

# Sobre la presencia de mercurio en las aguas subterráneas del acuífero de La Plana de Castellón (este de España)

E. Díaz Losada<sup>(2)</sup>, J. López Gutiérrez<sup>(1)</sup>, O. García Menéndez<sup>(2)</sup> y B.J. Ballesteros Navarro<sup>(2)</sup>

(1) Instituto Geológico y Minero de España. c/ Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid. España  
E-mail: j.lopezgu@igme.es

(2) Instituto Geológico y Minero de España. Oficina de Proyectos Valencia. c/ Cirilo Amorós, 42. Entlo. 46004 Valencia. España  
E-mail: valencia@igme.es

## RESUMEN

La presencia de mercurio en ciertos sectores del acuífero detrítico pliocuaternario de La Plana de Castellón quedó puesta de manifiesto en diversos estudios realizados entre los años 1998 y 1999. Dichos estudios apuntaban hacia un origen antrópico si bien no llegaron a determinar los focos puntuales de contaminación. Actualmente, el IGME está desarrollando un proyecto específico sobre el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas por mercurio y sobre el origen del mismo en el acuífero. Los resultados preliminares obtenidos en las campañas de muestreo de agua subterránea, agua de lluvia, suelos y sedimentos, han confirmado la presencia de concentraciones de este metal que superan 1 mg/l (máximo permitido por la legislación española para aguas de consumo humano) en varios de estos puntos. En base a los resultados obtenidos se pueden plantear varias hipótesis sobre el origen de esta anomalía. Las dos hipótesis principales son: el origen antrópico, y el origen natural. La procedencia natural del mercurio se plantea como complementaria a la hipótesis del origen antrópico. El mercurio puede proceder de las mineralizaciones existentes en las formaciones triásicas que conforman el borde suroccidental del acuífero y que son, además, el área fuente de los materiales pliocuaternarios de relleno del mismo en su mitad meridional.

Palabras clave: Aguas subterráneas, mercurio, mineralizaciones formaciones triásicas, mitad meridional, Plana de Castellón

## ***About the presence of mercury in groundwater of La Plana de Castellón aquifer (east Spain)***

### ABSTRACT

*The presence of mercury in certain sectors of the detritic Pliocaternary aquifer of La Plana de Castellón has been shown by several researches carried out in 1998 and 1999. Those researches did not argue enough the explanation of that fact, but point to an anthropic origin of the contamination with mercury. Nowadays, IGME is developing an specific project about the risk of contamination of groundwater by mercurium and about the origin of it in the aquifer. The preliminary results of the sampling campaigns of groundwater, rainfall, soils and sediments have confirmed the presence of mercury in levels higher than 1 mg/l (maximum level allowed by Spanish law) in several of the sampled points. According to the results some hypothesis can be made: The two main ones are the anthropic origin and the natural origin. The natural origin is a complementary hypothesis of the anthropic one. The mercury could come from the ore deposits of the triassic formations that borders and feeds the fill of the southern half of the detritic aquifer of La Plana de Castellón.*

*Key words: Groundwater, mercury, Plana de Castellón Aquifer, Triassic formation ore deposits*

## Introducción

La presencia de altas concentraciones de mercurio en las aguas subterráneas del acuífero de la Plana de Castellón fue detectada en abril de 1998 en las pruebas de puesta en marcha del pozo destinado a abastecer la planta de ósmosis inversa de Moncófar. Se

realizaron unos estudios en los años 1998 y 1999 para intentar explicar esta anomalía, entre ellos cabe citar un informe inédito de la Universidad Jaume I de Castellón, de 1999, donde se detectaron concentraciones de mercurio muy superiores al límite de 1 mg/l establecido en la legislación española en materia de aguas de consumo humano (R.D. 140/2003).

El resultado de estos trabajos apuntó hacia un origen antrópico de la contaminación, si bien no hubo un consenso en cuanto al origen específico-puntual, ni sobre el motivo que originó la llegada del mercurio a la zona saturada del acuífero.

### Marco hidrogeológico

Desde un punto de vista hidrogeológico, el Subsistema Acuífero 56.01, Plana de Castellón, constituye un acuífero costero de carácter detrítico, formado por un conjunto de sedimentos pliocuaternarios de origen continental, litoral y mixto, compuestos por paquetes de gravas, arenas y conglomerados incluidos en una formación eminentemente arcilloso-limosa, que rellenan una cuenca mioceno-cuaternaria (IGME, 1989). El sustrato de estos materiales está formado por sedimentos margosos impermeables de edad terciaria y también por formaciones mesozoicas de naturaleza permeable o impermeable (carbonatos, areniscas y arcillas) según zonas.

