

Contaminación por isómeros de Hexaclorociclohexano (HCH) en agua de consumo humano en O Porriño, Pontevedra

Contaminação por isómeros de Hexaclorociclohexano (HCH) na água de consumo humano de O Porriño, Pontevedra

Contamination of the Drinking Water in O Porriño, Pontevedra with Hexachlorocyclohexane (HCH) Isomers

María del Carmen Val Sanlés¹, Manuel Piñeiro Baena¹, Natalia Botana Rey¹, Mercedes Domonte Pereiro¹, Manuel Álvarez Cortiñas²

¹ Jefatura Territorial de Sanidad de Pontevedra. Consellería de Sanidade. Xunta de Galicia. España.

² Servicio de Sanidad Ambiental. Dirección General de Salud Pública. Consellería de Sanidade. Xunta de Galicia. España.

Cita: Val Sanlés MC, Piñeiro Baena M, Botana Rey N, Domonte Pereiro M, Álvarez Cortiñas M. Contaminación por isómeros de Hexaclorociclohexano (HCH) en agua de consumo humano en O Porriño, Pontevedra. Rev. Salud ambient. 2022; 22(2):135-142.

Recibido: 2 de diciembre de 2019. **Aceptado:** 31 de agosto de 2022. **Publicado:** 15 de diciembre de 2022.

Autor para correspondencia: María del Carmen Val Sanlés.

Correo e: mariadelcarmen.val.sanles@sergas.es

Consellería de Sanidad de Galicia. España.

Financiación: No se ha contado con financiación para el desarrollo de este trabajo.

Declaración de conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que hayan influido en la realización y preparación de este trabajo.

Declaraciones de autoría: Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio y la redacción del artículo. Asimismo, todos los autores aprobaron la versión final.

Presentado como comunicación en el XV Congreso Español y V Congreso Iberoamericano de la Salud Ambiental, celebrado en Valencia los días 22-24 de mayo de 2019, obtuvo el 2º premio a la mejor comunicación de trabajo de investigación otorgado por a Sociedad Española de Sanidad Ambiental (SESA).

Resumen

El enterramiento de residuos generados en el proceso de producción de lindano (gamma de hexaclorociclohexano) en la zona industrial del polígono de Torneiros (O Porriño) entre los años 1948-1964, produjo contaminación de los suelos. Por sus características mecánicas los residuos fueron utilizados durante años como relleno en viales próximos a la zona de producción, sin que entonces la población fuera consciente de su peligrosidad. Tras actuaciones de aislamiento del contaminante, se creía que el problema estaba acotado al Polígono de Torneiros; sin embargo, análisis de aguas realizados por la Confederación Hidrográfica Miño-Sil (CHMS) en los últimos años, apuntaban la posibilidad de presencia del contaminante en los suelos de una zona denominada Contrasto. En noviembre de 2017 se declaró una situación epidémica por intoxicación con lindano originada a raíz de unas obras de saneamiento en una calle de la zona de Contrasto, detectando gran cantidad de lindano al realizar levantamientos de tierra. El presente estudio se centra en investigar la posible contaminación de las aguas de consumo de la población de Contrasto (O Porriño, Pontevedra) por isómeros de HCH, caracterizar y evaluar el riesgo de exposición de la población a dichos contaminantes mediante la toma de muestras, así como adoptar medidas de control dirigidas a garantizar la potabilidad del agua en la zona. Para todo ello se identificaron las viviendas de la zona y sus sistemas de abastecimiento de agua. Se tomaron muestras de dichos sistemas y se analizaron los isómeros de HCH en el Laboratorio de Salud Pública de Galicia.

Palabras clave: isómeros de hexaclorociclohexano (HCH); lindano; contaminación; agua de consumo humano.

