

---

# CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUELOS DE ORIGEN INDUSTRIAL, EN EL PARAJE “EL HONDÓN” JUNTO A LA CIUDAD DE CARTAGENA (MURCIA)

**MANTECA MARTÍNEZ, José Ignacio; RODRÍGUEZ ESTRELLA, Tomás y GARCÍA GARCÍA, Cristóbal<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Área de Geodinámica Externa. Universidad Politécnica de Cartagena

## RESUMEN

Se estudia la incidencia, sobre los suelos y aguas subterráneas, de la actividad industrial de la empresa de productos químicos Potasas y Derivados, S.L., situada en el paraje del Hondón al este de la ciudad de Cartagena, de cara al próximo cierre de esa empresa y a la futura recalificación de los terrenos. El suelo presenta un nivel superficial, de un metro aproximadamente de espesor, muy antropizado con residuos minerales, conteniendo una cantidad importante de Pb, Zn, Cd, As, donde el Pb y Zn llegan a superar el 1% y el As los 700 ppm. Por debajo del suelo existe un acuitardo parcialmente contaminado ya que su concentración en metales pesados es inferior a los límites legales, con pH ácido y elevada concentración de sulfatos y nitratos. En cuanto al flujo hídrico se ha visto que existe una coincidencia entre flujo superficial y subterráneo, ambos de sentido centrípeto, lo que condiciona el semiendorreísmo de la zona y justifica su toponímico. Precisamente este centripetismo contribuye a que parte de la contaminación se quede atrapada en esta estructura cerrada y no vaya a parar al mar.

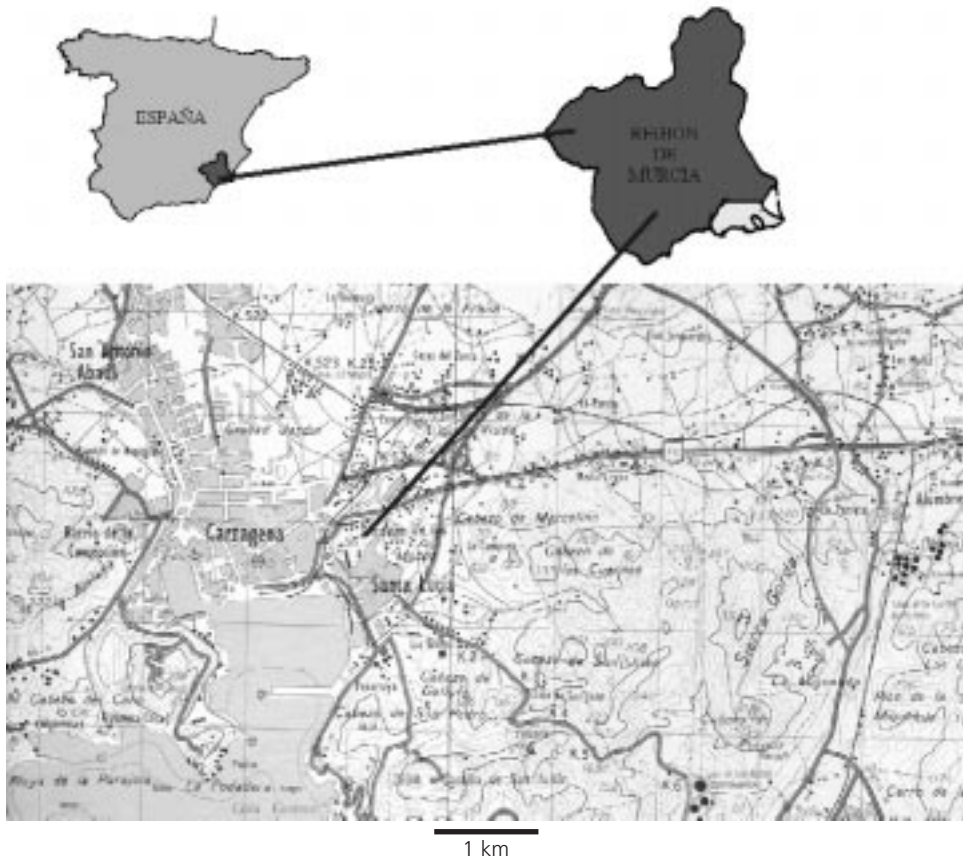
**PALABRAS CLAVE:** contaminación industrial; centripetismo subterráneo.

