma terapéutica o inapropiada del lindano. También se ha evidenciado depresión del SNC, insuficiencia renal aguda y arritmias. (14)

No se han descrito intoxicaciones crónicas atribuibles a esta sustancia debido al contacto con ella a dosis bajas a largo plazo. Sin embargo en trabajadores expuestos en las plantas de producción se han informado algunos casos de alteraciones hematológicas como leucopenias, leucocitosis, granulocitopenia, granulocitosis, eosinofilia, monocitosis y trombocitopenia, pero la relación de causalidad no está bien establecida. Además, las personas expuestas por cuestiones ocupacionales presentaron lindano en

suelo sanguíneo, tejidos adiposos y semen, así como un nivel significativamente más alto de hormonas luteinizantes.(9)

El lindano ha demostrado afectar al sistema endocrino en animales de laboratorio así como tener efectos en el desarrollo y sobre la reproducción. Por otro lado, los datos demuestran que el gamma-HCH tiene potencial genotóxico ya que aumenta los rompimientos cromosómicos en las células de la médula ósea en ratones expuestos y, también, se han observado daños en el ADN de células humanas de la mucosa nasal y síntesis inducida de ADN no esquematizada en ciertos tipos de células, como los linfocitos periféricos humanos. Sin embargo la Unión Europea no ha clasificado al lindano como genotóxico.(14)

Diversos estudios demostraron los efectos hepatotóxicos del lindano con incrementos en los niveles del citocromo P-450 en animales de laboratorio. También se dispone de alguna evidencia de efectos inmunotóxicos, como la inmunosupresión y respuestas suprimidas de anticuerpos, provocadas por el lindano en animales de experimentación.(7-9,12)

La dosis letal 50 (DL 50) en diferentes especies es de 25-600 mg/kg. Las dosis tóxicas humanas están alrededor de 50-100 mg/kg (para un adulto de 70 kg equivale a 3,5 g). En niños se han descrito casos con toxicidad aguda a dosis de 10 mg/kg (en un niño de 14 kg equivale a 150 mg). Para consumir esa dosis tóxica sería necesario ingerir 75.000 L de agua con una concentración de lindano de 2 ppb (límite máximo recomendado por la OMS).(12)

Con respecto a su capacidad cancerígena, durante años el gamma-HCH fue clasificado por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) dentro del grupo 2B como "posible carcinógeno" (ver Tabla 1) sin embargo recientemente esta misma agencia dependiente de la OMS indicó que había decidido clasificar al lindano como "cancerígeno para los humanos" en su categoría Grupo 1.(15)

	GRUPO	EVIDENCIA
1	Agente cancerígeno	Suficiente (personas)
2A	Probablemente cancerígeno	Limitada (personas), Suficiente (animales)
2B	Posiblemente cancerígeno	Limitada o inadecuada (personas), Suficiente (animales)
3	No clasificable en cuanto a sus efectos cancerígenos	Inadecuada (personas), Inadecuada o limitada (animales)
4	Probablemente no cancerígeno	Evidencias indicativas de ausencia de actividad cancerígena en personas y animales

Tabla 1(16)

La Environmental Protection Agency (EPA) norteamericana incluye en su clasificación de agentes carcinógenos a los distintos isómeros en sus grupos B2 (alfa-HCH y gamma-HCH), C (beta-HCH) y D (delta-HCH). Estos grupos corresponden a sustancias en que no hay evidencia de relación causal en estudios epidemiológicos humanos, aunque puede haber datos de carcinogenicidad en animales de experimentación.

HISTORIA DE INQUINOSA

Como se ha comentado previamente el gamma-HCH se produjo en diferentes fábricas a lo largo del mundo en el siglo XX. Conforme se fueron realizando denuncias y descubriendo los posibles efectos perjudiciales para la salud del compuesto y los residuos generados en su fabricación muchas de esas fábricas fueron cesando su actividad con diferente grado de eficacia y en muchos casos con irregularidades, polémicas y negligencias.

Uno de los casos más flagrantes, si no el que más, de estas irregularidades y negligencias en la gestión de una fábrica de lindano y sus residuos, se dio, por desgracia, en España. Más concretamente en Sabiñánigo, una pequeña población del pirineo Aragonés que acogió en su periferia a la tristemente conocida “Industrias químicas del Noroeste SA”: INQUINOSA.

Esta empresa abrió sus puertas en 1975 situando el complejo industrial a doscientos metros de Sabiñánigo y sobre la terraza fluvioglaciar del río Gállego. Varios periodistas y grupos de defensa medioambiental han denunciado que según la ley, la fábrica fue ilegal desde su apertura debido justamente a dicha localización ya que por ley no podía ubicarse a menos de dos kilómetros de un núcleo de población, a menos de un kilómetro de una corriente de agua y a menos de 500 metros de un pozo. De esta forma la trayectoria de Inquinosa fue controvertida desde sus inicios.(17)

Durante los primeros años de su funcionamiento la empresa vertió los residuos de la producción de lindano (isómeros de HCH, fenoles, polifenoles, benceno, etc.) en el vertedero municipal de Sardas cercano a la fábrica donde compartía espacio con residuos urbanos de la población y residuos de otras industrias químicas establecidas en Sabiñánigo. Los vertidos se hacían sin ningún tipo de medida de control, como la impermeabilización del suelo para que los residuos no acabaran en los acuíferos subterráneos.

En 1984 la empresa cambió el vertedero de Sardas por otro situado en el barranco de Bailín, siendo este ya exclusivo para la fábrica. Éste segundo vertedero tampoco contaba con medidas de seguridad y protección ambiental. Estaba localizado sobre una formación geológica constituida por estratos verticalizados de series de arcillas, areniscas y conglomerados, orientados perpendicularmente al cauce del río Gállego y con un alto riesgo sísmico. Entre 1995 y 1997, los dos vertederos se clausuraron y se aislaron de manera superficial.(18,19)

Además de estos dos vertederos, otra parte de los residuos iba a parar directamente al Río Gállego desde las cercanías de la fábrica por fallos en el sellado de los contenedores de los residuos según han afirmado algunos trabajadores a posteriori. Por último, el embalse de Sabiñánigo recibió durante décadas los vertidos directos de las diferentes industrias de la zona y de las filtraciones de los vertederos de Sardas y Bailín.

Así la empresa contaminó impunemente las aguas y los suelos de la cuenca del Gállego durante años hasta que a finales de los años 80 el escándalo empezó a salir a la luz. El 25 de mayo de 1987, la Asociación para la Defensa del Pirineo Aragonés denunció la contaminación de Inquinosa, mostrando a la prensa que alevines de trucha morían ipso facto en aguas cercanas a un vertedero, pero no aguas arriba. Los directivos entonces no dieron la cara. El 15 de marzo de 1989, seis mujeres activistas de Greenpeace, procedentes de varios países, saltaron las vallas de uno de los vertederos y algunas de ellas consiguieron encadenarse a un camión que transportaba residuos tóxicos. La Guardia Civil llegó y se las llevó detenidas. Greenpeace presentó entonces una querrela criminal contra los directivos de Inquinosa por el “gravísimo riesgo” que suponían sus vertidos. Mucha gente del pueblo salió en aquella época a defender a la fábrica de pesticidas, porque daba unos 70 puestos de trabajo.(18)

Viendo la situación, en Mayo de ese mismo año Inquinosa solicitó al gobierno de Aragón autorización para instalar una planta de “cracking” térmico para la eliminación de sus residuos. Sólo un mes después el Ministerio de obras públicas y urbanismo multó a la empresa a pagar 4 millones de pesetas por verter residuos lixiviados (En fase densa) sin depurar directamente al Gállego. La multa respondía a una denuncia de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), la cual tras realizar mediciones en las aguas del Gállego en 1988 llegó a la conclusión de que los niveles altos que encontraron de residuos eran incompatibles con una depuración y tratamiento adecuado de los residuos de la fábrica.(20,21)