Resumo

O soterramento de residuos gerados no proceso de produción de lindano (gama hexaclorociclohexano) no parque industrial de Torneiros (O Porriño) entre os anos de 1948-1964, provocou a contaminación do solo. Debido às súas características mecánicas, os residuos foron utilizados durante anos como enchimento en vías próximas da área de produción, sem que a poboación tivesse consciencia de seu perigo na época. Após as accións de isolamento do contaminante, acreditava-se que o problema se limitava ao Parque Industrial de Torneiros; no entanto, análises à augua realizadas pola Confederación Hidrográfica do Minho-Sil (CHMS) nos últimos anos apuntaron para a posibilidade da presenza do contaminante nos solos de una área denominada Contrasto. Em novembro de 2017, foi declarada una situación epidémica debido à intoxicación por lindano causada por obras de saneamento numa rua da área de Contrasto, tendo sido detetada una grande quantidade de lindano durante a realización de movimentacións de terras. O presente estudo centra-se em investigar a posíbel contaminación da augua de consumo humano da poboación de Contrasto (O Porriño, Pontevedra) por isómeros de HCH, caracterizando e avaliando o risco de exposición da poboación a esses contaminantes através da colheita de amostras, bem como em adotar medidas de controlo destinadas a garantir a potabilidade da augua naquela zona. Para isso, foron identificadas as habitaçoes e caracterizados os seus sistemas de abastecimento de augua. Foron colhidas amostras desses sistemas destinadas à análise de isómeros de HCH no Laboratorio de Saúde Pública da Galiza.

Palavras-chave: isómeros de hexaclorociclohexano (HCH); lindano; contaminación; augua de consumo humano.

Abstract

The burial of the waste generated during the lindane (gamma-hexachlorocyclohexane) production process in the industrial area of the Torneiros Industrial Park (O Porriño) between 1948 and 1964 caused the ground to become contaminated. Owing to its mechanical characteristics, the waste was used for years as filler in roads near the production area, the population not being aware of its hazardous nature. After remedial actions were taken to isolate the contaminant, the problem was believed to be confined to the Torneiros Industrial Park; however, water analyses conducted by the Miño-Sil Water Authority (CHMS) in the past few years have pointed to the potential presence of the contaminant in the ground of an area called Contrasto. In November 2017, an epidemic situation was declared due to lindane poisoning triggered by sanitation works in a street in the Contrasto area, after substantial amounts of lindane were detected during the earthworks. This study focuses on investigating the potential contamination of the drinking water for the population of Contrasto (O Porriño, Pontevedra) with HCH isomers, characterizing and assessing the risk of exposure of said population to these contaminants via sampling, and taking control measures aimed at ensuring the potability of the water in the area. To this end, the houses in the area and their water supply systems were identified. Samples were taken from these systems and analyzed for HCH isomers at the Galician Public Health Laboratory.

Keywords: hexachlorocyclohexane (HCH) isomers; lindane; contamination; drinking water.

INTRODUCCIÓN

El lindano es un plaguicida organoclorado formado por el isómero gamma (γ) de hexaclorociclohexano (HCH). Fue utilizado como insecticida de amplio espectro, tanto con fines agrícolas (tratamiento de tierra y semillas) como no agrícolas (tratamiento de suelos, maderas, uso en veterinaria y farmacia) hasta finales del siglo pasado.

En el proceso de síntesis de lindano, en torno al 15 % era principio activo (isómero gamma (γ) de HCH), siendo el 85 % restante residuo. Este residuo generado en la fabricación de lindano estaba formado en su mayoría (77 %) por el isómero alfa (α)-HCH, un 16 % por el isómero beta (β)-HCH, un 5 % por isómero gamma (γ)-HCH y un 2 % por el isómero delta (δ)-HCH de Hexaclorociclohexano (HCH).

En el polígono industrial de Torneiros (O Porriño), estaban implantadas diversas industrias químicas que entre los años 1948 hasta 1964 se dedicaban a la

fabricación de lindano. Los residuos generados en el proceso de producción eran vertidos sin ningún tipo de control en las proximidades de las industrias, ya que por aquel entonces se pensaba que eran inocuos. Con posterioridad tuvo lugar un esparcimiento por los terrenos próximos de los residuos depositados, al ser utilizados para allanamiento y compactación del terreno, por lo que resulta imposible conocer con exactitud su distribución espacial exacta¹.

