ACUIFERO DETRITICO DEL BAJO GUADALHORCE (MALAGA)

I. Introducción

II. Ambito geográfico

- *1. Localización*
- *2. Demografía*
- *3. Actividad económica*
- *4. Climatología*

III. Ambito geológico

- *1. Estratigrafía*
  - *1.1. Materiales del sustrato*
  - *1.2. Materiales postorogénicos*
- *2. Tectónica*

IV. Ambito hidrogeológico

- *1. Acuíferos*
  - *1.1. Acuífero carbonatado del Trias Alpujárride*
  - *1.2. Acuífero mioceno*
  - *1.3. Acuífero plioceno*
  - *1.4. Acuífero aluvial cuaternario*
  - *1.5. Relación entre los acuíferos*
- *2. Piezometría*
- *3. Recursos subterráneos del sistema*
- *4. Utilización de las aguas subterráneas*
- *5. Calidad de las aguas subterráneas*

V. Relación acuífero-mar

VI. Propuestas de gestión

VII. Bibliografía

TIAC'88. Tecnología de la Intrusión en Acuíferos Costeros
Almuñécar (Granada, España). 1988

ACUIFERO DETRITICO DEL BAJO GUADALHORCE (MALAGA)

L. Linares Girela
Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S.A., Madrid

J.A. López Geta
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid

J.L. Parra y Alfaro
Catedra de Hidrogeología. E.T.S. Ingenieros de Minas, Madrid

1. INTRODUCCION

La presente monografía trata sobre el sistema acuífero situado en el área del bajo Guadalhorce, en las proximidades de Málaga capital (figura 1).

Su importancia es grande en el ámbito geográfico al que pertenece, ya que la zona está muy poblada, y el abastecimiento de la misma depende en parte de la explotación de los recursos del sistema, al igual que la rica agricultura de la región.

La zona, enclavada en plena Costa del Sol, es una de las más destacadas de Europa, desde el punto de vista turístico, lo que hace que las necesidades del agua se incrementen considerablemente en ciertas épocas.

El trabajo incluye primeramente una presentación geográfica, con especial atención a la demografía, climatología y actividad económica; sigue una descripción somera de la geología de la zona, para posteriormente fijar la atención, de manera más detallada, en el ámbito hidrogeológico, describiendo los acuíferos que constituyen el sistema, cómo se utiliza el agua

subterránea y de qué manera evoluciona la calidad de la misma.

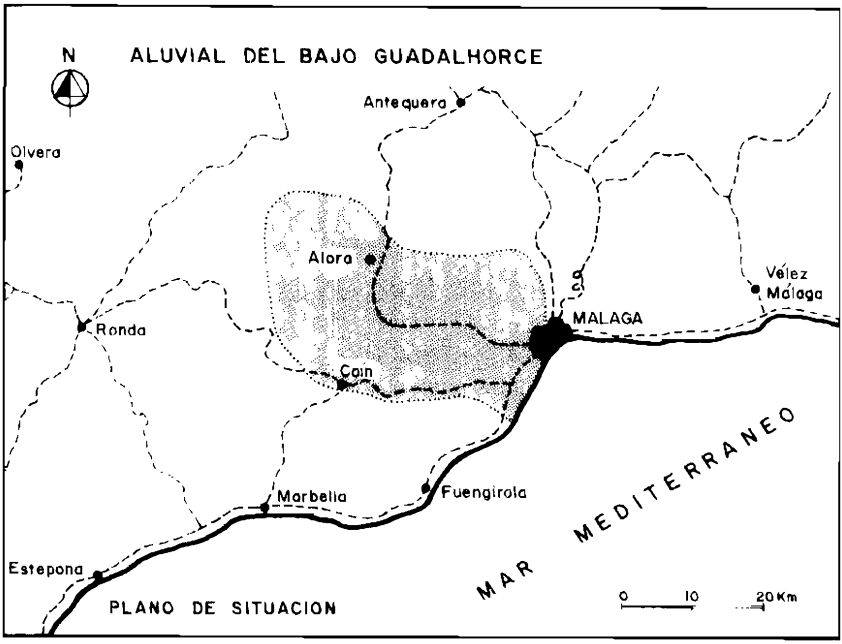

Figura 1. Plano de situación del aluvial del Bajo Guadalhorce.

Dado el destino de esta monografía, el IIAC'88, se analiza la relación entre el acuífero y el mar, para determinar si existe o no intrusión marina en el área y en qué grado se produce.

Finalmente, se proponen algunas medidas que podrían ser beneficiosas para proteger el acuífero, frente a futuras actuaciones.