Poco tiempo después ese mismo año la Diputación General de Aragón ordena la paralización de la actividad de Inquinosa y un juez admite la querrela de Greenpeace contra la empresa por vertidos de grave riesgo. Sin embargo en 1990 el gobierno de Aragón dio la autorización para producir la planta de tratamiento de residuos y de esta forma Inquinosa estuvo funcionando hasta 1994. De esta forma con la excusa de la molienda y envasado de producto recibido desde Francia la planta siguió realizando extrañas actividades hasta su clausura.(22,23)

En 1991 el Gobierno de Aragón contrató a la empresa de consultoría TPA (Técnicas de Protección Ambiental) para caracterizar la contaminación por lindano en Sabiñánigo. El informe fue claro: los vertederos de sardas y Bailín habían sido un foco de contaminación constante; en el emplazamiento de Bailín nunca se debió construir un vertedero debido a las características geológicas del emplazamiento y, determinó una serie de actuaciones urgentes. Una de ellas apremiaba a la realización de un estudio global de la situación, para elaborar un Plan de Descontaminación Integral de Sabiñánigo.(24)

En ese mismo año, un informe de la universidad de Londres afirma haber encontrado restos de pesticida en la sangre de los trabajadores de Inquinosa.(25) Por otra parte se empieza a hablar del coste desorbitado que supondría la limpieza del Gállego y las asociaciones ecologistas continúan denunciando.

Tras la campaña ecologista, la Audiencia de Huesca condenó en 1994 al director gerente de Inquinosa, Jesús Herboso Pajarrón, a una pena de dos meses de cárcel y un millón de pesetas de multa como responsable del vertido, que se ejecutaba sin autorización administrativa. La sentencia absolvió al director de la planta, José Manuel Cuartero.

En 1995 la fábrica fue definitivamente cerrada, sin embargo no fue desmantelada. En Inquinosa el tiempo se detuvo cuando el último trabajador echó el cierre, quedando dentro documentos privados, material de producción, muestras de laboratorio, sacos llenos de residuo tóxico, químicos listos para trabajar, etc. Todo fue abandonado con prisa, sin ningún cuidado ni responsabilidad convirtiendo al esqueleto de la antigua fábrica en un gigantesco foco de contaminación y residuos. (17)

Herboso Pajarrón llegó entonces a un acuerdo comercial con la empresa estatal rumana Oltchim para seguir fabricando lindano en Rumanía, de nuevo lejos de cualquier preocupación medioambiental. Y, en 1998, vendió el 50,1% de las acciones de Inquinosa International por 1,8 millones de dólares a JLM, una empresa química con un historial de violaciones medioambientales en sus fábricas de EEUU.

En un informe oficial del Gobierno mexicano elaborado en 2004, Inquinosa aparecía como el mayor productor de lindano del mundo desde su escondite en Rumanía y la empresa todavía aseguraba que el pesticida no era un contaminante orgánico persistente. En 2003, un juzgado de Huesca había sentenciado a Inquinosa a pagar 6,5 millones de euros de indemnización tras una demanda civil del Gobierno de Aragón en 1996 por los daños ambientales en Sabinánigo.(18) Pero el dinero todavía no ha aparecido. Inquinosa se ha esfumado.

FOCOS DE CONTAMINACIÓN

J.Fernández, M.A. Arjol y C.Cacho llevaron a cabo una investigación de 7 años de duración sobre la contaminación existente en el esqueleto de la fábrica de Inquinosa y su área, así como en los vertederos de la empresa(19). Se calcula que aproximadamente se produjeron 115000 toneladas de residuos organoclorados durante los 17 años que estuvo produciendo gamma-HCH Inquinosa. Dichos residuos fueron vertidos en diferentes vertederos de los cuales, muchos ni se conoce su localización. Sin embargo la investigación reveló los cuatro principales puntos más contaminantes: el área de la fábrica de Inquinosa, los vertederos de Sardas y Bailín y el embalse de Sabinánigo.

Fábrica Inquinosa

Cerrada en la década de los 90 aún sigue abandonada y en pie a día de hoy. La compañía se llevó la maquinaria de producción pero abandonó materias primas y residuos que han permanecido en el lugar desde entonces (ver imagen 3 y 4). Las investigaciones han revelado la presencia de una importante contaminación del suelo y aguas subterráneas. Además, se descubrió la presencia de líquido denso en fase no

acuosa (DNAPL) el cual proviene de los residuos líquidos derivados del proceso de enriquecimiento del gamma-HCH y de la mezcla de lotes de producción fallidos.

La principal causa de polución en el lugar fue el control de los residuos sólidos y la infiltración de los residuos líquidos. La contaminación en el suelo se asocia con la dispersión del residuo sólido llevado a cabo en los primeros años de producción sin un adecuado control. A su vez los altos niveles de contaminación en las aguas, son claros indicadores de la presencia de DNAPL en el acuífero del lugar.(19)

Se calcula que hay unas 100 toneladas de HCH, 6 toneladas de ácido 0,0-dimetil fósforoditioico y otros químicos (ver tabla 2).

La demolición y limpieza del complejo se encuentra paralizada por la complicada situación legal a la que está sujeta. La fábrica fue subastada cuando cesó la producción. Así fue cómo las instalaciones fueron adquiridas por el mismo equipo de juristas que asesoró al industrial e, incluso, por un grupo de empresarios de la zona que vio una oportunidad de crecimiento inmobiliario en esos terrenos. Por su parte el antiguo dueño de la empresa no ha pagado lo que se le exige desde el gobierno de Aragón por los daños causados y éste no parece dispuesto a desembolsar una ingente cantidad de dinero público para limpiar una propiedad que posteriormente será aprovechada de manera privada.(26) Sea como sea, el futuro de este punto de contaminación es totalmente incierto.



Imagen 3(17)



Imagen 4(17)

Tabla 2 (19)

Table 1 Concentration of HCH isomers, chlorobenzenes, benzene, chlorophenol, and other chlorinated and related nonchlorinated compounds in soil and groundwaters at INQUINOSA production site

Parameter	Soil (28 samples)				Water (16 samples)				DNAPL (1 sample)	
	Unit ^a	NGR ^b industrial (soil limited value)	Maximum	Mean	Unit	Maximum	Mean	Minimum	Parameter	Weight percent
Benzene	µg/kg	10,000	60,000	2,546	µg/L	120,000	37,633	1.800	Benzene	3
Phenol	µg/kg	100,000	2,200	341	µg/L	310	139	13	Monochlorobenzene	4
Monochlorobenzene	µg/kg	35,000	1,600,000	65,167	µg/L	42,000	16,428	370	Dichlorobenzenes	7.92
Dichlorobenzenes	µg/kg	40,000	247,300	10,561	µg/L	8,200	2,535	<1	Trichlorobenzenes	6.47
Trichlorobenzenes	µg/kg	90,000	801,600	38,162	µg/L	2,007	701	<1	Tetrachlorobenzenes	3.66
Tetrachlorobenzenes	µg/kg	—	279,000	12,504	µg/L	245	93	<1	Pentachlorobenzene	0.24
Pentachlorobenzene	µg/kg	—	20,000	955	µg/L	16	6	<0.1		
Dichlorophenols	µg/kg	10,000	1,900	308	µg/L	43	15	<1	Tetrachlorocyclohexene	0.25
Trichlorophenols	µg/kg	100,000	4,200	648	µg/L	123	34	<1	Pentachlorocyclohexenes	4.31
Tetrachlorophenols	µg/kg		9.6	—	—	—	—	—	Hexachlorohexadiene	0.91
Pentachlorophenol	µg/kg	1,000	3,200	452	µg/L	3	1	<1	Heptachlorocyclohexane	16.01
Monochlorophenols	µg/kg	100,000	640	161	µg/L	77	22	<1	α-HCH	5.95
α-HCH	µg/kg	1,000	57,000,000	2,303,197	µg/L	2,000	730	21	β-HCH	15.29
β-HCH	µg/kg	1,000	5,600,000	245,523	µg/L	1,400	712	20	γ-HCH	14.78
γ-HCH	µg/kg	1,000	9,700,000	406,837	µg/L	2,800	1,158	9	δ-HCH	1.74
δ-HCH	µg/kg	—	2,200,000	105,722	µg/L	7,600	2,269	13	Unknown ^c	24.06
ε-HCH	µg/kg	—	2,700,000	138,885	µg/L	1,400	640	31	Density (g/cm ³)	1.41
Total HCH	µg/kg	—	74,730,000	3,200,165	µg/L	15,000	5,509	94		