## INTRODUCCIÓN

Por encargo de la empresa L.Q.M. Gestión Ambiental, se ha llevado a cabo este estudio, con el fin de conocer las características de los terrenos que subyacen a la finca propiedad de Potasas y Derivados, S.L., así como si existen o no acuíferos infrayacentes y en caso afirmativo definir sus principales parámetros hidráulicos, en especial el sentido de flujo subterráneo para conocer el destino de una posible contaminación.

Se han perforado 15 sondeos de investigación, de 5 a 7 m de profundidad, excepto dos que tienen 11 y 15 m, y en ellos se ha estudiado la Estratigrafía, Edafología, Hidroquímica, Piezometría (con niveles de precisión) e Hidráulica subterránea.

La zona de estudio se sitúa en el Este del casco urbano de la ciudad de Cartagena (fig. 1)



**Figura 1.** Mapa de situación de la zona de estudio

## GEOMORFOLOGÍA

El paraje de El Hondón, donde está situada la finca de Potasas y Derivados, S.L., se trata de una depresión semiendorreica, situada al este de la ciudad de Cartagena, con cotas inferiores a los 10 metros de altitud sobre el nivel del mar. Esta depresión se encuentra rodeada de terrenos más elevados, entre los que destacan los Cabezos de Los Moros y Cabezos de Marcelino por el sur, Cabezos de La Viuda por el este, y Cabezos del Fraile por el norte. Hacia el oeste, en cambio, la depresión se prolonga por la zona conocida antiguamente como "El Almarjal", ahora ocupada por el polígono de El Ensanche, y que hasta tiempos relativamente recientes era una zona pantanosa, relicto de la antigua laguna salobre que limitaba a Cartagena por el norte, en la época romana.

Esta depresión recoge las aguas de escorrentía superficial principalmente de la Rambla del Hondón, cuyas avenidas provocaban periódicamente inundaciones en la zona del

Ensanche, a falta de un drenaje franco hacia el mar. Recientemente se ha hecho un encauzamiento de esta rambla y derivación hacia el mar, mediante un túnel, lo que permite la evacuación de las aguas fuera del puerto.

## **GEOLOGÍA**

El Hondón está situado en el límite entre las dos principales unidades tectónicas de la comarca: El Bético de la Sierra de Cartagena y la cuenca postectónica del Campo de Cartagena; ambas unidades están separadas por una gran fractura regional de dirección N-70°, conocida como Falla de Cartagena-La Unión. (Manteca y García, 2001).

## **ESTRATIGRAFÍA**

### **Materiales béticos de la Sierra de Cartagena-La Unión.**

Al sur de la finca de Potasas y de la carretera de la Unión, existe una serie de relieves o cabezos que constituyen el límite norte de la sierra. Estos relieves béticos son el Cabezo de Los Moros, formado por materiales permo-triásicos y triásicos (filitas y dolomías de la unidad de Portman); Cabezo de Santa Lucía, formado por esos mismos materiales y por conglomerados miocenos, y el Cabezo de Marcelino, constituido principalmente por conglomerados miocenos, bajo los que aparecen materiales alpujárrides.

### **Materiales Neógeno-Cuaternarios del Hondón.**

Los materiales del Cuaternario se conocen con mucho detalle, gracias a los sondeos realizados. Éstos han atravesado en primer lugar una capa de terreno antropizado, formado principalmente por residuos minerales, entre los que predominan las cenizas de pirita, procedentes de la tostación de este mineral para la fabricación de ácido sulfúrico, al que le siguen en importancia, mineral de pirita o pirita cruda, fosfato de calcio, sulfatos de hierro y escorias de fundición. El espesor medio de esta primera capa es de 1 metro, con valores extremos que están comprendidos entre 20 centímetros y 3.80 metros en el sondeo nº 11. El mayor espesor de cenizas de pirita se sitúa en la zona de los sondeos 1,13,12,11 y 9; es decir en la franja de la finca limítrofe con la autovía de Murcia. También se ha podido observar que al norte de la tapia que limita la finca, los pilares de la autovía se apoyan sobre un importante espesor de cenizas de pirita. En el Norte de la finca, los residuos fosfoyesíferos tienen bastante importancia (con espesores locales de hasta varios metros) y son debidos a las balsas de decantación; a diferencia de la parte sur que tienen poca relevancia.