Es obligado expresar nuestro agradecimiento a la división de Aguas Subterráneas del IGME, por todos los datos puestos a nuestra disposición, así como al personal de la ENADIMSA de Málaga, por su colaboración en la redacción de esta monografía, y a D. José Luis Guzmán del Pino, por la información proporcionada sobre la área en estudio.

2. AMBITO GEOGRAFICO

2.1. LOCALIZACION

El sistema acuífero se conoce como "Detrítico de Málaga" y corresponde al nº 37 de los definidos por el IGME; incluye las cuencas media y baja del río Guadalhorce, extendiéndose en la denominada "Hoya de Málaga", una de las comarcas en que se divide la provincia de Málaga, la cual se sitúa entre las estribaciones más occidentales de los Montes de Málaga, correspondientes desde el punto de vista geológico al Bético de Málaga.

Los afluentes principales del Guadalhorce, en este área, son los ríos Grande, Fahala y Campanillas. La red hidrográfica es muy densa, de tipo dendrítico, consecuencia de los materiales blandos por los que discurre. Es característica de la red su curso divagante.

La tradicional irregularidad del Guadalhorce, causante de muchas inundaciones en sus vegas, está hoy corregida en gran parte con el conjunto de embalses del Chorro.

Desde el punto de vista orográfico, pueden distinguirse tres zonas principales:

- La Vega del río Guadalhorce, que es una zona plana, con altura media sobre el nivel del mar de unos 20 m y extensión de unos 112 km^2, ocupada en su totalidad por los aluviones del río.

- Una zona intermedia con cotas medias de 100 m y superficie de unos 200 km^2, ondulada por suaves lomas sobre los blandos materiales que la constituyen. Destacan como alturas principales el Hacho de Alora (570 m) y la Cruz de Pizarra (482 m).

- Una zona más elevada, integrada por las Sierras de Cártama (Sierra de los Espartales y Sierra Llana: 407 m), la Sierra de Gibargalla (381 m), la Sierra de La Robla (554 m) y la Sierra de Aguas (949 m).

Bordeando el sistema se sitúan al Norte los Montes de Málaga, al Sur las

elevaciones de Sierra Blanca y Sierra de Mijas y al Oeste la cadena montañosa de la Serranía de Ronda, lo que confiere al área el aspecto de "Hoya" que la toponimia le ha asignado.

2.2. DEMOGRAFIA

La población de hecho de Málaga capital es, según el censo de 1986, de 595.264 habitantes, de los que 563.332 lo son de derecho. Otros municipios importantes, incluídos en la zona de influencia del acuífero, son: Cártama (11.321 h), Pizarra (6.254 h) y Alora (13.702 h).

2.3. ACTIVIDAD ECONOMICA

Se cultivan más de 70.000 ha, de las que cerca de 22.000 son de regadío, con una dotación media de 7.000 m^3/ha/año, siendo regadas en un 15% con agua subterránea. Entre los cultivos de regadío destacan especialmente los cítricos (sobre todo el limonero) y las plantas forrajeras, mientras que entre los de secano es el olivar el más representado.

En cuanto a ganadería, abundan las explotaciones avícolas y bovinas.

La actividad industrial se concentra en el polígono de Guadalhorce que está en plena expansión, con fábricas de bebidas y productos alimenticios, así como una factoría textil con teñido. Además de estas industrias, proliferan pequeños talleres y cooperativas textiles que trabajan con contratas de grandes empresas.

Esta zona es una de las de mayor desarrollo en el campo del turismo, lo que concede una gran importancia a los abastecimientos urbanos, especialmente en época estival. Actualmente hay unas 39.000 plazas hoteleras, previéndose que en un futuro se pueda llegar a 62.000.

Tiene la zona una importante y densa red de comunicaciones, constituida por aeropuerto, puerto marítimo, ferrocarril y carreteras, siendo estas últimas de buena calidad, incluso las vías interiores.

2.4. CLIMATOLOGIA

El clima de la zona puede considerarse como subhúmedo seco, dentro del tipo mediterráneo templado, con una precipitación media, en la estación pluviométrica de Cártama, de 471,7 mm.

Las isoyetas coinciden casi totalmente con las curvas de nivel. El fondo del valle queda bordeado por la isoyeta 600 mm, mientras que en la zona costera se sitúan las de 500 y 400 mm.

El número de días de lluvia al año oscila entre 40 y 60 y las temperaturas medias oscilan entre 13º en invierno y 25º en verano.

3. AMBITO GEOLOGICO

Este sistema se encuentra en una de las depresiones terciarias, independizadas, dentro del conjunto de las Cordilleras Béticas, por lo que los materiales que lo constituyen son terciarios y cuaternarios postorogénicos, apoyados sobre un sustrato constituido por formaciones de edad comprendida entre el Paleozoico y el Oligoceno (figura 2).