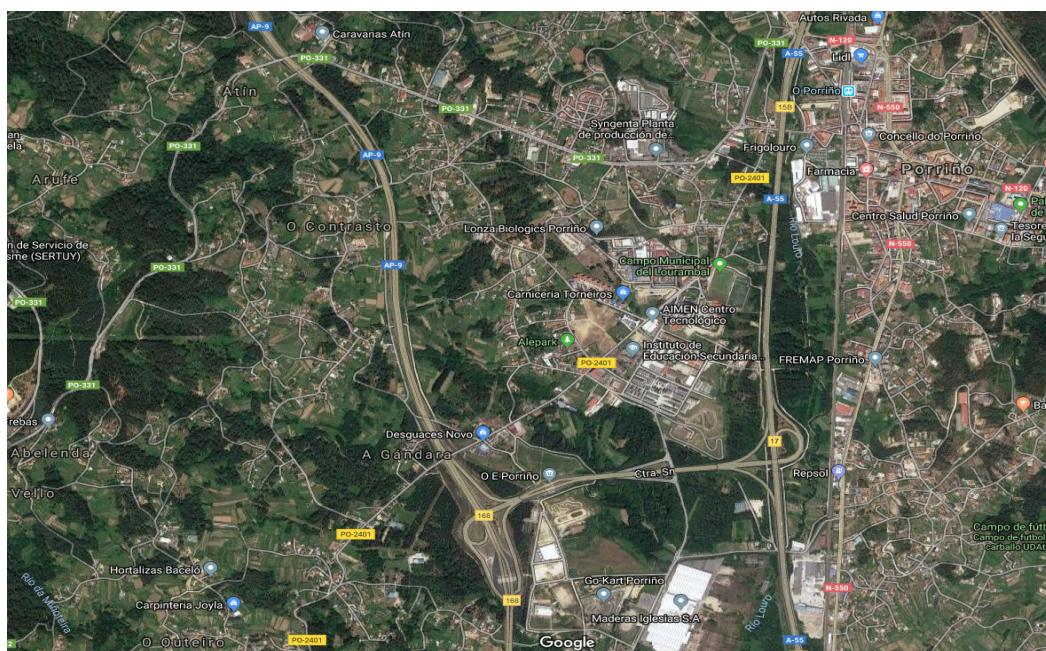
No es hasta los años 80 cuando se empezó a conocer la peligrosidad del lindano y se iniciaron las limitaciones en su uso mediante Directivas y Reglamentos dentro de la Unión Europea^{2,3}. Además, varios acuerdos internacionales han incluido recomendaciones sobre este contaminante, entre los que destaca el Convenio de Estocolmo, puesto en marcha en el año 2004 por Naciones Unidas, en el que se incluyen los isómeros de HCH en la lista de contaminantes a eliminar⁴. Todo ello supuso la total prohibición, tanto de fabricación como de uso de isómeros de HCH desde el año 2008.

Si bien se creía que el ámbito geográfico de la contaminación se circunscribía a la zona del polígono de Torneiros, las analíticas de aguas realizadas por la Confederación Hidrográfica Miño-Sil en los últimos años, apuntaban a la posibilidad de que hubiera presencia de este contaminante en los suelos de una nueva zona denominada Contrasto. En relación con el control que lleva a cabo a Confederación Hidrográfica Miño-Sil en el ámbito de cuenca del río Rubio/Miño, estos informes refieren resultados desfavorables de los análisis realizados en distintos puntos de control (aguas superficiales y subterráneas), destacando la elevada concentración de isómeros en el punto denominado zona Contrasto ubicado bajo la autopista A-9 y zonas

próximas, lo cual pone de manifiesto que, además de la zona históricamente afectada, hay que incluir esta nueva zona investigada. Los informes fueron también remitidos por la Confederación al municipio de O Porriño.

Casualmente, en noviembre del 2017 se declara oficialmente situación epidémica por intoxicación por lindano. Esta contaminación se descubre a raíz de la ejecución de unas obras municipales realizadas en la red de saneamiento en una calle de la zona de Contrasto entre agosto y octubre de 2017. Se detecta la presencia de gran cantidad de lindano que, según apuntaron los vecinos, se utilizó hace varias décadas como relleno y firme de dicho callejero. La zona indicada como contaminada (figura 1)

Figura 1. Localización del emplazamiento de la contaminación



se encuentra dentro de los límites de la señalada con presencia de lindano en los informes realizados por la Confederación Hidrográfica Miño-Sil (CHMS), a través del análisis de aguas subterráneas y superficiales en diferentes puntos de muestreo.

Para el presente estudio se identificaron todas las viviendas existentes en la zona (figura 2) y sus sistemas de abastecimiento de agua. Se procede a la recogida de muestras de agua de todos los sistemas identificados que son analizadas en el Laboratorio de Salud Pública de Galicia, en donde se determinan los isómeros alfa, beta, delta y gamma de HCH por cromatografía de gases con detector de masas/masas.