Se estima en unos 300.000 m<sup>3</sup> el volumen de estos residuos minerales, principalmente cenizas de pirita, que la recubren. Dichas cenizas, además de los óxidos de hierro, contienen una relativamente importante cantidad de metales (Pb, Zn, Cu, Cd, etc., incluso

algo de Au y Ag), que están presentes en la pirita cruda, especialmente en las procedentes de la Faja Pirítica y cuyo contenido en las cenizas es obviamente más alto que en el mineral bruto por concentración residual.

Por debajo de la capa de residuos minerales aparece frecuentemente un nivel de limos arenosos con restos de carbón, con espesor inferior a un metro y por debajo se desarrollan ya sedimentos naturales. Éstos son fundamentalmente limos arcillosos, de color rojizo, con intercalaciones de arcillas, arenas y menos frecuentemente de gravas. Los limos presentan abundantes concreciones de carbonato cálcico en la parte central, lo que parece coherente, dado el medio de depósito lagunar de la zona y el clima semiárido que presenta.

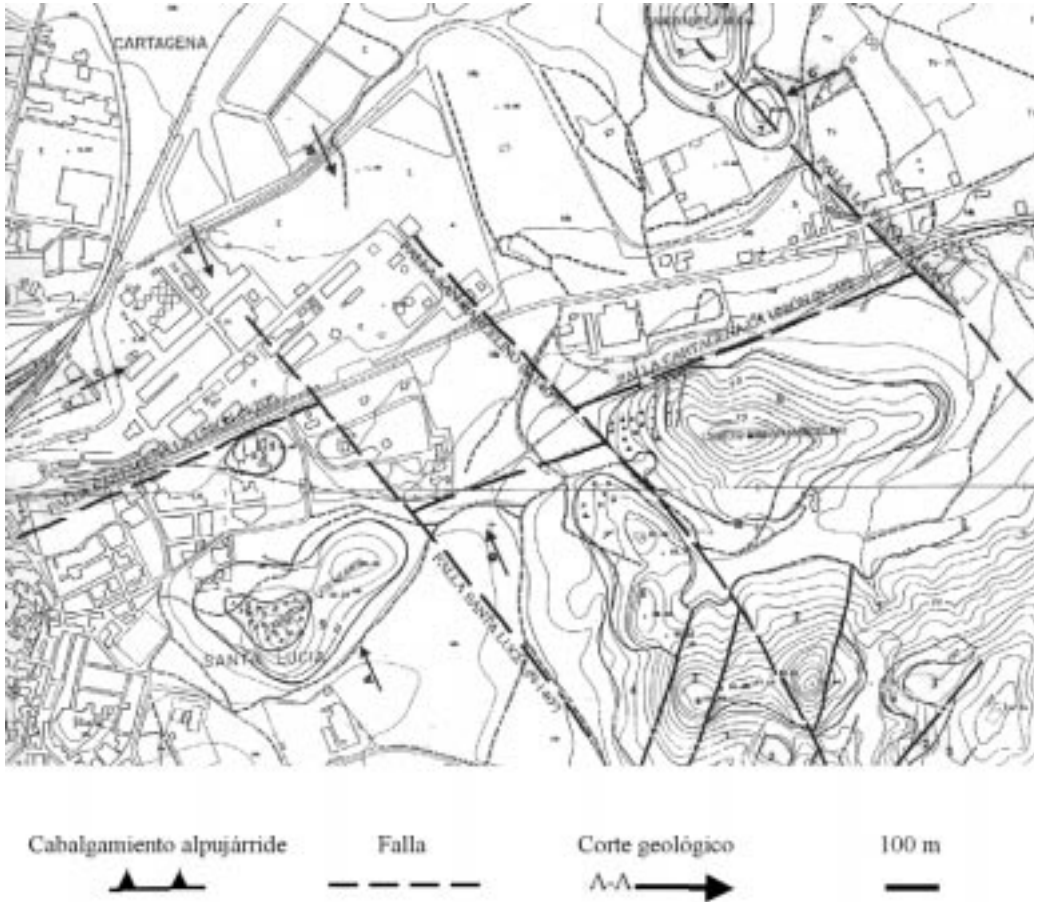
No se conoce exactamente el espesor del relleno cuaternario en la zona, ya que los sondeos realizados son muy cortos, de 5 á 7 metros, excepto dos, de 11 y 15 m, respectivamente. En el sondeo 7, de 11 metros de profundidad, se atravesaron, del metro 9 al 11, unos conglomerados dolomíticos encalichados, que podrían representar la base de los limos. En cambio el sondeo 15, cerca del límite norte de la finca, llega a los 15 metros de profundidad sin salir de los limos cuaternarios. Ello parece confirmar que el espesor de los mismos aumenta hacia el norte, a medida que nos dirigimos hacia el centro de la depresión.