Los materiales pertenecientes al sustrato corresponden a las zonas internas de las Cordilleras Béticas (conjuntos Alpujárride y Maláguide), aunque en el Norte también hay Unidades de Campo de Gibraltar y de la Dorsal (Unidad de las Nieves). Su estructura es compleja y consta básicamente de mantos de corrimiento superpuestos que se originaron durante la Orogenia Alpina. Los materiales postorogénicos, más recientes (Mioceno, Plioceno y Cuaternario) presentan una disposición estructural prácticamente horizontal, sin deformaciones importantes.

3.1. ESTRATIGRAFIA

3.1.1. Materiales del sustrato

El Complejo Alpujárride es el que se sitúa tectónicamente más bajo y aflora

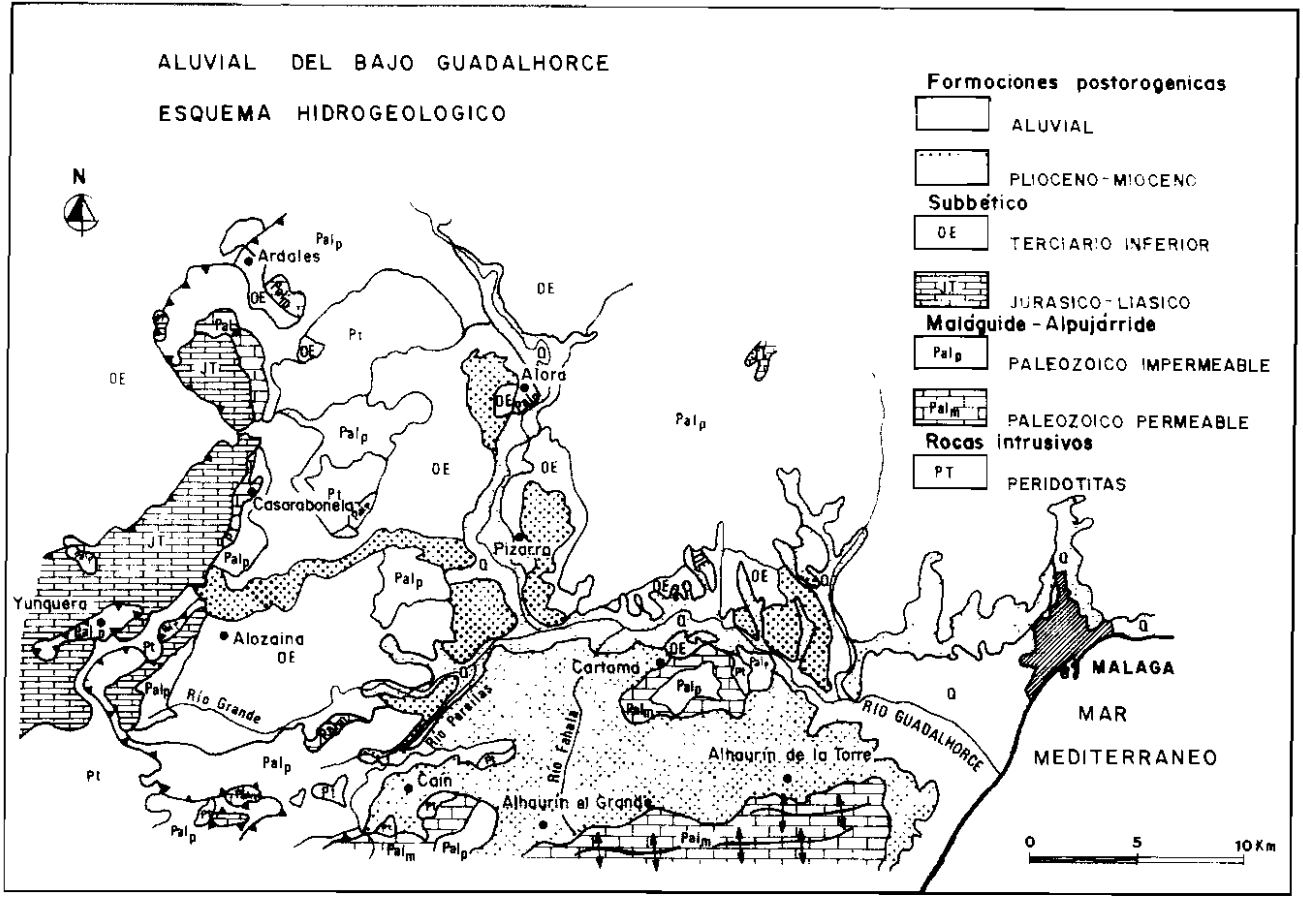

Figura 2. Esquema hidrogeológico del aluvial del Bajo Guadalhorce.

básicamente en relación con las áreas anticlinales del borde meridional y en el Sector Norte.