Los límites del acuífero están constituidos en la mitad septentrional por materiales carbonatados cretácicos y jurásicos, mientras que en la mitad meridional predominan los materiales triásicos en facies Buntsandstein y Muschelkalk, con abundantes indicios mineros de Ba-Hg-Co-Cu (IGME, 1973). Esta polaridad litoestratigráfica condiciona de forma importante el origen de los sedimentos continentales de relleno que constituyen el acuífero detrítico.

Aunque la estructura hidrogeológica responde a un acuífero multicapa, la supuesta conexión entre los distintos niveles acuíferos hace que el funcionamiento hidráulico sea asimilable al de un acuífero libre. Este esquema configura un flujo subterráneo aproximadamente ONO-ESE, hacia el mar, excepto en áreas localizadas donde las fuertes extracciones provocan importantes depresiones piezométricas. Esta situación conlleva una inversión del flujo subterráneo además de favorecer procesos intrusivos, fundamentalmente en el sector de Vall de Uxó-Nules-Moncófar-Chilches.

### Metodología

Con el fin de tener una visión actual del estado de la presencia del mercurio en las aguas del acuífero se ha hecho un muestreo de agua subterránea, agua de lluvia, suelos y sedimentos de río a lo largo de los años 2004-2005 (Figura 1). Se tomaron por duplicado las muestras de agua, de 1.000 ml para el análisis de elementos mayoritarios y minoritarios y de 500 ml

para la determinación de metales pesados, midiéndose in situ Eh, pH, Tª y conductividad eléctrica. Las muestras tomadas para la determinación de metales pesados fueron acidificadas con 2 ml de ácido nítrico Suprapur. Concretamente, la determinación del mercurio fue realizada mediante espectrofotómetro de absorción atómica con generador de hidruros (límite de detección mayor de 0,5mg/l). Por otra parte, se ha realizado un inventario de posibles fuentes de aporte de mercurio: zonas industriales, vertidos sólidos y líquidos, indicios mineros, así como un estudio de la evolución de la piezometría y de la concentración de cloruros en las aguas del acuífero, utilizando los datos de las bases de piezometría, calidad e intrusión del IGME. Todos estos elementos se han relacionado con una cartografía de las formaciones superficiales pliocuaternarias que constituyen el relleno de la cuenca.

### Resultados analíticos

Se han detectado 15 puntos de los 83 muestreados con concentraciones de mercurio superiores o iguales a 1 mg/l en el agua subterránea. De ellos 11



Fig. 1. Puntos de muestreo en el acuífero de la Plana de Castellón  
Fig. 1. Sampled points in La Plana de Castellón aquifer

corresponden a pozos que captan exclusivamente el acuífero pliocuaternario (sectores de Bechí, la Rambleta y Chilches), 2 captan el acuífero carbonatado triásico de borde del Muschelkalk (sectores de Vall de Uxó y Chilches) y 2 captan el acuífero triásico de borde del Buntsandstein (sector de Miramar) al norte de Vall de Uxó (Figura 2).

Los análisis de dispersión entre Hg y los principales parámetros químicos no muestran en ningún caso correlaciones evidentes ni asociaciones hidroquímicas directas, si bien en el 60% de los casos de pozos con más de 1 mg/l de mercurio la concentración de cloruros supera los 600 mg/l. La relación entre un incremento en la concentración de cloruros y la presencia de mercurio en las aguas subterráneas, ha sido citada ya por otros autores, p.e. en la región italiana de Tuscania (Protano, *et al.*, 2000; Grassi y Netti, 2000).

Sólo 2 de las 12 muestras de suelos y sedimentos de río presentan concentraciones superiores a 0,5 mg/kg de mercurio (límite de la legislación holandesa para determinar que un suelo está contaminado). Uno se localiza en el cauce del río Belcaire y el otro en una mina abandonada de Co-Cu en el sector de Miramar (Figura 1). Este sector está además alejado de cualquier actividad industrial, por lo que la presencia de mercurio sólo puede deberse a su existencia en los materiales del Buntsandstein. Según un trabajo de exploración minera de mercurio en la sierra del Espadán (IGME, 1973), en las zonas interiores de este sistema montañoso, se obtuvo un fondo de mercurio en sedimentos de arroyo de 4 mg/kg.

### Fuentes potenciales de mercurio

En la Plana de Castellón se desarrolla una importante actividad industrial, sobre todo cerámica, desde la década de los años 50, concentrándose principalmente en los sectores septentrionales de Onda-Villarreal y en el sector meridional de la Plana (Nules-Moncófar).