Es importante señalar que la parroquia de Torneiros carece de traída municipal, por lo que los vecinos de la zona afectada por la situación epidémica se abastecen

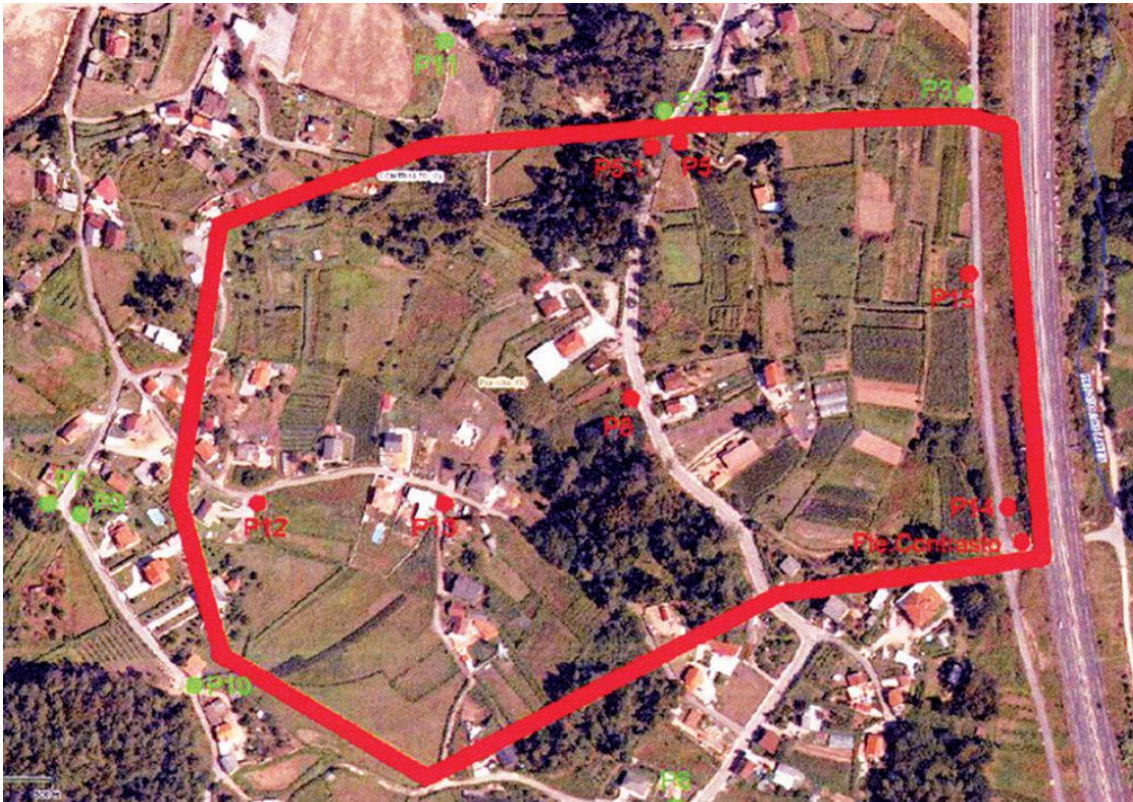
de agua de sus pozos particulares y de las cuatro traídas vecinales de la zona: Traída de Contrasto, de Pereira, de Buraco da Raposa y de Gándara.

Del trabajo de campo llevado a cabo en la zona, fueron identificadas un total de seis fuentes públicas.

A la vista de lo descrito, el objeto del estudio se centra en:

1. Investigar la posible contaminación de las aguas de consumo de la población de Contrasto (del municipio de O Porriño, Pontevedra) por isómeros de HCH.
2. Caracterizar y evaluar el riesgo de exposición de la población a dichos contaminantes mediante la toma de muestras.

Figura 2. Mapa que delimita la zona objeto de estudio



3. Adoptar medidas de control dirigidas a garantizar la potabilidad del agua en la zona.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el presente estudio se han identificado los sistemas de abastecimiento de agua de consumo de las 65 viviendas de la zona afectada, denominada zona de Contrasto, localizada en la parroquia de Torneiros (Porriño).

La totalidad de las viviendas de la zona de Contrasto carecen de saneamiento y de traída municipal. En el estudio se pone de manifiesto que de los 65 domicilios de la zona, 24 de ellos disponen únicamente de abastecimiento de agua de consumo a través de pozo particular, en 12 de las viviendas se abastecen de agua de consumo a través de traída vecinal y los 29 domicilios restantes poseen ambos sistemas de abastecimiento de agua.