Consta de una serie metamórfica que llega hasta los gneises de alto grado, siendo los materiales que la constituyen esquistos, cuarcitas, gneises granitoides, y mármoles dolomíticos.

Su edad es fundamentalmente Paleozoica, siendo los materiales de baja permeabilidad, excepto los mármoles que afloran en el anticlinal de Cártama y en el límite meridional de la zona, formando las Sierras Blanca y de Mijas.

El Complejo Maláguide ocupa la mayor extensión del área meridional y está constituído por una serie de formaciones, cuya edad se atribuye al Paleozoico y al Triásico, principalmente.

Los materiales que lo integran son filitas, conglomerados, grauwacas, calizas alabeadas, areniscas y margas rojas, así como dolomías en el techo de la serie. Estas últimas son las únicas que podrían tener algún interés hidrogeológico, pues el resto del conjunto es considerado prácticamente impermeable; sus afloramientos son muy reducidos.

Las Unidades del Flysch del Campo de Gibraltar se sitúan en el sector septentrional, siendo la más extensa la unidad del Aljibe, constituida por un conjunto heterogéneo de margas, arcillas y areniscas de baja permeabilidad y pertenecientes al Eoceno-Oligoceno.

3.1.2. Materiales postorogénicos

El Mioceno medio-superior presenta facies de tipo detrítico grosero, procedentes del depósito de un brazo de mar.

Se trata de afloramientos permeables por porosidad intergranular y están representadas calcarenitas, molasas, conglomerados y areniscas de naturaleza heterogénea, procedentes de materiales paleozoicos Alpujárrides y Maláguides, así como de peridotitas y calizas subbéticas.

Su mayor potencia se da en la zona de Pizarra y Alora, con unos 200 m. Son depósitos producidos con posterioridad a una etapa tectónica intensa.

El Plioceno inferior consta de formaciones marinas, que se depositaron en régimen de estuario, con niveles detríticos e intercalaciones fluviales en ciertas zonas. Se extienden desde Pizarra hasta la desembocadura del Guadalhorce, en ambas márgenes del río.

Las facies más características, tanto aflorantes como en profundidad, son:

Arenas: afloran al Oeste de Málaga, con potencia comprendida entre 30 y 100 m. Se presentan en forma de areniscas con cemento calizo, incluyendo intercalaciones de arcillas y margas arenosas de su misma tonalidad blanco-amarillenta.

Margas y arcillas: se sitúan también al Oeste de Málaga. Se pueden diferenciar dos tramos: El primero presenta potencia media entre 40 y 50 m, con colores grises y azulados. El segundo llega a sobrepasar los 400 m de potencia. En algunos sectores están separados por niveles de gravas y arenas.

- Gravas: También se pueden distinguir dos tramos. El primero presenta una potencia entre 10 y 40 m, tratándose de gravas complejas de colores grises, con niveles discontinuos de arcillas, limos y arenas. La forma de este depósito es digitada, abierta hacia el mar y constituye un buen acuífero. El segundo está constituido por los conglomerados de base, a una profundidad de 350 a 450 m. Son clastos medio-finos con matriz arcillo-limosa y procedencia heterogénea. Se le encuentra de manera prácticamente continua por toda el área, constituyendo, asimismo, un buen acuífero, confinado y en carga.

El Pliocuaternario lo forman costras calcáreas y travertinos. Están relacionados con las sierras carbonatadas y son acumulaciones de tobas complejas, constituidas por clastos marmóreos, cementados por costras calizas de exudación, que sectorialmente llegan a formar auténticos caliches.

Son formaciones permeables de poco interés a nivel regional. Localmente,

aparecen formaciones de gravas y arcillas de tonalidades rojizas, con potencia de 4 ó 5 m (Pliocuaternario tipo "raña").

El Cuaternario está constituido por tres tipos de depósitos, todos ellos permeables: aluvial, coluvial y conos de deyección.

El aluvial se extiende desde el embalse de La Encantada hasta la desembocadura del río, formando la vega del Guadalhorce Bajo. Es una superficie plana, situada a una cota de 1 a 4 m sobre el cauce del río. Esta constituido por materiales tipo gravas, arenas, limos y arcillas, con potencia oscilante entre 8 y 50 m. Un paleocauce de gran interés hidrogeológico, constituído por gravas, se extiende en la margen derecha del Guadalhorce, desde la confluencia de este río con el Campanillas hasta la desembocadura del mismo.

El coluvial y los conos de deyección forman "pie de montes", con litología de gravas y arenas con matriz arcillosa. Sus clastos proceden de los materiales a los que rodean, generalmente los altos macizos que destacan en la zona.