^a Units in micrograms per kilogram dry matter

^b Nivel Genérico de Referencia (NGR or generic reference level [GRL]) maximum concentration acceptable for land use in Spanish law

^c Chromatographically not resolvable constituents

Vertedero de Sardas

Se estima que en este lugar fueron vertidas entre 30000 y 80000 toneladas de residuo sólido de HCH 2000 toneladas de residuo líquido (DNAPL). El volumen total de residuos del vertedero es aproximadamente 350000 metros cúbicos. El lugar carece de un sistema de revestimiento de la cuenca y no tiene tratamiento de lixiviados o otras medidas de control. Los residuos organoclorados han producido un pH de 13 en el lugar. A parte de residuos de HCH, el vertedero también contiene grandes cantidades de hidrocarburos y metales.

Las investigaciones han demostrado que la base del vertedero está saturada y en contacto con las aguas subterráneas, es más, se descubrió una gran piscina de DNAPL en la zona de aguas bajo el vertedero. El vertedero no es seguro con un simple sistema de revestimiento inferior. La contaminación por DNAPL ya ha afectado a los depósitos de aguas subterráneas los cuales están directamente ligados a las aguas del río Gállego (ver imagen 5). Afortunadamente la contaminación de las aguas subterráneas es retenida por el embalse que mantiene el agua superficial retenida a un nivel superior al del subsuelo. Se ha estimado que se filtra aproximadamente 120kg de residuo cada año al río Gállego.(19)

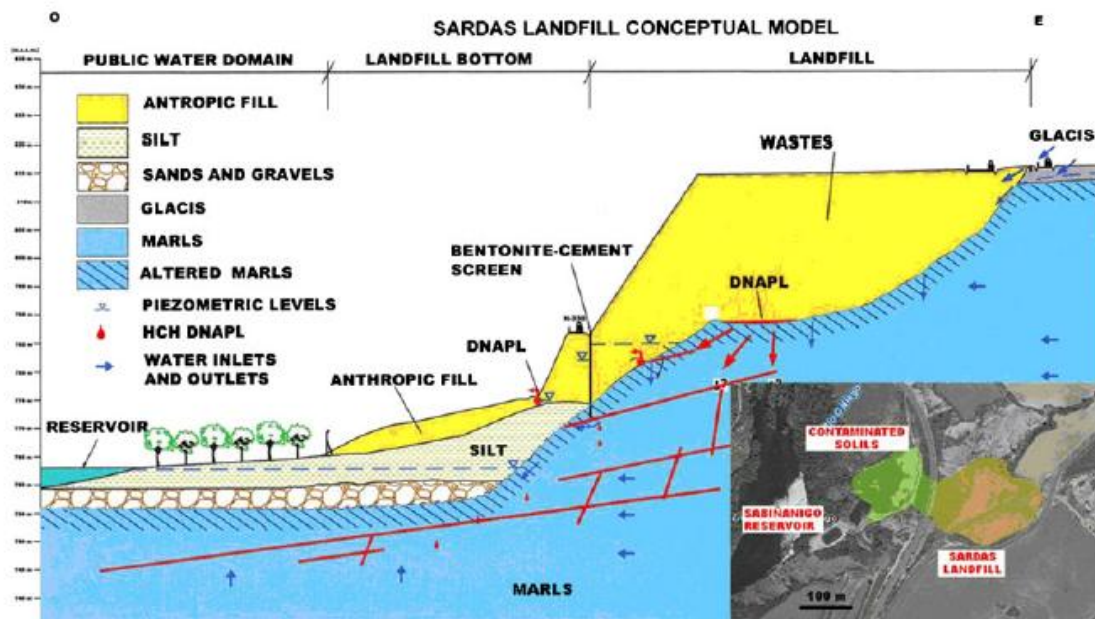


Imagen 5: modelo de los investigadores para el vertedero de Sardas (19)

Vertedero de Bailín

Entre 1984 y 1992, el barranco de Bailín situado a 3 kilómetros de Sabinánigo se usó para albergar los residuos sólidos industriales y residuos urbanos. Además contenía otro vertedero de residuos de HCH para Inquinosa (ver imagen 6). El volumen total del vertedero se estima en 180000 m³ y contenía de 30000 a 80000 toneladas (algunas fuentes hablan de más de 100000) de HCH sólido y 2000 toneladas de DNAPL de organoclorados.

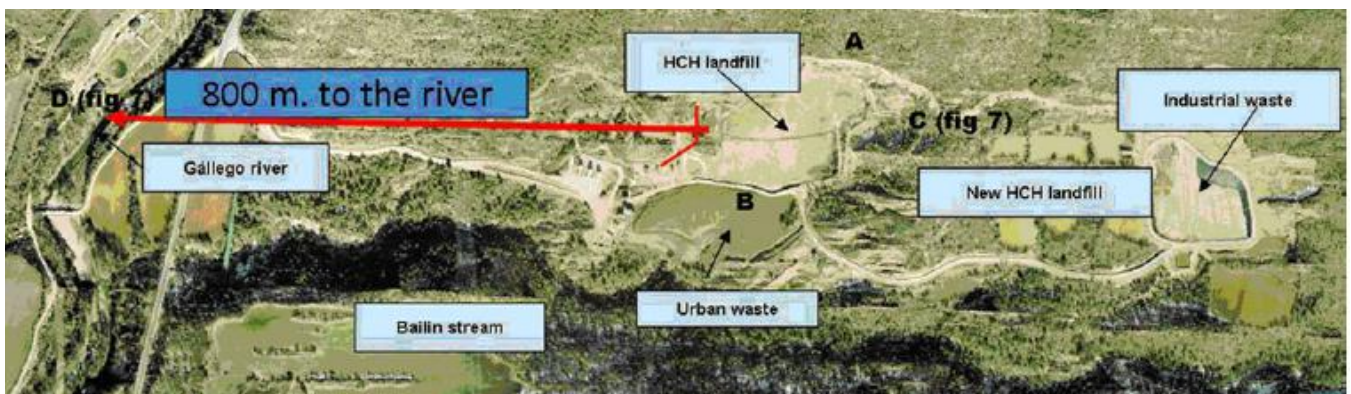


Imagen 6 (19)

El vertedero no tiene ningún sistema de recubrimiento inferior como medida de seguridad. En 1996 se instaló una cubierta de polietileno para cubrir la superficie.

La columna de contaminación de DNAPL es una mezcla de benceno, clorobenceno, clorofenoles, alcoholes e isómeros de HCH comprendiendo densidades de 1,5cps a 950g/kg. Este conjunto de DNAPL se mueve barranco abajo a través de los diferentes

estratos geológicos hacia el Río Gállego situado a 800 metros (ver imagen 7). La columna ha alcanzado profundidades entre 20 y 40 metros y ha sido detectada a una máxima distancia de 150 metros barranco abajo desde el vertedero.(19)

El flujo de contaminación en el agua subterránea ha alcanzado el río Gállego. Se han registrado picos de 1 $\mu\text{g/l}$ de HCH en el fondo del río, con una concentración media de 0,57 $\mu\text{g/l}$. Ésta disminuye por debajo de los niveles detectables (0,1 $\mu\text{g/l}$) 2,5 kilómetros río abajo debido al incremento de la corriente en una planta hidráulica y la consecuente dilución que se produce. Sin embargo, ocasionalmente se han registrado niveles cercanos al límite de 0,1 $\mu\text{g/l}$ en esta localización.