Por datos regionales se sabe que bajo el Cuaternario se encuentran materiales del Neógeno: argilitas, limolitas, areniscas, y margas, con un tramo conglomerático en la base y buzamiento general de unos 25° hacia el noroeste. En la zona de estudio es probable que el espesor de la serie neógena esté comprendido entre los 50 y los 100 metros, mientras que más hacia el norte, el espesor aumenta rápidamente. La parte basal del Neógeno aflora al sur de la falla de Cartagena-La Unión, por ejemplo en el Cabezo de Marcelino y está representada por conglomerados poligénicos litorales, con marcas de litófagos, que probablemente corresponda al Serravallense.

## TECTÓNICA

La falla de Cartagena-La Unión (fig. 2), de buzamiento subvertical, hunde el bloque situado al norte de la misma, y determina que los materiales del Permo-Trías, Trías y Mioceno basal, aflorantes en este sector de la sierra, al sur de la carretera de La Unión, se encuentren, al norte de la misma, a bastante profundidad, recubiertos por un importante espesor de sedimentos neógenos y cuaternarios. El salto vertical de esta falla oscila entre 50 y 100 metros, según las zonas.

La falla se sitúa al sur de la tapia que cierra la finca de Potasas, a lo largo de la carretera de La Unión, y su rumbo discurre grosso modo paralelamente a la misma, si bien está desplazada repetidamente por el sistema de fallas N-130°-140°. En la zona de estudio se identifican tres de estas fallas (que hemos denominado Santa Lucía, Marcelino y La Viuda)



**Figura 2.** Mapa geológico. 1: Filitas y cuarcitas. Permo-Trías. 2: Calizas tableadas. Trías. 3: Dolomías negras. Trías. 4: Filitas y cuarcitas rojo violáceas. Permo-Trías. 5: Dolomías grises marrones. Trías. 6: Conglomerados, areniscas micáceas, argilitas. Mioceno. 7: Basaltos. Plio-Cuaternario. 8: Gravas, arenas, limos de fondos de valle. Cuaternario

que desplazan claramente a la de Cartagena-La Unión. De las tres citadas, la falla de La Viuda es la que ha condicionado el origen volcánico de dicho cabezo, en el que se pueden observar una colada basáltica, con su correspondiente base piroclástica, montando sobre argilitas y areniscas miocenas.

## EDAFOLOGÍA

De acuerdo con los análisis de elementos minoritarios realizados en los suelos, se puede decir lo siguiente:

- 1.- Los elementos metálicos que alcanza un valor más significativo son: Zn, Pb y As.
- 2.- La contaminación en minerales pesados no supera los 3 m de profundidad.
- 3.- Los sondeos que se encuentran junto a la tapia Norte (nº 1, 13, 12 y 11) tienen un gran contenido en Zn, Pb y As, (el Pb y Zn pueden superar el 1% y el As puede rebasar los 700 ppm); además de presentar un mayor espesor de material antrópico. En el resto, la contaminación es menor y sólo afecta al primer metro, a excepción del sondeo nº 10, donde también se supera el 1% en Pb, Zn y As.
- 4.- La zona menos contaminada se sitúa junto a la carretera y valla oriental de la finca.