3.2. TECTONICA

La estructura del zócalo es muy compleja. Los mantos de corrimiento se han producido durante la orogenia alpina, pudiéndose diferenciar en su evolución hasta su actual emplazamiento las siguientes fases:

- deformaciones prealpinas,
- corrimiento o traslación del manto, y
- deformaciones posteriores.

Todo ello complica las estructuras de los mantos Alpujárrides y Maláguides. Entre las unidades alóctonas, el techo está ocupado por los materiales del Maláguide. Con posterioridad al desplazamiento de los mantos, éstos se han plegado y fracturado solidariamente, por lo que presentan despegues.

Los materiales del Flysch se encuentran también muy alterados, en su estructura. No hay afloramientos claros que permitan mostrar su estructura, pero

se piensa que debe seguir, en líneas generales, la de los mantos del zócalo.

En las peridotitas, la estructura es de fracturas y diaclasas. La intrusión suele tener lugar a través de fallas subverticales con vergencia Norte.

Los materiales mas modernos (Mioceno o Cuaternario) no han sufrido grandes deformaciones pero, durante el Mioceno y Plioceno, se han visto afectados por pliegues laxos de gran radio, así como por fracturas de acomodación y movimientos verticales en el conjunto de la zona, con una gran importancia desde el punto de vista morfogenético. Se ha producido un considerable levantamiento del conjunto, como se observa en los Hachos de Alora y Pizarra, que ha tenido lugar con posterioridad al depósito del Mioceno, lo que explica la transgresión pliocena y los paleocauces cuaternarios.

4. AMBITO HIDROGEOLOGICO

4.1. ACUIFEROS

4.1.1. Acuífero carbonatado del Trías Alpujárride

Está constituido por los mármoles que afloran en la Sierra de Cártama, que presentan permeabilidad por fisuración. Tiene extensión de unos 9 km^2, de los que mas de la mitad son permeables. Los materiales de menor permeabilidad (cuarcitas, anfibolitas y gneises anfibolíticos) afloran en ventana tectónica en el núcleo de un anticlinal de orientación NE-SW, en cuyos flancos se encuentran los mármoles que constituyen el acuífero (figura 2).

Recibe su alimentacion únicamente a partir de las precipitaciones, produciéndose la descarga fundamentalmente hacia los acuíferos detríticos que se apoyan sobre los bordes de la estructura, así como mediante las captaciones que lo explotan. Los rendimientos de éstas varían mucho, de unos puntos a otros, lo que hace pensar en posibles irregularidades en la litología y desconexiones hidráulicas entre diversos sectores de la estructura, pudiendo ser esto causa de sobreexplotaciones locales.

Los sondeos realizados muestran características hidráulicas bastante

mediocres, con transmisividades en torno a 0,1 m^2/hora.

4.1.2. Acuífero Mioceno

Entre las formaciones de origen detrítico postorogénico, éste se sitúa en el nivel más bajo, colgado sobre materiales terciarios impermeables.

Su extensión es de unos 35 km^2 y presenta escasos afloramientos, entre los que destacan los Hachos de Alora y Pizarra.

La litología fundamental es de conglomerados, areniscas y calcarenitas, siendo su potencia variable.

Recibe su alimentación de la precipitación y la escorrentía, pudiendo actuar como elemento de recarga de otros acuíferos de la zona, aunque su importancia es pequeña.

Es permeable por porosidad intergranular y su transmisividad es baja.

4.1.3. Acuífero Plioceno

Se extiende en la zona intermedia de la depresión, sobre una superficie de unos 118 km^2.

Las variaciones de litología hacen de él un conjunto bastante complejo, con predominio de materiales margoso-arcillosos, en la base y arenoso-limosos, en el techo de la formación. En el sector meridional (junto a la Sierra de Mijas) se dan facies detríticas más groseras.

Mediante sondeos se ha podido distinguir el "acuífero superficial", constituido por un paquete de gravas, de potencia comprendida entre 10 y 40 m, que presenta digitaciones hacia los bordes de la depresión y que se sitúa a unos 60 m de profundidad, y el "acuífero profundo", integrado por los conglomerados de base de esta formación terciaria, hallándose a una profundidad variable entre 250 y 400 m, con potencia media entre 40 y 60 m. No obstante,

esta descripción constituye una aproximación, pues se dan frecuentes variaciones de facies y espesor.

A título indicativo, en algunos sectores se han determinado transmisividades del orden de 5-10 m^2/hora.

4.1.4. Acuífero Aluvial Cuaternario

Forma la vega del Guadalhorce que se extiende desde Alora hasta el mar sobre una superficie de 115 km^2.

Se apoya principalmente sobre materiales pliocenos de baja o media permeabilidad, aunque localmente también lo hace sobre formaciones impermeables del sustrato Paleozoico Alpujárride o Maláguide o del Flysch del Campo de Gibraltar. Presenta una potencia media de 15 m, que en algunos sectores puede llegar hasta un máximo de 80 m.