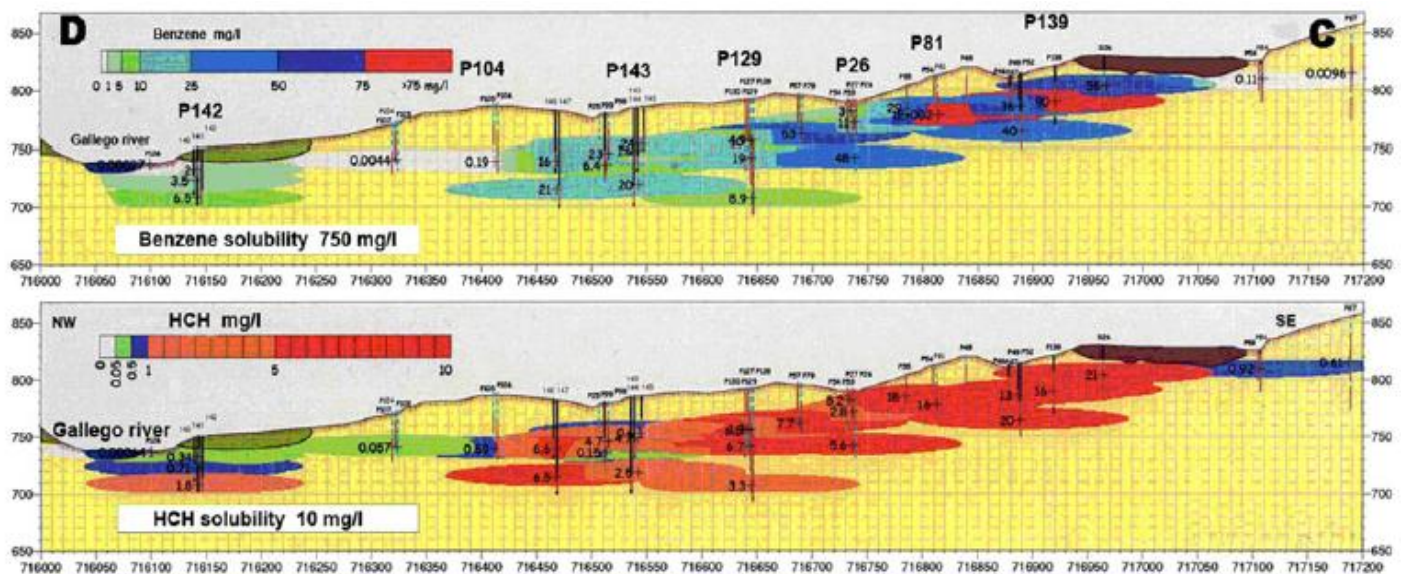


Fig. 7 Distribution of benzene and HCH plume in May 2011 (cross-section in Fig. 6)

Imagen 7 (19)

El nivel límite de HCH en agua subterránea establecido por el “consejo directivo para las sustancias prioritarias en el marco del agua” es de 0,02 $\mu\text{g/l}$ con un máximo de 0,04 $\mu\text{g/l}$ en picos máximos temporales. Se ha calculado que la liberación desde las aguas subterráneas del vertedero de Bailín al río Gállego es de 20 kilogramos de HCH por año. Las estimaciones están basadas en las aguas subterráneas y no consideran otras fuentes de difusión del vertido.(19)

Es evidente que estos niveles de contaminación exigían una respuesta inmediata. Por una parte se centró la estrategia de tratamiento en abordar el flujo de la columna de DNAPL y controlar el acuífero. Así se estableció un sistema con el cual el DNAPL es extraído del acuífero con un sistema de bombeo programado que previene el desplazamiento de la columna de contaminación. Se han extraído ya 20000 litros de DNAPL y una media de 15000m³ por año desde el inicio del proceso. Todos los residuos extraídos son enviados a una planta de incineración de residuos en Francia.

Además de controlar el DNAPL, había que hacer algo con la fuente de contaminación sólida: Se propuso construir otro vertedero.

Para la construcción se eligió un lugar cercano al viejo vertedero, en el mismo valle. Debido a peticiones locales y cuestiones de seguridad, se desecharon otros lugares más alejados y con mejores condiciones hidrogeológicas. Por otra parte la alternativa de destruir los residuos sólidos en vez de trasladarlos fue rechazada debido a algunas razones(19):

- El número limitado de técnicas de destrucción y la duración de varios años para completar el proceso incluyendo las necesidades de transporte y almacenamiento.
- La necesidad de remover la fuente de contaminación en poco tiempo como primera medida para proceder al saneamiento del acuífero.
- Las grandes cantidades de residuos requerían un adecuado `reabordaje y una mejor disponibilidad de centrales de destrucción térmica, lo cual asociaba un coste muy elevado.



Imagen 8 (17)

El nuevo vertedero fue construido con todas las medidas de seguridad necesarias para contener todos los residuos de Bailín, Sardas y la fábrica de Inquinosa (ver imagen 8). Una vez construido se programó para 2014 la operación de traslado de los residuos del antiguo vertedero de Bailín al nuevo. Este hecho provocó, debido a la movilización de tantas toneladas de residuo, gran cantidad de filtraciones de residuo al río, lo que afectó a las poblaciones dependientes de él y devolvió el lindano a la palestra de la opinión pública causando un gran fenómeno mediático.

SITUACIÓN ACTUAL: DE 2014 HASTA HOY

Durante el verano de 2014 se llevó a cabo el traslado de los residuos al nuevo vertedero de Bailín. Era la primera vez que se realizaba un procedimiento de éstas características y no estuvo exento de errores, algunos tan importantes como movilizar el HCH en días de fuerte viento con la consiguiente expansión aérea del pesticida llegando a encontrarse restos del mismo en Ibones del Pirineo situados al norte del vertedero(27). La operación que duró hasta septiembre de 2014 estuvo al cargo de la conserjería de Medio ambiente del gobierno de Aragón. Se movilizaron 65000 toneladas de residuo sólido de HCH.

Sin embargo esta gran movilización de residuos provocó un movimiento de DNAPL al subsuelo y esto, junto con las peores lluvias torrenciales en medio siglo, provocó que desde el vertedero de Bailín se vertiera una gran cantidad de Lindano río abajo.