Otros focos potenciales de contaminación, actuales o pasados, son los vertidos sólidos y líquidos industriales extendidos a lo largo de toda la Plana, especialmente en el eje industrial Onda-Villarreal, Villarreal-Castellón y Nules. Son vertidos de carácter incontrolado muy frecuentemente. En concreto, en la zona afectada por la presencia de mercurio en las aguas subterráneas, se han encontrado dos posibles focos de contaminación puntual: un vertido de aguas residuales procedentes de la industria del curtido, en el cauce seco del río Belcaire, y el vertedero de residuos sólidos de Vall de Uxó. Con respecto al

primero, no se ha detectado mercurio en las aguas residuales vertidas aunque sí se encontró en los sedimentos próximos al punto de vertido, lo que indica que puntualmente se pueden producir vertidos con mercurio. Con respecto al segundo, el vertedero de Vall de Uxó, no apareció mercurio en las analíticas realizadas de los lixiviados aunque existen referencias bibliográficas en las que se menciona su presencia (Universitat Jaume I, 1999).

Otra fuente potencial de mercurio, y hasta ahora poco estudiada, son las mineralizaciones de Ba-Hg presentes en los materiales triásicos en facies Muschelkalk y Buntsandstein de la sierra del Espadán (IGME, 1973; Trilla, 1994), que constituyen los acuíferos de borde en la mitad meridional de la Plana, y son además el área fuente de los sedimentos que rellenan la cuenca en este sector del acuífero (Robles *et al.*, 1991).

### Discusión y conclusiones

En base a los resultados obtenidos, existe mercurio en concentraciones superiores o iguales a 1 mg/l en: tres sectores del acuífero pliocuaternario de la Plana de Castellón identificados como Bechí, La Rambleta y Chilches, en el acuífero triásico en facies Buntsandstein de la sierra del Espadán (sector Miramar) y en dos sectores del acuífero triásico del Muschelkalk: Corral Blanc y Chilches.

Aunque se han producido vertidos de distinta índole y la actividad industrial se extiende a lo largo de casi toda la Plana, sólo se han detectado pozos con altas concentraciones de Hg próximos al borde meridional triásico o bien captando alguno de los dos acuíferos triásicos (Buntsandstein y Muschelkalk). La geomorfología del Cuaternario indica, a su vez, que todos los pozos con elevados contenidos en mercurio que captan el acuífero detrítico de la Plana de Castellón se ubican en zonas donde el área fuente de los sedimentos de relleno son los materiales triásicos mineralizados con paragénesis de Hg-Ba-Cu-Co de la sierra del Espadán (Figura 2). Por otra parte, en la mitad septentrional del acuífero, siendo el área más industrializada, no se ha detectado ningún punto con indicios de mercurio; en ella el relleno cuaternario procede de áreas fuente cretácicas y jurásicas.

Por los argumentos expuestos, e independientemente de que pueda haber localmente influencia por vertidos sólidos y líquidos, estos hechos apuntan hacia una evidente relación entre la presencia de mercurio en las aguas subterráneas y las mineralizaciones de mercurio que presentan los materiales de borde del acuífero, en las zonas afectadas. Hay que