Son de interés hidrogeológico los paleocauces, existentes en la desembocadura del río Guadalhorce, originados por su carácter divagante en esta zona.

Considerado en su conjunto, el Aluvial del Guadalhorce puede decirse que constituye un acuífero multicapa cuya geometría interna es difícil de precisar, debido a las frecuentes variaciones de facies y espesor.

La alimentación que recibe, por infiltración directa de las precipitaciones, no es muy abundante, en relación con la que proporciona la infiltración del río Guadalhorce.

Los valores de transmisividad, obtenidos en bombeos realizados en la zona, alcanzan altos valores, alrededor de 200 m^2/hora, llegando en ocasiones a 400 m^2/hora lo que quizás sea debido a espesores localmente importantes.

4.1.5. Relaciones entre los acuíferos

La relación entre los acuíferos Plioceno y Cuaternario parece clara, pu-

diéndose decir que, en general, existe una recarga de aquél a partir de éste. El contacto entre ambos puede ser directo o bien a través de niveles de permeabilidad media a baja del techo del Plioceno. Esta comunicación está facilitada por los numerosos sondeos que captan conjuntamente a los dos acuíferos.

Asimismo, parece que el acuífero de la base del Plioceno también recibe alimentación en sus bordes, a partir de los acuíferos carbonatados de Sierra Blanca, Sierra de Mijas y Sierra de Cártama.

Incluso los escasos afloramientos del Mioceno parecen también estar relacionados con los acuíferos del Plioceno y Cuaternario.

4.2. PIEZOMETRIA

Existe una red de control que comenzó a establecerse en 1974 y que en la actualidad consta de unos 50 puntos, con densidad media de uno cada 2,2 km^2, realizándose 2 ó 3 campañas anuales de medidas.

La profundidad de la superficie piezométrica es menor en las zonas próximas a la costa y al río Guadalhorce en el centro del valle, donde alcanza valores inferiores a 5 metros. En el resto del valle, la profundidad oscila generalmente entre 5 y 10 metros (figuras 3 y 4).

En los piezómetros que se controlan se observa una evolución caracterizada por fluctuaciones estacionales de reducida amplitud, entre 1 y 2 metros por regla general, excepto en sectores de explotación intensa (figura 5).

En el acuífero aluvial, estas oscilaciones se correlacionan básicamente con las que se producen en la pluviometría, de forma que los niveles más bajos se obtienen en los años más secos (1975, 1981 y, especialmente, 1983), mientras que en los años más húmedos (1979 y 1982) se registran los niveles más altos. Entre los años 1984 y 1986, la tendencia es a mantenerse en cotas normales, aunque, especialmente en la zona baja del acuífero, se observan descensos por estiaje más significativos.

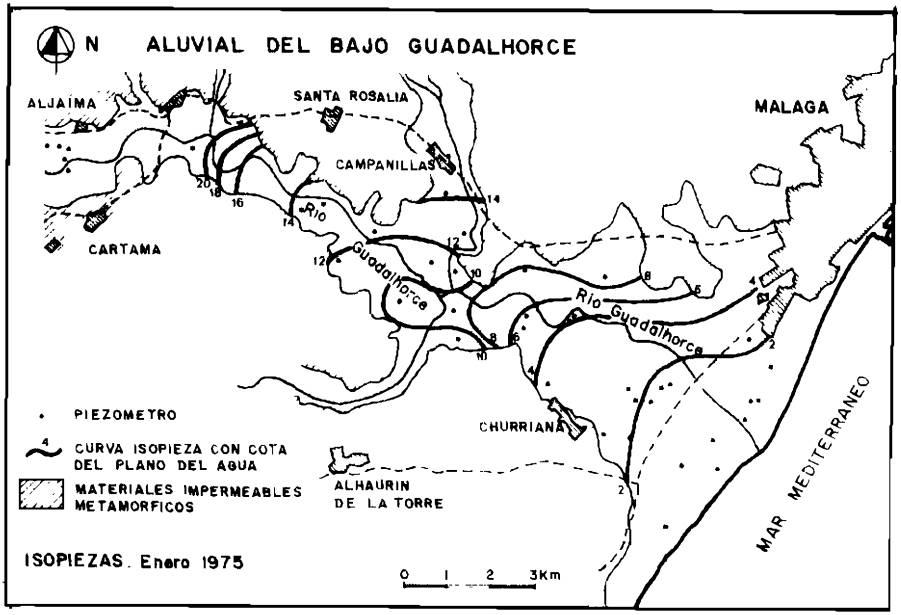

Figura 3. Isopiezas del aluvial del Bajo Guadalhorce (Enero/75).