Según la conserjería de medio ambiente, desde Febrero hasta finales de julio de 2014 los niveles de HCH registrados eran $< 0,1\mu\text{g/L}$. A partir del 3 de Julio se multiplicó por 6, incluso por 12 lo que provocó que empezara a rebasarse el umbral sanitario de la OMS de agua en boca: $2\mu\text{g/L}$. A lo largo de Julio se midieron concentraciones de hasta $0,78\mu\text{g/L}$ de α -HCH y de $1,38\mu\text{g/L}$ de HCH total. Al final de ese mismo mes, los niveles volvieron a multiplicarse hasta situarse en $6,39$ y $7,32\mu\text{g/L}$. Tanto esas cifras como las de Agosto (ver imagen 9) se quedan pequeñas con los picos alcanzados en Septiembre: $26,44\mu\text{g/L}$ de α -HCH y $38,8\mu\text{g/L}$ de HCH total.(28) Teniendo en cuenta que el límite legislativo que impone la UE es de $0,1\mu\text{g/L}$ estamos hablando de datos significativamente importantes.(12)

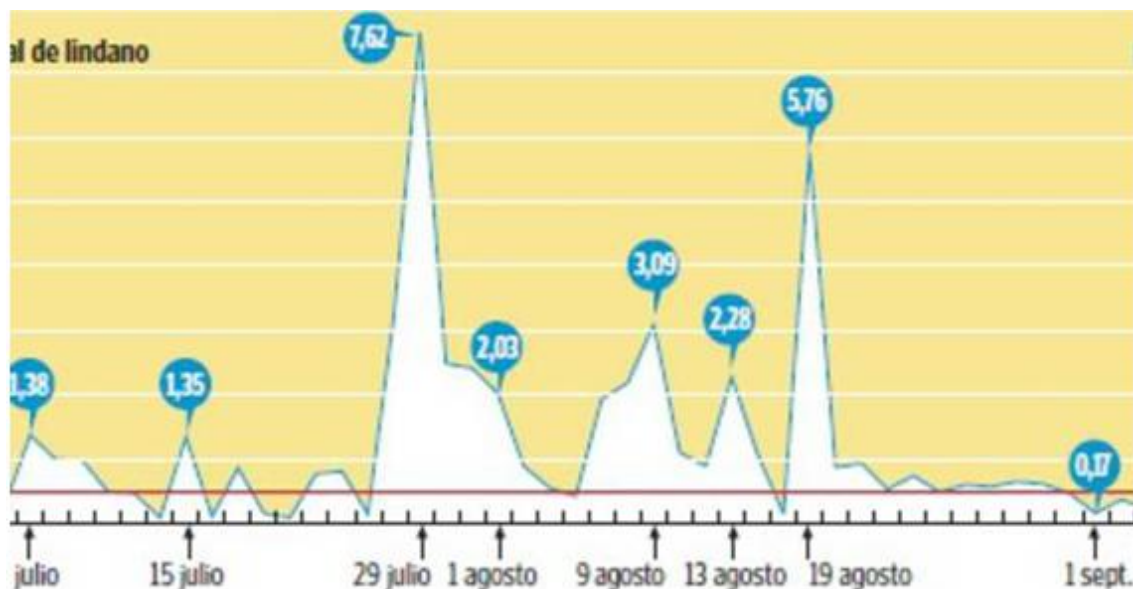


Imagen 9 (28)

Sin embargo Medio Ambiente no alertó de esos niveles alegando que los niveles legales para los vertidos es de 50 µg/L, sin embargo hubo controversia por si ese límite legal se podía aplicar al agua del río. De esta forma no fue hasta el 20 de Septiembre que se dio la alarma sanitaria en Santa Eulalia de Gállego por niveles de HCH en el agua superiores a los límites sanitarios y se corta el abastecimiento en 12 pueblos. Se genera un gran revuelo y se evidencia la falta de coordinación entre las conserjerías de medio ambiente y sanidad.

En Octubre la Confederación Hidrográfica del Ebro abre un expediente sancionador al Gobierno de Aragón por sobrepasar la contaminación permitida en el barranco de Bailín. Por su parte ecologistas en acción y Chunta Aragonesista denuncian la contaminación a la fiscalía de Jaca. Salud Publica por su parte mediante un informe afirma que los niveles de contaminación no son perjudiciales para la salud. A finales de este mes se inutiliza el embalse de la Sotonera cortando el abastecimiento del mismo con agua del Gállego hasta el 9 de Diciembre. Además, se instalan filtros de carbono en los pueblos afectados.(29)

Los datos en el Barranco de Bailín registrados por la CHE corresponden al periodo de 21 de abril de 2014 hasta su última medición publicada el 26 de noviembre de 2014.

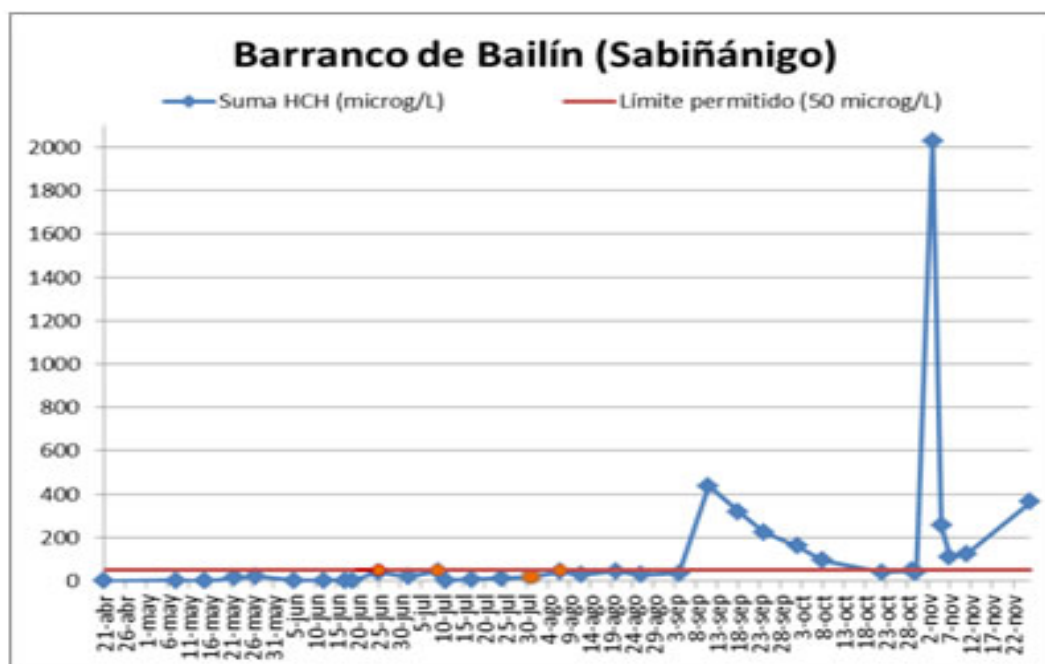


Imagen 10 (30)

El gráfico muestra las cantidades registradas de HCH en este periodo junto con el límite permitido de vertido: 50 µg/L. A partir del 11 de septiembre, de las 14 mediciones tomadas, 10 de ellas superan los límites permitidos (71,4% de las mediciones registradas) llegando a los 438 µg/L el 11 de septiembre y a 2027 µg/L el 3 de noviembre, y manteniéndose por encima de los 50 µg/L durante ambos meses.

El resto de los puntos de muestreo de la CHE para los que existen mediciones periódicas registradas son La Peña (pie de presa), Ardisa y Azud de Camarera que

corresponden al periodo del 24 de septiembre al 9 de diciembre y se comenzaron a registrar después de que los pueblos afectados (Murillo de Gállego, Santolaria de Gállego y Biscarrués) dieran la voz de alarma. El periodo crítico detectado en Bailín