## HIDROGEOLOGÍA

### Rocas permeables e impermeables

De acuerdo con la litología aparecida en los sondeos de investigación realizados (predominio de materiales arcilloso-arenosos, con excepción de algún nivel lentejónal de gravas), se deduce que en la parcela no existen (al menos hasta la profundidad de 15 m, que es la mayor profundidad alcanzada por las sondas) terrenos claramente permeables y, en consecuencia, no se puede hablar de un acuífero "sensu estricto", pues dada su baja permeabilidad, no permite extraer caudales continuos capaces de atender unas necesidades determinadas durante un tiempo más o menos prolongado. Se han llevado a cabo algunas pruebas de permeabilidad y sus valores oscilan entre 0,2 y 0,9 m/d (el valor de 2,5 m/d encontrado en el S7 es anormalmente alto, debido a que se encuentra en el sector occidental y concretamente en pleno cauce de la rambla). Por tanto, se trata más bien de un acuitardo, con circulaciones subterráneas lentas y por tanto con afluencias tardías del agua hacia los sondeos, ante la solicitud de las bombas. A pesar de esta pereza en el desplazamiento, el agua se mueve lo mismo que un acuífero, pudiéndose aplicar los mismos métodos de trabajo.

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones, las rocas "permeables" estarían constituidas por un mínimo de 12 m (ésta es la máxima profundidad alcanzada, en el S5) de limos arenosos, arcillas y eventualmente gravas, todo ello perteneciente al Cuaternario.

Respecto al impermeable de base, caben dos posibilidades:

- a) Que lo constituya un tramo arcilloso del Mioceno infrayacente.
- b) Que el Mioceno y el Cuaternario formen un acuífero único (pues el Mioceno presenta, además de arcillas, también areniscas y conglomerados), con lo cual, el impermeable de base estaría constituido por los esquistos y filitas del Bético.

Debajo del Neógeno, en el substrato Bético, existe otro acuífero cuyas rocas permeables son las calizas y dolomías del Trías, que afloran al sur de la falla Cartagena-La Unión, y que en la zona de estudio se sitúan a una profundidad comprendida entre 50 y 100 m. Este acuífero profundo triásico es independiente del superficial Cuaternario.

## PIEZOMETRÍA

El día 22-5-2000 se llevó a cabo un "flash" piezométrico (medidas de la profundidad del agua de todos los pozos en un tiempo relativamente corto), y tras referir dichos niveles a cotas absolutas de precisión (se ha llevado a cabo una nivelación para tal efecto), se ha construido un mapa de isopiezas, en el que se han incorporado también las medidas que realizó EMGRISA, el 18-6-1998, en el Norte de la finca; a pesar de haberse realizado dichas medidas dos años antes, son perfectamente correlacionables con las del resto efectuadas en el año 2000, ya que en ambos casos se tomaron en la misma estación hidrológica (primavera), con características climáticas muy similares; además, al no existir explotación en el acuífero, las únicas variaciones piezométricas existentes son las estacionales. En los sondeos de ENGRISA no se han podido medir los niveles en el año 2000, pues estaban cegados, al no haber sido entubados.

De la observación de dicho mapa (fig. 3) se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- 1º Existe un umbral hidrogeológico cuyo eje pasa aproximadamente por la línea que une los sondeos nº S4,12,14 y 5; este umbral, en la parte septentrional de la finca tiene la dirección de casi N-S, pero en la meridional pasa a ser de NO-SE. Dicho accidente hídrico separa dos sectores con sentidos de flujos contrapuestos: uno occidental y otro oriental.
- 2º El umbral viene condicionado por el mayor predominio arcilloso que existe en esa zona, a diferencia de cualquiera de los otros sondeos situados claramente en uno u otro sector, donde existen limos arenosos.
- 3º En el sector occidental se aprecia un sentido de flujo hacia el O, esto es, hacia la rambla que se sitúa inmediatamente al O de la parcela y que va a desembocar al mar; el hecho de que exista un elevado gradiente (0,3 %), unido a su escasa transmisividad (las curvas están muy próximas) y al predominio de materiales arcillosos, nos habla de una influencia aluvial de este sector, especialmente en la parte más meridional del mismo, donde se aprecia un eje de drenaje de circulación subterránea-superficial preferencial.
- 4º En el sector oriental, el sentido del flujo predominante es hacia el E (aunque en detalle pasa de ser SO-NE, en el sur, a hacerse NO-SE, en el norte, para adaptarse a la geomorfología del Hondón), existiendo un gradiente menor que en el sector occidental, que está comprendido entre el 0,1 y 0.15 %; consecuentemente la transmisividad es aquí algo mayor (relativamente) y se confirma además de por la mayor separación entre curvas, por la litología más arenosa (incluso existen lentejones de gravas en este sector,



por ejemplo en los sondeos nº 11, 9, 7 y S2). Se aprecia, además, un eje de drenaje coincidente con el pozo P2, en donde existe una circulación subterránea preferencial.