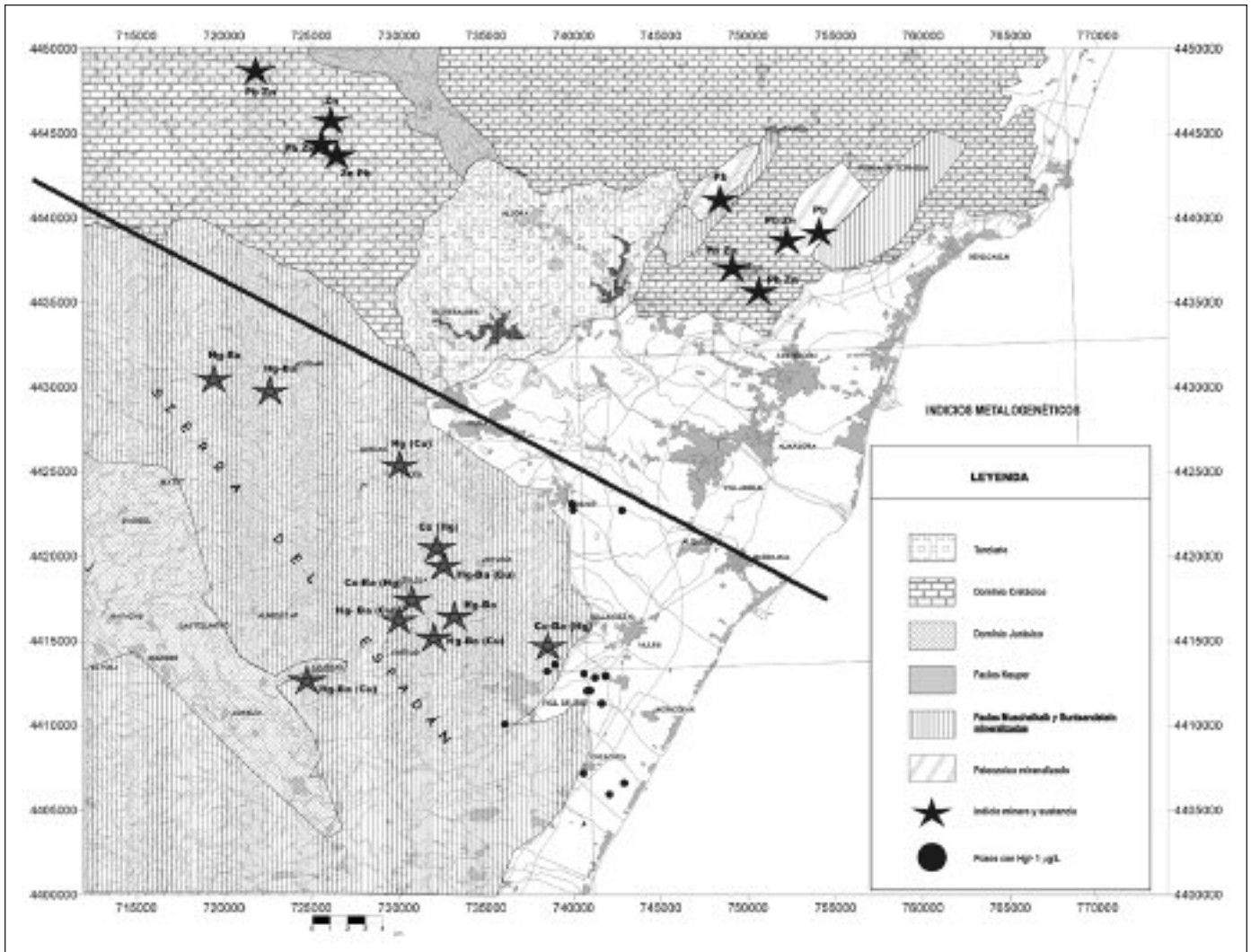


Fig. 2. Relación espacial entre los pozos con altas concentraciones de mercurio (círculos) y las mineralizaciones de la sierra del Espadán (estrellas)

Fig. 2. Spatial relationship between wells with high level of mercury (points) and the ore deposits of sierra del Espadán (stars)

destacar, además, un incremento en la salinidad de las aguas subterráneas en el sector meridional del acuífero por intrusión marina como consecuencia de las fuertes extracciones realizadas en los años 90, en el sector Vall de Uxó-Moncófar, lo que puede haber facilitado la removilización del mercurio natural del acuífero mediante la formación de cloruro de mercurio, y que ya fue identificado como principal origen de la presencia de mercurio en las aguas subterráneas de la región italiana de Toscana.

## Referencias

Grassi, S. y Netti, R. 2000. *Sea water intrusion and mercury pollution of some coastal aquifers in the province*

*of Grosseto (Southern Tuscany-Italy)*. Journal of Hydrology 237 pp. 198-211. Elsevier.

Gutiérrez, G., Elízaga, E., Goy, J.L., Nieto, M. y Robles, F. 1984. *Mapa Geológico de la Provincia de Valencia, E. 1:200.000*. Editan: Diputación Provincial de Valencia, Universidad de Valencia e Instituto Geológico y Minero de España.

IGME 1973. *Fase previa de estimación de posibilidades mineras en la zona de la Sierra del Espadán*. Memoria y Anexos. Ministerio de Industria.

IGME 1989. *Las aguas subterráneas en la Comunidad Valenciana: Uso, calidad y perspectivas de utilización*. Ministerio de Industria y Energía.

Protano, G., Riccobono, F. and Sabatini, G. (2000). *Does SALT water intrusion constitute a mercury contamination risk for coastal fresh water aquifers?* Environmental Pollution 110 pp 451-458. Elsevier.

Robles, F., López, J.L., Goy, J.L. y Zazo, C. 1991. *Mapa Geológico de la Provincia de Castellón, E. 1:200.000*. Generalitat Valenciana. Agencia del Medi Ambient.

Tritlla, J. 1994. *Geología y metalogenia de las mineralizaciones de Ba-Hg de la Sierra del Espadán (Provincia de Castellón)*. PhD Thesis. Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona. Facultat de Ciències, 235 pp.

Universitat Jaume I. 1999 (Inédito). *Estudio sobre la presencia de metales pesados en el sector meridional del acuífero de la Plana de Castellón*. Departamento de Ciencias Experimentales.

Recibido: diciembre 2005

Aceptado: julio 2006