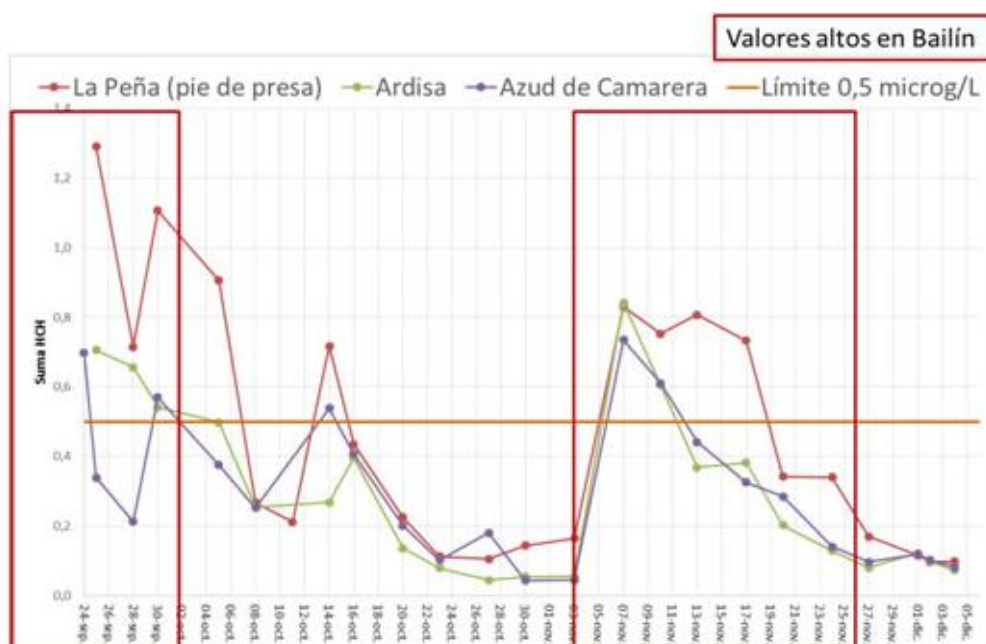


Imagen 11 (30,31)

entre el 11 de septiembre y el 2 de octubre afectó a los tres puntos de muestreo dándose las concentraciones más altas en el punto más cercano a Bailín (La Peña) pero casi por igual a Ardisa y Azud de Camarera (lo que no deja de ser sorprendente por la distancia existente entre estos dos puntos).(30)

De esta manera los niveles fueron descendiendo progresivamente hasta hacerse prácticamente indetectables a principios de 2015:

10/11/2014	0,752 µg/L HCH total
13-17/11/2014	0,807 µg/L HCH total
20/11/2014	0,343 µg/L HCH total
5-7/12/2014	0,072 µg/L HCH total
15/1/2015	<0,005 µg/L HCH total

Fuente: Confederación Hidrográfica del Ebro(31)

Finalmente la alarma sanitaria pasó y no hubo más elevación de niveles HCH en las aguas del río Gállego hasta hoy. Sin embargo el barranco de Bailín si que demostró niveles superiores a los permitidos tras las lluvias de Febrero de 2016 por lo que sigue siendo controvertida la seguridad del nuevo vertedero y de los contaminantes filtrados a la tierra circundante. En este sentido la Confederación Hidrográfica del Ebro tiene previsto acometer las obras de una variante para separar las aguas limpias de las escorrentías contaminadas que arrastra el barranco y evitar que la depuradora que filtra el lindano rebose hacia el río(32). Sin embargo la opinión pública y los vecinos de los pueblos afectados, así como movimientos vecinales y asociaciones ecologistas siguen

pregonando el gran peligro de contaminación que suponen el nuevo Bailín y el viejo Sardas.

PELIGRO REAL

La controversia generada por el problema con el gamma-HCH en la cuenca del río Gállego ha generado inevitablemente una avalancha de información sobre la población que, en algunos casos, no ha contenido información totalmente veraz y ha colaborado en la creación de una alarma sanitaria dejando de lado la evidencia científica existente.

Titulares como “El Chernóbil Español”(17) o “La herencia maldita” inducen al lector al catastrofismo desde el primer instante. Si bien es cierto que el problema ambiental al que se enfrenta Aragón es grande, eso no quita que se estén tomando poco a poco las medidas oportunas para la protección del medio ambiente y sobre todo de la salud pública. La inacción política es un dogma que ha sido repetido constantemente por las informaciones de prensa, Grupos ecologistas(24) o plataformas vecinales como “LindanoNO”, sin embargo y como ya se ha analizado en este trabajo, pese a que durante el final del siglo XX todo fue muy confuso y no se pudo actuar con rapidez, en los últimos años no se ha dejado de realizar estudios de análisis para conocer el alcance del problema y se han llevado a cabo medidas para el control de los residuos tanto sólidos como lixiviados dentro de la capacidad legal y económica de la que se ha dispuesto.

Se han aportado informaciones lapidarias como que “se podría destruir toda la cuenca del Ebro” o que “son residuos prácticamente indestructibles”(33) o que el lindano nunca desaparecerá”. Por otro lado se dice que se debe limpiar el río como objetivo final mientras que desde la CHE afirman que para extraer los restos sedimentados en el río habría que destruir este y que lo prioritario es el control de las fuentes de los residuos. Respecto a esto último se insiste en que “no se ha hecho nada” y en que el nuevo vertedero de Bailín es insuficiente además de haber abandonado el de Sardás y los restos de la fábrica de Inquinosa. La realidad es que desde 1992 se han invertido 54 millones de euros para luchar por la descontaminación, con una aportación del Gobierno de Aragón de 38 millones. En Bailín se cuenta con una celda segura a largo plazo (30 años) donde se han aislado los residuos sólidos existentes en dicho barranco. También se cuenta con más de 200 sondeos de control, dos depuradoras que tratan 15.000 m³/año de aguas muy contaminadas y un laboratorio. En Sardas se disponen de más de 80 sondeos de control y una depuradora que trata más de 10.000 metros cúbicos anuales. Además Está pendiente de ejecutar por la AGE-CHE el bypass que permita separar las aguas de escorrentía, evitando así la depuración de las no contaminadas. Si bien es verdad que los lixiviados del barranco de Bailín siguen filtrándose al Gállego cuando llueve, lo que da una seguridad relativa.

Con respecto a la alarma sanitaria generada también se han dado informaciones que aumentaban el grado de peligrosidad sanitaria. Explicaciones incompletas sobre la capacidad cancerígena de los vertidos sin hacer caso a la cantidad, afirmaciones de “metabolización imposible” o incluso en un reportaje emitido en televisión en el cual se relaciona directamente sin aportar ningún criterio de causalidad un fallecimiento por enfermedad neurodegenerativa con la presencia de gamma-HCH en el agua. También se ha llegado a menospreciar un informe de la AASA interpretándolo como una información tranquilizadora enfocada a ocultar información a los ciudadanos.

Por otra parte es comprensible cierta desconfianza después de lo acontecido en 2014. El retraso en dar la alarma sanitaria y permitir consumir agua con niveles por encima de los permitidos según la OMS durante dos meses para luego cortar el suministro hizo mella en la población. Además es innegable que ha habido una mala comunicación sanitaria desde el gobierno, lo cual unido al escándalo mediático ha creado una falsa percepción de peligrosidad.

Sin embargo, pese a las negligencias existentes durante años y especialmente en el evento de 2014, ¿cuál es la realidad?

Sabemos que la dosis letal en humanos (DL50) está alrededor de 50-100mg/Kg en adultos y 10mg/Kg en niños. Siempre de forma aguda. Los límites en agua de bebida que no deben ser superados según la recomendación de la OMS son de 2 µg/L (ppb) fundados en la aceptación de una ingesta diaria admisible de hasta 0,005 mg/kg.

El concepto de ingesta diaria admisible (ADI) es un dato definido por las agencias sanitarias internacionales que determina la concentración de distintas sustancias en los alimentos que pueden ser consumidas de manera diaria durante toda la vida por toda la población sin producir efectos nocivos para la salud. Este dato se define a partir de datos en experimentación animal donde se establecen niveles sin efecto observado (NOELs). Los límites de residuos en agua parten de aceptar que la ingesta de estos supone un 1% de la ADI para un sujeto de 60 kilos que consume 2 litros de agua/día.(34)

Con respecto a los recientes años sabemos que las mediciones de la CHE han dado niveles indetectables de continuo salvo en el incidente de 2014. Los picos máximos de concentración de gamma HCH durante el verano (cuando se permitió el consumo de agua) son de 7,62 µg/L; 5,76 µg/L y el más alto de 38,8 µg/L en Septiembre. Posteriormente se cortó el suministro por lo que no se consumió más agua contaminada evitando los altísimos niveles registrados en Octubre y Noviembre.