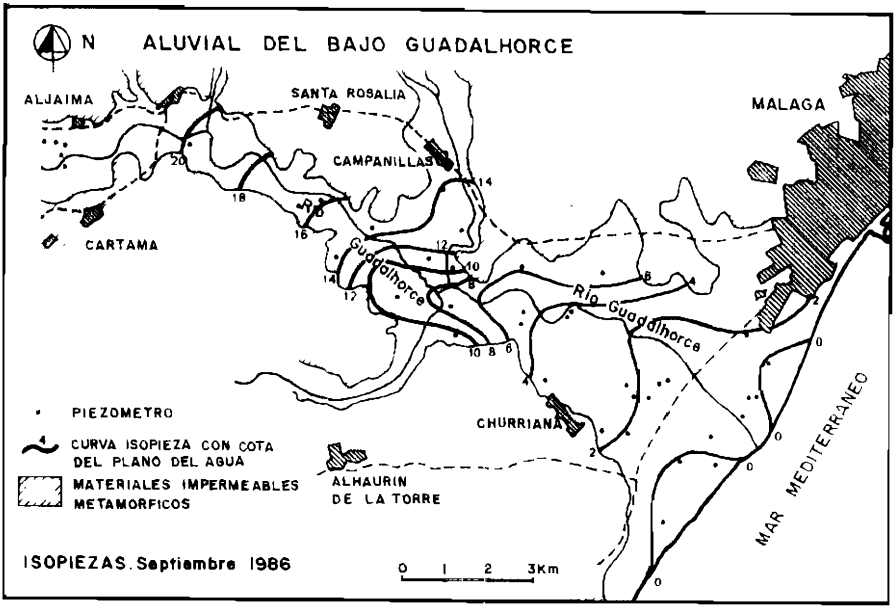

Figura 4. Isopiezas del aluvial del Bajo Guadalhorce (Septiembre/86).