5º En el sector oriental está emplazada la cuenca semiendorreica del Hondón, de manera que, puesto que se dirige el agua subterránea hacia ese lugar, existe una coincidencia entre flujo superficial y subterráneo; en consecuencia, la zona húmeda del Hondón es alimentada, mediante flujo centrípeto, además de por aguas superficiales, por aguas subterráneas; esto mismo ocurre en otros lugares, como en la laguna de Pétrola (Romero Díaz, et al. 1988). Desgraciadamente, no se ha podido estudiar la zona comprendida entre el límite oriental de la finca y el Cabezo de la Viuda; pero muy posiblemente confirmaría el carácter centrípeto total que en nuestro estudio solo se ha podido demostrar que existe parcialmente.

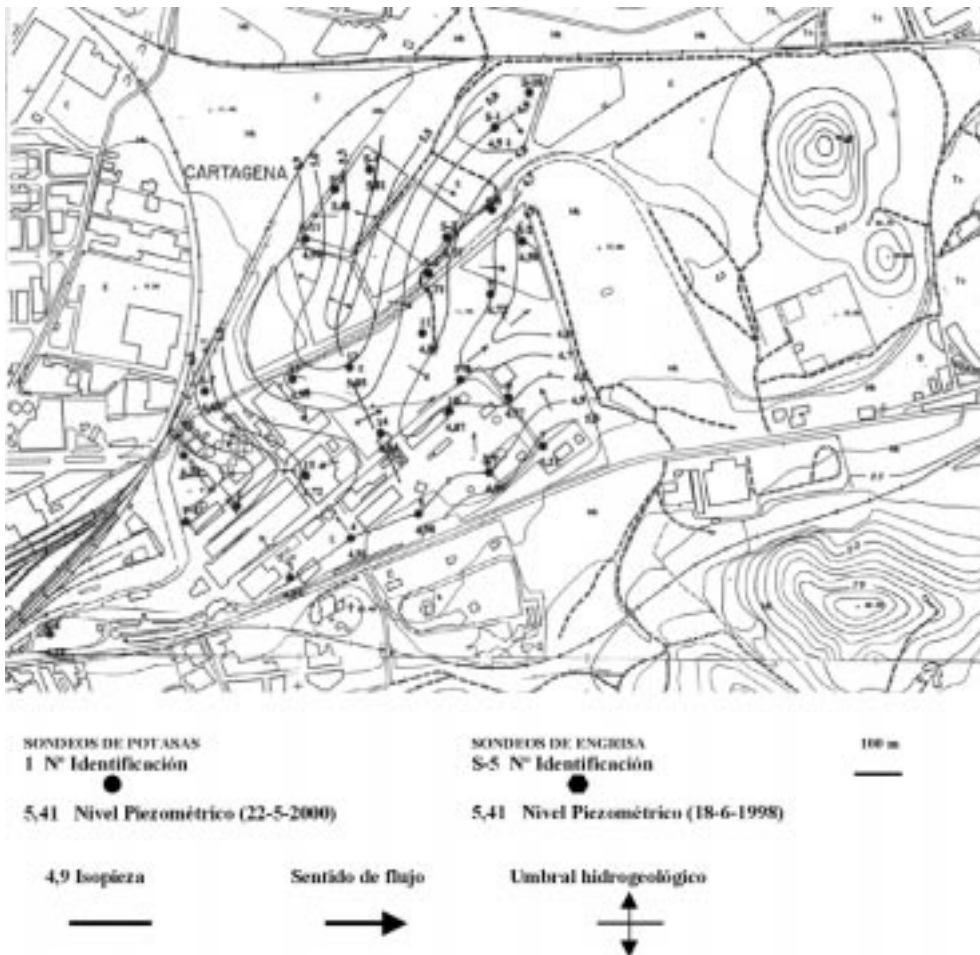


Figura 3. Mapa de isopiezas



- 6° La condición de laguna, desde hace muchos años, del sector oriental, viene confirmado por la presencia de depósitos químicos calcáreos concrecionales (en el sector occidental no aparecen) en la parte central de la misma (sondeos n° 8 y 10), mientras que por el contrario, en sus bordes se localizan depósitos detríticos, tales como gravas y arenas (sondeos n° 11, 9, 7 y S2).
- 7° En consecuencia, aproximadamente la mitad oriental de la parcela presenta un flujo subterráneo hacia el Hondón y por tanto en este sector los agentes contaminantes transportados por las aguas subterráneas no irán a parar al mar, sino que se depositarán subterráneamente en un acuitardo "cerrado" que se sitúa por debajo de la zona geográficamente deprimida del Hondón.

## HIDROQUÍMICA

De acuerdo con los análisis efectuados, correspondientes al 31 de Mayo de 2000, se puede decir lo siguiente:

- 1° Las aguas pertenecen a la facies clorurada sódica (4.431 mg/l de cloruros y 2.032 de sodio); esta alta concentración es debida al cloruro potásico que utiliza Potasas y Derivados S.L. para obtener el abono sulfatado (sulfato potásico) y que se almacena en montones sobre el suelo. En consecuencia, también es muy elevado el contenido en sulfatos (1.432 mg/l), por la oxidación de las piritas.
- 2° El contenido en nitratos es muy alto (también están presentes los nitritos). Esto es difícil de interpretar, ya que no existen productos nitrogenados en la parcela; habrá que imputar este tipo de contaminación a vertidos residuales de fuera de la misma.