De esta forma pese a que se consumió agua con niveles muy por encima de los niveles de la OMS, fue durante corto tiempo y sin ningún peligro de llegar a la dosis letal. La evidencia científica nos dice que no se han descrito intoxicaciones crónicas debido al contacto con HCH a dosis bajas a largo plazo.

Sin embargo incluso dentro de la comunidad científica hay discrepancias sobre el tema. Un investigador de la universidad de Granada que ha demostrado la presencia de pesticidas en tejido adiposo de mujeres adultas y jóvenes del sur de España, así como en placenta y cordón umbilical, afirma que no se tiene en cuenta el riesgo de bioacumulación en estos tejidos para la población afectada por la contaminación de Inquinosa. Pese a que esté mucho más controlada la situación, no se conoce el nivel de contaminante que se pudo llegar a ingerir durante el tiempo que Inquinosa funcionó sin ningún control. Éste investigador ha llegado a afirmar que “es como si los mecanismos de análisis estuvieran dirigidos a no encontrar nada”. Él defiende que no se puede evaluar la toxicidad individual de cada tóxico presente en los vertederos sino que hay que evaluar el “efecto cóctel” que pueden hacer todos juntos, aunque sea en concentraciones individuales bajas. Además, duda de la asociación de valores ambientales con la evaluación de la enfermedad humana.(35)

Sea como fuere y sabiendo que el gamma-HCH está ya clasificado como cancerígeno y su peligrosidad de bioacumulación en tejido adiposo, hay que tomar en consideración la postura de éste investigador y pensar en el largo plazo por lo que no sería descabellado el plantear un estudio prospectivo de seguimiento de la población posiblemente afectada durante años (desde la apertura de la fábrica, hasta nuestros días) y analizar los resultados con detenimiento. En esta línea ya se realizó un estudio en el que se analizaba los residuos de organoclorados presentes en el tejido adiposo de la población de Zaragoza.(36)

Por otra parte es cierto que existen antecedentes de grandes exposiciones a organoclorados en otras partes del mundo en las que si se dieron síntomas tempranos como la ingestión de semillas tratadas con hexaclorobenceno en Turquía durante el período de 1956 a 1969 que fue responsable de una epidemia de porfiria cutánea tardía.(37)

De esta forma que durante 41 años desde la apertura de la fábrica y tras 115000 toneladas de vertidos realizados durante la etapa de producción más los vertidos de los vertederos al río Gállego, ninguno de los médicos que atienden a la población posiblemente afectada (ver Imagen 12) haya comunicado ninguna incidencia posiblemente relacionada con el consumo de agua contaminada, así como la ausencia de variaciones epidemiológicas de interés en lo referente a incidencia de tumores (ver imagen 13) y esperanza de vida, hace pensar en que el peligro sanitario por los vertidos de Inquinosa es muy bajo hasta que se demuestre lo contrario.

Imagen 12 Fuente: Servicio Aragonés de Salud

Sanitary area	Health care centers	General Practitioners	Paediat	Nurses	Villages/Towns
HUESCA	CS Sabiñánigo	6	2	6	Sabiñánigo, Hostal de Ipies, Caldearenas
HUESCA	CS Ayerbe	5	0	2	Anzánigo, Triste, Biscarrues, Ardisa, Santa M ^a de la Peña, Riglos, Murillo de Gallego, Santa Eulalia de Gallego
HUESCA	CS Almudevar	6	0	6	Gurrea de Gallego, La Paúl, Almudevar
ZARAGOZA I	CS Luna	3	0	3	Puendeluna, Marracos
ZARAGOZA I	CS Zuera	9	2	9	Ontinar de Salz, San Mateo de Gallego, Zuera
ZARAGOZA I	CS Santa Isabel	12	4	14	Peñaflor, Montañana
ZARAGOZA I	CS Parque Goya	7	3	9	San Juan de Monzarrafar
ZARAGOZA I	CS La Jota	18	5	20	Avenida Cataluña, Vadorrey

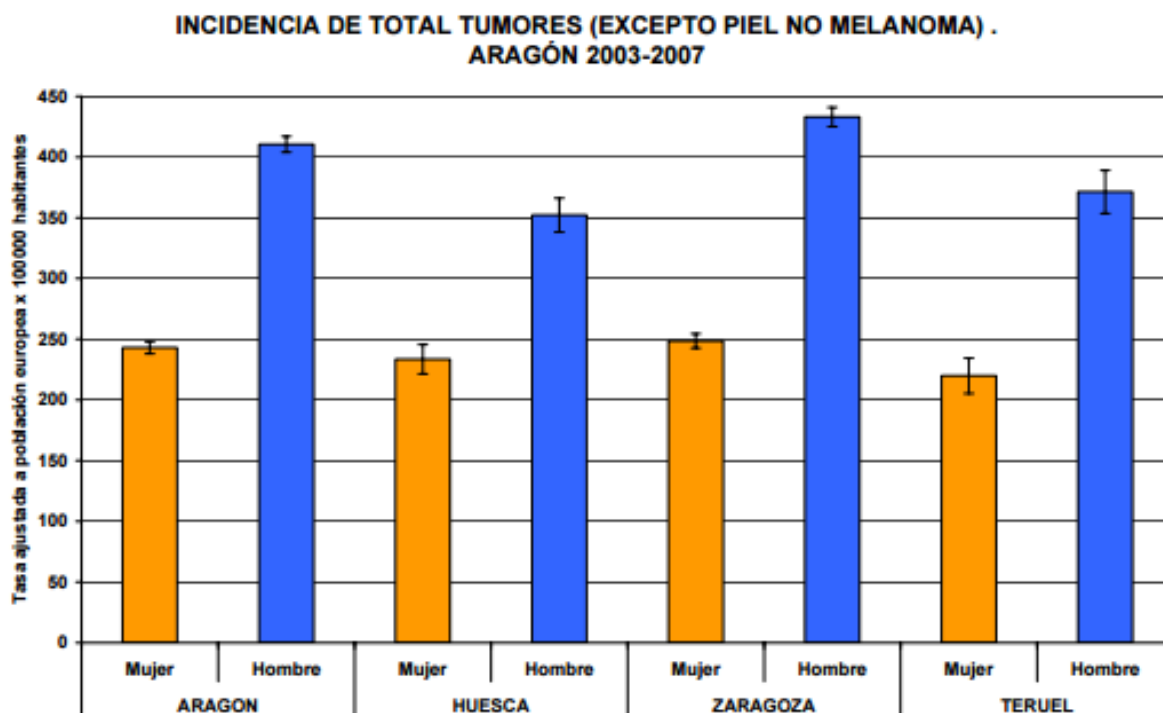


Imagen 13 (38)

CONCLUSIÓN

La producción de gamma-HCH llevado a cabo por Inquinosa sin ningún tipo de control ambiental y de gestión de residuos ha provocado la creación del foco más grande de contaminación por residuos de Lindano de toda Europa. La totalidad de residuos contaminantes distribuidos entre los restos de la fábrica abandonada y los vertederos municipales de Sardás y Bailín alcanzan las 160000 toneladas aproximadamente, lo que da una idea del grave problema ambiental que sufre Aragón. Por si fuera poco, el responsable de la empresa el cual ha sido condenado a pagar alrededor de 20 millones de Euros se lava las manos y no quiere saber nada del asunto ni por supuesto pagar. Desde que se descubrió el escándalo de los vertidos incontrolados la acción ha sido lenta pero continua. Si bien se acusa a las instituciones de lentitud en aplicar alguna medida eficaz antes de que se produjera una contaminación grave.