Se tomaron muestras de agua en los 65 domicilios de la zona de estudio. En el mes de noviembre de 2017 comienzan los primeros muestreos de agua llevados a cabo por los Farmacéuticos Inspectores de Salud Pública, de la Consejería de Sanidad, en algunos casos a solicitud de los propietarios de las viviendas de la zona, que se prolongan de manera continuada hasta octubre de 2018.

Durante el presente estudio son identificadas cuatro traídas vecinales que suministran agua a las viviendas de la zona, denominadas: Traída de Buraco da Raposa, Traída de Contrasto, Traída de Pereira y Traída de Gándara. Fueron inspeccionadas las traídas vecinales de la zona y recogidas muestras de agua para la determinación de isómeros HCH y de los parámetros de potabilidad del agua.

Además, son identificadas todas las fuentes públicas existentes en la zona de Contrasto, encontrando un total de seis fuentes denominadas: Fuente de Terlans, Contrasto 1, Contrasto 2, Regadas, Fonte do Merenderio y Atín, en las que se llevaron a cabo muestreos y actuaciones.

El trabajo de campo llevado a cabo en la zona por parte de la Consejería de Sanidad, se realiza en estrecha colaboración con la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, la Confederación Hidrográfica Miño-Sil y el Ayuntamiento de O Porriño, manteniendo diversas reuniones entre las distintas administraciones con objeto de garantizar una coordinación y actuaciones eficaces por parte de todas ellas.

Las muestras tomadas durante el presente estudio han sido analizadas en el Laboratorio de Salud Pública de Galicia, de la Consejería de Sanidad. La técnica empleada para la determinación de los isómeros alfa,

beta, delta y gamma de HCH fue la cromatografía de gases con detector de masas-masas. Hay que incidir en que para poder aplicar el criterio establecido en la norma, es preciso disponer de resultados que permitan evaluar la presencia de cada isómero de dicho plaguicida individualmente.

El Real decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, establece un valor paramétrico de 0,1 µg/L para cada plaguicida particular y de 0,5 µg/L para el total de plaguicidas⁵.

Por otro lado, el Laboratorio de Salud Pública de Galicia dispone de la acreditación otorgada por la ENAC según la Norma UNE-EN ISO/ IEC 17025: 2005, para las técnicas de determinación de los parámetros microbiológicos y físico-químicos de potabilidad del agua.

RESULTADOS

Para la determinación de los isómeros alfa (α), beta (β), gamma (γ) y delta (δ) Hexaclorociclohexano (HCH), se realizaron un total de 125 tomas de muestras de agua de consumo en las 65 viviendas de la zona de estudio, localizada en la parroquia de Torneiros, obteniendo un resultado positivo en isómeros de HCH (en su mayoría de isómeros α y β) en 15 de las muestras, que se corresponden todas ellas con agua tomada en 10 pozos de viviendas. De las diez viviendas con resultados positivos en isómeros HCH en sus pozos, cinco de ellas disponen de pozo y traída vecinal y las otras cinco únicamente se abastecen de agua procedente de pozo particular.

En las 15 muestras con un resultado $>0,1$ µg/L en isómeros HCH, se detectó el isómero β -HCH en el 100 % de las muestras, el isómero α -HCH en un 60 % y el isómero γ -HCH (lindano) aparece únicamente en un 40 % de las mismas.

Se han realizado además un total de 70 análisis de potabilidad del agua de consumo, con la determinación de parámetros microbiológicos y físico-químicos en 42 viviendas, obteniendo un resultado de contaminación microbiológica en 32 de las muestras recogidas (tabla1).

Tabla 1. Muestras en viviendas de la zona de estudio

DETERMINACIÓN	Nº MUESTRAS	CONTAMINACIÓN
DE ISÓMEROS HCH	125 (en 65 viviendas)	15 (en 10 viviendas)
MICROBIOLÓGICAS	70 (en 42 viviendas)	32 (en 22 viviendas)

1. POZOS PARTICULARES

Ninguno de los pozos particulares muestreados dispone de un sistema de potabilización del agua, por lo que en cualquier caso, independientemente del resultado obtenido, el agua carece de garantía sanitaria para el consumo. Todos los resultados de los análisis realizados fueron comunicados desde la Jefatura Territorial de Sanidad a los propietarios de cada vivienda.