- 3° En cuanto a los metales pesados hay que decir que, en general, su concentración es incluso inferior a la permitida por la Reglamentación Técnico-Sanitaria para abastecimiento público. Sólo rebasan el límite los sondeos 1 y 3 (que están situados junto a la rambla) en Zn y Cd; ello es debido probablemente a la influencia que ejerce La Española de Zinc, situada aguas arriba. Todos los demás elementos (As, Pb, Hg, etc) están por debajo de lo permitido.
- 4° El pH es ácido en todos los puntos de agua muestreados, salvo en el sondeo 1, que es neutro, por la acción de los lixiviados subsuperficiales que bajan por la rambla. Existe una relación inversa entre pH y Temperatura y contenido en As.  $A < \text{pH} > T > \text{As}$ ; esto es coherente con una oxidación actual del mispíquel (Arsenopirita).
- 5° Comparando los valores de metales pesados en suelos y en agua, se sacan las siguientes conclusiones hidroquímicas:
- Existe, en general, una correlación espacial entre las concentraciones de elementos metálicos en suelos y en agua; sobre todo en el Cd, que presenta un contenido anormalmente elevado en el sondeo n° 1 (en todos los demás es muy bajo).
  - El Hg es muy bajo, en suelo y agua.
  - El Pb es elevado en suelos, pero no en agua.

## USOS DEL AGUA

Prácticamente, no existe uso del agua de este acuitardo en la zona y proximidades; sólo se ha aprovechado, esporádicamente, el agua del pozo P2, para usos industriales. No se tienen datos fiables de las características de esta captación, pero según informaciones recogidas en el lugar, su profundidad es superior a 25 m, lo que ha permitido captar el acuífero bético más profundo, con mejores características hidráulicas que las que definen al acuitardo superior; la calidad química resulta menos mala que la de los demás sondeos.

## CONCLUSIONES

(A) Existe una capa superficial de suelo antropizado formada por residuos minerales, principalmente cenizas de pirita, con un alto contenido en metales (Pb, Zn, Cd, As) y un espesor medio de un metro, que sería preciso eliminar evacuándolo a un depósito sellado, para una futura recalificación de usos del suelo. Dado el perímetro de la finca el volumen que supone esta capa es de 600.000 m<sup>3</sup>.

(B) De acuerdo con la litología aparecida en los sondeos de investigación realizados (predominio de materiales arcilloso-limosos, con excepción de algún nivel lentejónal de gravas), se deduce que en la parcela no existen (al menos hasta la profundidad de 15 m) terrenos claramente permeables y, en consecuencia, no se puede hablar de un acuífero "sensu estricto", pues dada su baja permeabilidad (0,2 a 0,9 m/d), no permite extraer caudales continuos capaces de atender unas necesidades determinadas durante un tiempo más o menos prolongado.