Fue ya en la década del 2000 que tras un estudio exhaustivo de los focos contaminantes se descubrió la cantidad de residuos sólidos y las bañeras de lixiviados que se filtraban al subsuelo y mediante corrientes subterráneas llegaban al Río Gállego. De esta forma en 2014 se dio el primer paso trasladando los residuos del barranco de Bailín a un nuevo vertedero con las medidas de seguridad apropiadas. Sin embargo durante este proceso se produjo un corrimiento de tierras que produjo un gran vertido de residuos y una contaminación de la cuenca del Gállego que creó una alarma sanitaria y obligó al corte del suministro de agua.

A día de hoy se han invertido 54 millones de Euros en el control de este problema, sin embargo el coste de la eliminación definitiva de los residuos se prevé antológico e inadmisibles por el gobierno autonómico y el central dado la situación económica que atraviesa el país por lo que se necesitará financiación europea para abordar este gran problema

Recientemente se incluyó al gamma-HCH dentro del grupo de agentes cancerígeno de la clasificación de la IARC y es conocida su capacidad de bioacumulación en el tejido adiposo así como su neurotoxicidad en la intoxicación aguda. Sin embargo no se han descrito intoxicaciones crónicas debido al contacto con HCH a dosis bajas a largo plazo.

Con respecto a la alarma sanitaria generada en Aragón, sabemos a día de hoy que los niveles de gamma-HCH e isómeros en agua de boca están bajo mínimos detectables y bien controlados por la infraestructura creada, por lo que salvo durante el incidente de verano de 2014 (investigado actualmente en los juzgados) la población no ha consumido agua con niveles dañinos para la salud. Si bien es cierto que no se debe dejar de lado la solución definitiva del problema y el continuo control de los niveles de pesticida en el agua, se debe comunicar adecuadamente a la población el nulo peligro toxicológico que representa actualmente el río Gállego.

Con respecto al futuro se debería plantear una vigilancia epidemiológica exhaustiva e incluso un estudio prospectivo de seguimiento de la población de Sabiñánigo y los pueblos de la cuenca del Gállego para tener una visión más real del impacto del consumo de agua con pesticida durante el periodo previo a la paralización de la fábrica y el posterior hasta que se tomaron medidas adecuadas. Aún así la ausencia de notificaciones médicas en el área afectada que se pudieran relacionar con el lindano durante todos estos años da la perspectiva optimista de que pese a la catástrofe que ha supuesto Inquinosa a nivel ambiental, no ha sido así a nivel de salud pública.

BIBLIOGRAFÍA

1. Fernícolal N a GG De. Toxicología Organoclorados. Bol La Of Sanit Panam. 1985;98(1):10–9.
2. Iris C. Antecedentes Plaguicidas. 2004;3–52.
3. Calva, Laura Georgina; Torres MDR. Plaguicidas organoclorados. ContactoS. 1998;30:35–46.
4. R JC. Real Decreto 1054/2002. 2002;36188–220.
5. Biblioteca Virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental. Características generales de los plaguicidas organoclorados [Internet]. Ops. 2006. p. 7–25. Available from: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/033965/033965-02-A1.pdf>
6. Klaasen CD, Watkins III JB. Casarett y Doull Fundamentos de Toxicología. 1^a ed. Mc.Graw.Hill; 2005.
7. Mencias Rodriguez E, Mayero Franco LM. Manual de Toxicología Básica. 2000.
8. Naciones Unidas. Perfil de Riesgos del Lindano. Conv Estocolmo sobre Contam orgánicos persistentes Com Exam los Contam Orgánicos Persistentes Segunda Reun. 2006;
9. ATSDR. Toxicological profile for alpha-, beta-, gamma-, and Delta-Hexachlorocyclohexane. 2005;(August):377.
10. Vijgen J, Abhilash PC, Li YF, Lal R, Forter M, Torres J, et al. Hexachlorocyclohexane (HCH) as new Stockholm Convention POPs-a global perspective on the management of Lindane and its waste isomers. Environ Sci Pollut Res. 2011;18(2):152–62.
11. Brubaker WW, Hites RA. Environmental Science and Technology. 1998. 32: 766–769 p.
12. Aragonesa A, Alimentaria DS. Informe preliminar sobre valoración del riesgo de la exposición a lindano en agua de consumo humano. 2000;1–3.
13. Moreno Grau MD. Pesticidas. In: TOXICOLOGÍA AMBIENTAL Evaluación de riesgo para la salud humana. 2003. p. 280–8.
14. IARC. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals

- to humans: Some Halogenated Hydrocarbons. Vol. 20, Food and Chemical Toxicology. 1979. 717 p.
15. IARC (International Agency for Research on Cancer). Press Release 236: IARC Monographs evaluate DDT, lindane, and 2,4-D. 2015;(June):2. Available from: http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2015/pdfs/pr236_E.pdf
 16. Moreno Grau MD. Clasificación de los compuestos cancerígenos. In: TOXICOLOGÍA AMBIENTAL Evaluación de riesgo para la salud humana. 2003. p. 109–13.
 17. http://www.elconfidencial.com/espana/2016-01-27/sabinanigo-agua-contaminada-aragon-chernobil_1138180/. 2016.
 18. <http://esmateria.com/2013/02/06/uno-de-los-lugares-mas-contaminados-por-pesticidas-del-mundo-esta-en-espana/>.
 19. Fernández J, Arjol MA, Cacho C. POP-contaminated sites from HCH production in Sabinánigo, Spain. Environ Sci Pollut Res. 2013;20(4):1937–50.
 20. http://elpais.com/diario/1989/05/15/sociedad/611186407_850215.html. 1989.
 21. http://elpais.com/diario/1989/06/16/sociedad/613951211_850215.html. 1989.
 22. http://elpais.com/diario/1989/06/21/sociedad/614383209_850215.html. 1989.
 23. http://elpais.com/diario/1990/03/12/sociedad/637196406_850215.html. 1990.
 24. <http://www.ecologistasenaccion.es/article14631.html>.
 25. http://elpais.com/diario/1991/05/07/sociedad/673567204_850215.html. 1991.
 26. http://www.elperiodicodearagon.com/noticias/aragon/abandono-inquinosa-amenaza-disparar-contaminacion-lindano_979834.html.
 27. Santolaria Z, Arruebo T, Pardo A, Matesanz JM, Bartolomé A, Caixach J, et al. Evaluation of Airborne Organic Pollutants in a Pyrenean Glacial Lake (The Sabocos Tarn). Water Air Soil Pollut. 2015;226(11):1–15.
 28. http://www.heraldo.es/noticias/aragon/2014/10/07/la_che_revela_que_dga_supone_primeros_julio_que_los_niveles_lindano_estaban_disparando_314436_300.html.
 29. II Boletín movimiento lindano no. 2015.
 30. Lacruz B. Estudio de la concentración de hexaclorociclohexano (HCH) en distintos puntos de la cuenca del Gállego entre Sabinánigo y Villanueva de Gállego.
 31. <https://riogallegolimpio.wordpress.com/controles-del-rio-gallego/>.

32. http://www.elperiodicodearagon.com/noticias/aragon/lindano-vuelve-aparecer-rio-gallego_1089278.html. 2016.
33. http://politica.elpais.com/politica/2014/11/17/actualidad/1416250364_636020.html. 2014.
34. Gorchev HG, Ozolins G. WHO guidelines for drinking-water quality. WHO Chron. 2011;38(3):104–8.
35. Olea N. La exposición humana a lindano en Sabiñánigo (Huesca). 2015;15:66–9.
36. Ferrer A, Bona MA, Castellano M, Figueras J, Brunet M. Organochlorine residues in human adipose tissue of the population of Zaragoza (Spain). Bull Environ Contam Toxicol. 1992;48(4):561–6.
37. Ferrer A, Cabral R. Recent epidemics of poisoning by pesticides. Tox Lett. 1995;82/83:55–63.
38. Gobierno de Aragón. Cáncer en aragón 2003-2007. 2007.