2. TRAÍDAS VECINALES

Durante la investigación ambiental, se detectan 4 traídas vecinales que suministran agua a las viviendas de la zona de estudio: Traída de Buraco da Raposa, Traída de Contrasto, Traída de Pereira y Traída de Gándara. Todas las traídas fueron inspeccionadas y muestreadas por los Farmacéuticos Inspectores de Salud Pública. En general, los resultados de las analíticas de agua tomadas muestran ausencia de contaminación por isómeros de HCH en todas las traídas vecinales. Además, teniendo en cuenta que la localización de las captaciones de agua en todas ellas están fuera de la zona delimitada y que todas disponen de un sistema de desinfección, el agua de las traídas es considerada una buena alternativa de abastecimiento en las viviendas.

3. FUENTES PÚBLICAS

Con anterioridad a la declaración de la situación epidémica, la Confederación Hidrográfica Miño-Sil en el desarrollo de los controles llevados a cabo en aguas subterráneas y superficiales de la zona, detectan presencia de isómeros HCH en una fuente denominada de Terlans (situada bajo la autopista A-9) y en zonas próximas.

Durante el estudio son identificadas todas las fuentes públicas existentes en la zona de Contrasto, encontrando un total de seis fuentes, identificadas anteriormente. Como resultado de los diferentes muestreos y actuaciones, se confirma la contaminación por isómeros HCH en todas las muestras tomadas en la fuente de Terlans y en una de las muestras tomada en la fuente de Regadas.

Es importante señalar que las fuentes naturales, al carecer de tratamiento potabilizador, deben estar siempre señalizadas con objeto de evitar riesgos para la salud con un cartel informativo de "Agua sin garantía sanitaria" o "Agua no apta" según el caso, siendo competencia del ayuntamiento dicha señalización y control.

En la tabla 2 se identifican las fuentes públicas de la zona, junto a un resumen de los resultados de los análisis realizados. Todos los resultados de las muestras fueron comunicados desde la Jefatura Territorial de Sanidad al

Tabla 2. Muestras en fuentes públicas de la zona de estudio

FUENTE ZONA CONTRASTO	CONTAMINACIÓN ISÓMEROS HCH	CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA
TERLÁNS	Sí, todas las muestras	SÍ
CONTRASTO 1	NO	SÍ
CONTRASTO 2	NO	SÍ
REGADAS	Sí, una muestra de un total de 12	SÍ
MERENDERO	NO	SÍ
ATÍN	NO	SÍ

ayuntamiento de O Porriño, indicándole según el caso las actuaciones a llevar a cabo.

DISCUSIÓN

La investigación ambiental llevada a cabo por parte de los Inspectores Farmacéuticos de Salud Pública, de la Consejería de Sanidad, se inicia a raíz de una situación epidémica por lindano declarado en noviembre del 2017 en una zona del ayuntamiento de O Porriño denominada zona de Contrasto, con motivo del levantamiento de tierras en un camino durante unas obras municipales de saneamiento². Esta misma zona de Contrasto ya había sido delimitada como contaminada por lindano en diversos informes emitidos con anterioridad por la Confederación Hidrográfica Miño-Sil, tras los análisis de aguas subterráneas y superficiales para el control de contaminación por isómeros de hexaclorociclohexano (HCH).

La exposición crónica al lindano fue tenida en cuenta al investigar la situación epidémica por parte de salud pública, tras detectar contaminación por isómeros de HCH en el agua de los pozos y de alguna fuente en la zona a estudio^{6,7,8}.

Dentro de los isómeros HCH detectados en el Laboratorio de Salud Pública de Galicia, de la Consejería de Sanidad, el predominio del isómero β -HCH (detectado en el 100 % de las muestras) sobre los demás isómeros, es debido a que se trata de un isómero más persistente a la degradación que el isómero α -HCH, el más abundante en el residuo original (un 77 % en residuo original) y que el isómero γ -HCH, el lindano propiamente dicho³.