Se trata más bien de un acuitardo, con circulaciones subterráneas lentas y por tanto con afluencias tardías del agua hacia los sondeos, ante la solicitud de las bombas.

(C) En el mapa de isopiezas construido, referido al 22-5-2000, se aprecia que existe un umbral hidrogeológico de dirección casi N-S, que separa dos sectores con sentidos de flujos contrapuestos. En el sector occidental se aprecia un sentido de flujo hacia la rambla que se sitúa inmediatamente al O de la parcela y que va a desembocar al mar; en el sector oriental, el sentido del flujo predominante es hacia el Hondón.

(D) En el sector oriental está emplazada la cuenca semiendorreica del Hondón, de manera que, puesto que se dirige el agua subterránea hacia ese lugar, existe una coincidencia entre flujo superficial y subterráneo; en resumen, la zona húmeda del Hondón es alimentada, mediante flujo centrípeto, además de por aguas superficiales, por aguas subterráneas.

(E) Por tanto, aproximadamente la mitad oriental de la parcela presenta un flujo subterráneo hacia el Hondón y en consecuencia en este sector los agentes contaminantes transportados por las aguas subterráneas no irán a parar al mar, sino que se depositarán subterráneamente en un acuitardo "cerrado" que se sitúa por debajo de la zona geográficamente deprimida del Hondón.

(F) Las aguas subterráneas pertenecen a la facies clorurada sódica (4.431 mg/l de cloruros y 2.032 de sodio), debido al cloruro potásico que utiliza Potasas y Derivados S.L. para obtener el abono sulfatado (sulfato potásico) y que se almacena en montones sobre el suelo. También es muy elevado el contenido en sulfatos (1.432 mg/l), por la oxidación de las piritas.

(G) El valor de los nitratos es muy alto (también están presentes los nitritos). Esto es difícil de interpretar, ya que no existen productos nitrogenados en la parcela; habrá que imputar este tipo de contaminación a vertidos residuales de fuera de la misma.

(H) En cuanto a los metales pesados en el agua, hay que decir que, en general, su concentración es incluso inferior a la permitida por la Reglamentación Técnico-Sanitaria para abastecimiento público. Sólo se rebasan los límites en los sondeos 1 y 3 (que están situados junto a la rambla) en Zn y Cd; ello puede ser debido a la influencia que ejerce la factoría de la Española del Zinc, situada aguas arriba. Todos los demás elementos (As, Pb, Hg, etc) están por debajo de lo permitido.

(I) Existe una correlación, entre suelos y agua, en Cd y Hg, pero no en Pb.

(J) Prácticamente, no existe uso del agua subterránea de este acuitardo, ni en la parcela ni en proximidades; sólo se ha aprovechado, esporádicamente, el agua del pozo P2, para usos industriales.

(K) Dada la escasa profundidad de los sondeos (el más profundo S-5 con 12 m) no se puede establecer la profundidad y naturaleza del impermeable de base del acuitardo estudiado. Respecto a esto caben dos posibilidades: 1- Que lo constituya un tramo arcilloso del Mioceno subyacente. 2- Que el Cuaternario y el Mioceno formen un acuífero único con lo cual, el impermeable de base estaría constituido por los esquistos y filitas del Bético. En ambos casos, no parece que haya riesgo de una contaminación hacia acuíferos más profundos, como así parece confirmarlo la calidad química del sondeo P2.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- EMGRISA (1998, inédito).- Proyecto de investigación de suelos contaminados de las fincas, propiedad del I.C.O., en la zona del Hondón (Cartagena).
- Manteca Martínez, J.I.; García García, C. (2001). La falla de Cartagena-La Unión. Aportación a su conocimiento y verificación visual de su existencia gracias a una obra pública. V Reunión nacional de la comisión de patrimonio geológico. Molina de Segura (Murcia), 16-19 mayo de 2001.
- Romero Díaz, M.A.; Navarro Hervás, F.; López Bermúdez, F. Y Rodríguez Estrella, T. (1988). La laguna de Pétrola: un modelo de circulación centripeta subterránea (Albacete). *Internat. Symp. On Hidrolog. Of wetlands in semiarid and arid regions. Pp 151-154. Sevilla.*