Además, en relación al comportamiento de los isómeros de HCH en las aguas, se ha demostrado que la materia orgánica disuelta en las aguas superficiales puede facilitar la solubilidad de los isómeros de HCH, especialmente del isómero β -HCH. Esto facilita el transporte de los contaminantes en la disolución del suelo, favoreciendo en última instancia la contaminación

de acuíferos y agua freática, ligado a la materia en suspensión⁹. Este proceso puede ocurrir en superficie (escorrentía) o bien en profundidad, en el perfil del suelo (lixiviación), lo que justificaría también el predominio del isómero β -HCH, detectado en todas las muestras.

En su día, al conocer la peligrosidad del lindano y sus residuos, como medida de control del foco principal de contaminación (localizado en el polígono de Torneiros), se decidió el confinamiento de una celda de seguridad *in situ* de los suelos¹⁰. La zona de mayor contaminación fue clausurada y encapsulada mediante una obra de ingeniería en el año 2001, consistente en la construcción de una pantalla perimetral (900 m de perímetro) e impermeabilizando la parte superficial del área contaminada con objeto de evitar la dispersión de la contaminación a través de acuíferos subterráneos. Por aquel entonces ya se conocía el problema de la dispersión de tierras contaminadas en zonas próximas, lo que explicaba la presencia de focos secundarios de contaminación por isómeros de HCH.

Uno de los viales en los que se produjo este tipo de rellenos fue en el que se acometieron las obras de saneamiento por parte del ayuntamiento de O Porriño entre agosto y octubre de 2017 y que originaron la situación epidémica. El análisis de la tierra movilizada para hacer la zanja de la acometida confirmó la presencia de isómeros de HCH en unas concentraciones 1 000 veces superiores a los límites permitidos³. También se detectó la presencia de residuos de lindano "puro", es decir, no mezclado con tierra¹¹. A día de hoy no se ha procedido a la retirada definitiva del contaminante en dichos suelos.

A la vista de los resultados analíticos de las aguas de los pozos utilizados para consumo, como primera medida preventiva de carácter general y con la finalidad de minimizar cualquier potencial exposición a los isómeros HCH, se recomendó a la población que no utilizase el agua de pozo para consumo, teniendo en cuenta que podría estar contaminada y en todo caso, era agua sin garantía sanitaria.

Simultáneamente, como medida provisional y con objeto de garantizar el abastecimiento de agua potable a la población de las viviendas afectadas, el ayuntamiento ofreció a los vecinos la instalación de unos depósitos de agua en sus viviendas para ser utilizada en la limpieza y aseo personal, así como el suministro de agua embotellada para su consumo.

Así mismo, y con el fin de adoptar una solución definitiva al problema, el Ayuntamiento de O Porriño realizó la ampliación de la red de abastecimiento municipal en los barrios afectados por los isómeros de HCH. Desde la Jefatura Territorial de Sanidad de Pontevedra se autorizó dicha obra de ampliación, instando además al Ayuntamiento de O Porriño a añadir una segunda fase a dicho proyecto de ampliación en la que se incluyan más viviendas de la zona de Torneiros, que en ese momento carecían tanto de saneamiento como de abastecimiento municipal, con el riesgo sanitario que esto conlleva, al estar expuestas a posibles filtraciones al terreno de los isómeros HCH existentes en la zona¹².

Además, y con objeto de poder cuantificar la intensidad de la exposición a lindano, la Consejería de Sanidad ofreció a todos los residentes de la zona afectada una analítica de sangre para determinar la presencia de los isómeros del HCH¹³. Como resultado de estos análisis de sangre, y ante la detección de niveles de isómeros alfa y beta de HCH en algunas personas, se amplió la investigación ambiental valorando el riesgo de contaminación crónica por isómeros de HCH en personas que consuman productos de la huerta o productos animales que hayan sido cultivados o criados sobre terrenos contaminados o que sean regados con agua contaminada¹⁴⁻¹⁶. Para ello se recogieron muestras de diferentes cultivos (patatas, judías, pimientos, tomates y otros) así como de huevos caseros y carne de gallinas criadas en la zona afectada, detectando presencia de isómeros de HCH en patatas y huevos caseros⁹. Desde la Consejería de Sanidad se recomendó a todos los vecinos no consumir productos de la huerta (especialmente tubérculos) ni de animales que hubiesen sido cultivados o criados en terrenos contaminados o regados con agua sin garantía sanitaria, así como no utilizar agua del pozo para el riego¹⁷.

En base a todo lo descrito, se concluye que no existe garantía sanitaria en caso de utilizar como abastecimiento de agua de consumo humano cualquiera de los pozos o fuentes públicas mencionadas en el presente trabajo¹¹.

Por último, comentar que los datos disponibles a día de hoy resultan insuficientes para poder realizar una caracterización del riesgo derivada de la contaminación por isómeros de HCH en toda la zona, por lo que es necesario realizar estudios más minuciosos en toda el área próxima al polígono industrial de Torneiros

identificando los focos de contaminación secundarios y llevar a cabo una valoración más detallada para poder diseñar unas actuaciones de recuperación definitiva acordes a la situación^{14,18}.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal del Laboratorio de Salud Pública de Galicia.

BIBLIOGRAFÍA

- Varela-Castejón C, Martínez Lozano F. Antecedentes históricos sobre la contaminación por lindano en O Porriño (Pontevedra). *Edafología* 2008;15(1,2,3):25-32.
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU. 2005. Resumen de Salud pública Hexaclorociclohexano CAS: 608-73-1. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs43.pdf.
- Reglamento (CE) n° 396/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de febrero de 2005 relativo a los límites máximos de residuos de plaguicidas en alimentos y piensos de origen vegetal y animal y que modifica la Directiva 91/414/CEE del Consejo.
- Reglamento (UE) 2019/1021 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de junio de 2019, sobre contaminantes orgánicos persistentes.
- Real decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. BOE n° 45 de 21 de febrero.
- Fernández MF, Nicolás O. Disruptores endocrinos, ¿suficiente evidencia para actuar?. *Gac. Sanit.* 2014;28(2):93-5.
- Goldner WS, Sandler DP, Yu F, Shostrom V, Hoppin JA, Kamel F, et al. Hypothyroidism and pesticide use among male private pesticide applicators in the agricultural health study. *J Occup. Environ. Med.* 2013;55(10):1171-8.
- Upson K, De Roos A, Thompson ML, Sathyanarayana S, Scholes D, Barr D, et al. Organochlorine pesticides and risk of endometriosis: Findings from a population-based case-control study. *Environ. Health Perspect.* 2013;121(11-12):1319-24.
- Calvelo Pereira R. Estudio del comportamiento del Hexaclorociclohexano en el sistema suelo-planta para su aplicación en técnicas de fitocorrección. Tesis Doctoral. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela; 2008. Disponible en: https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/981/9788498870930_content.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Bradley A, Shoenfelt J, Durda J. Carcinogenicity and mode of action evaluation for alpha-hexachlorocyclohexane: Implications for human health risk assessment. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 2016;76:152-73.
- Rodríguez Garrido B. Movilidad, biodisponibilidad y degradación inducida de isómeros de Hexaclorociclohexano (HCH) en suelos contaminados. Tesis Doctoral. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela; 2009. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/698c/353994dc73ee865b5837582a5d8af84a273a.pdf>.
- Olea Serrano N. La exposición humana a lindano en Sabiñánigo (Huesca). *Rev. Salud Ambient.* 2015;15(Espec. Congr.):65-85.

13. Porta D, Fantini F, De Felip E, Blasetti F, Abballe A, Dell'Orco V, et al. A biomonitoring study on blood levels of beta-hexachlorocyclohexane among people living close to an industrial area. *Environ. Health* 2013;12:57.
14. Loomis D, Guyton K, Grosse Y, El Ghissasi F, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, et al. Carcinogenicity of lindane, DDT, and 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. *The Lancet. Oncol.* 2015;16(8):891-2.
15. OMS. International Agency for Research on Cancer, Monographs evaluate DDT, lindane, and 2,4-D. 2015. Disponible en: https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr236_E.pdf.
16. Sumida K, Saito K, Yakabe Y, Otsuka M, Matsumoto H, Sekijima M, et al. A comparative study of gene expression profiles in rat liver after administration of alpha-hexachlorocyclohexane and lindane. *J. Toxicol. Sci.* 2007;32(3):261-88.
17. Vega M, Romano D, Uotila E. El lindano (contaminante orgánico persistente) en la UE. Parlamento Europeo; 2016. Disponible en: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/571398/IPOL_STU\(2016\)571398_ES.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/571398/IPOL_STU(2016)571398_ES.pdf).
18. National Toxicology Program, Department of Health and Human Services. Lindane, hexachlorocyclohexane (technical grade), and other hexachlorocyclohexane isomers. *Rep Carcinog.* 2011;12:256-8.