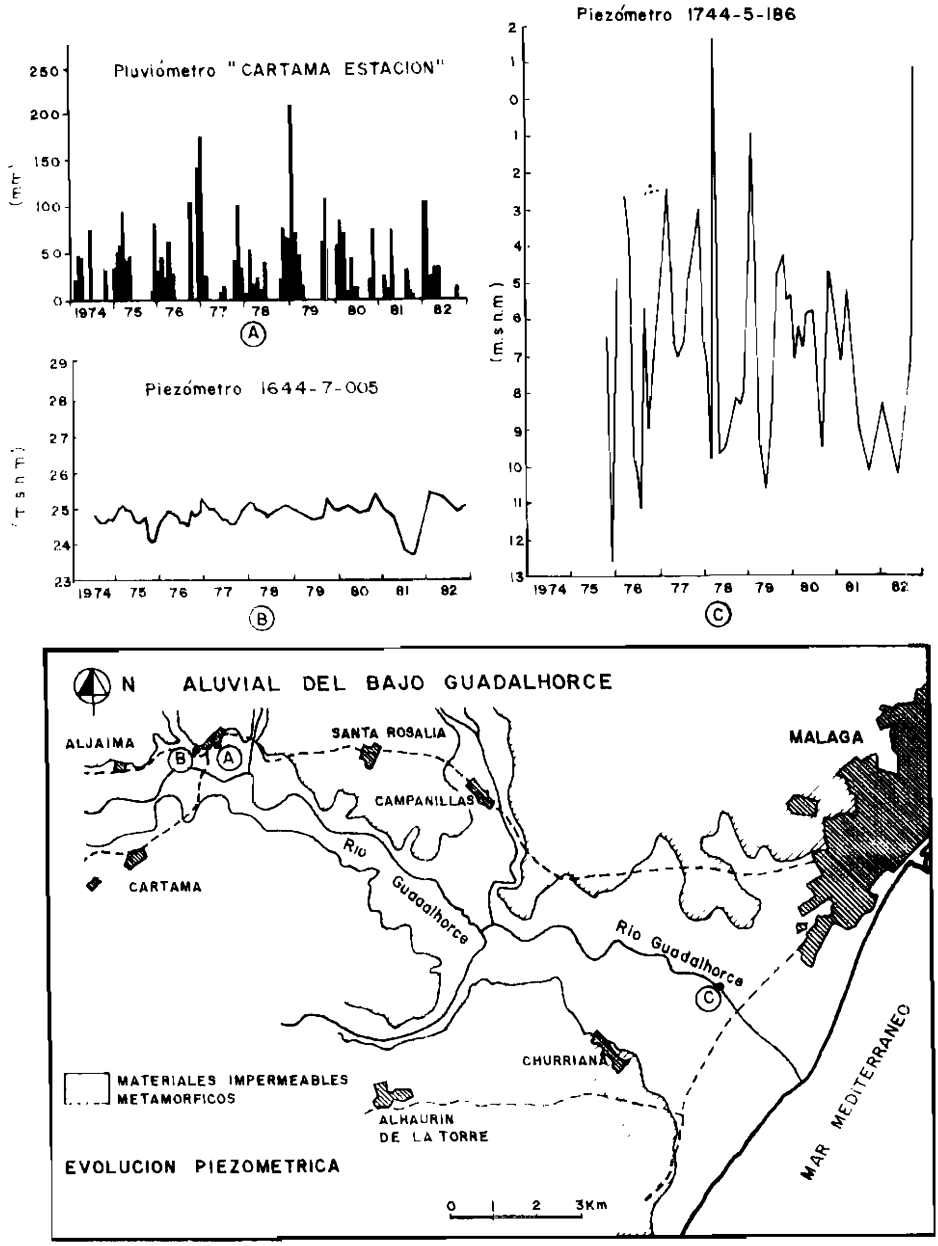

Figura 5. Evolucion piezométrica del aluvial del Bajo Guadalhorce.

En el acuífero Plioceno se constatan oscilaciones de mayor magnitud en zonas donde tienen lugar grandes extracciones. Los mínimos suelen situarse varios metros por debajo del nivel del mar. No obstante, las buenas características hidráulicas del acuífero favorecen la recuperación rápida, una vez que cesan los bombeos. En este fenómeno influye también la recarga procedente de acuíferos suprayacentes o del río.

Es importante destacar que las cotas durante el estiaje, en las zonas próximas al mar, son negativas, con el consiguiente riesgo de intrusión marina. En la zona inmediata al cauce del río, este hecho se manifiesta con menor intensidad, lo que hace pensar en que éste actúa como elemento de recarga al producirse el descenso estacional. La causa de estos descensos se puede suponer relacionada con el aumento de extracciones en la parte baja del acuífero, especialmente debido al funcionamiento casi permanente de los sondeos de abastecimiento a Málaga, situados en Puente del Rey y San Isidro.

4.3. RECURSOS SUBTERRANEOS DEL SISTEMA

Pese a no disponer de un inventario actualizado de captaciones, ni de estaciones de aforo, para conocer en qué medida se infiltran las aguas superficiales, se pueden estimar los recursos del sistema en unos 75 Hm^3/año, de los que aproximadamente dos tercios corresponden a la infiltración de aguas procedentes de cursos superficiales y retornos de riego, así como de la alimentación subterránea que proporciona el acuífero carbonatado de Sierra Blanca-Sierra de Mijas. El tercio restante correspondería a infiltración directa de precipitaciones.

Las extracciones por bombeo alcanzan un valor de unos 65 Hm^3/año, mientras que las salidas subterráneas al mar se estiman en unos 10 Hm^3/año.

4.4. UTILIZACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

En el acuífero Plioceno existen cerca de 150 captaciones, de las que aproximadamente las dos terceras partes son pozos y el resto sondeos, siendo sus caudales generalmente reducidos, dado que alcanzan poca profundidad. En el

acuífero cuaternario existen unos 300 puntos de esplotación, en su gran mayoría pozos de ejecución manual, y un número más reducido de sondeos mecánicos. Estos puntos se sitúan en su mayoría en la zona comprendida entre Cártama y la costa.

Las extracciones, se estiman en unos 65 Hm^3/año, de los que unos 10 Hm^3/año proceden del acuífero Plioceno, 35 Hm^3/año del acuífero Cuaternario y 20 Hm^3/año de captaciones que explotan conjuntamente ambos acuíferos. El agua bombeada se utiliza fundamentalmente en la agricultura (algo más del 50%), un 10% a la industria y el resto al abastecimiento urbano de poblaciones como Cártama, Alora y Pizarra, destacando los 24 Hm^3/año destinados a la ciudad de Málaga, extraídos de los sondeos próximos al río Fabala y al Guadalhorce (Punte del Rey y San Isidro).

En cuanto a la distribución de las explotaciones, a lo largo del año, la mayoría se concentra en la época estival, tanto a causa del riego de los cultivos como al aumento de la población en esa época debido al turismo.

4.5. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

Se estableció una red de control en 1976, que en la actualidad consta de 24 puntos en el acuífero Cuaternario y 9 puntos en el acuífero Plioceno, que se muestrean y analizan 1 ó 2 veces al año.

Las aguas son generalmente duras o extremadamente duras, con algunos sectores de dureza media. La mineralización es fuerte, siendo las facies más frecuentes las cloruradas y sulfatadas magnésicas, cálcicas y sódicas.

Estas aguas subterráneas se caracterizan por sus elevadas concentraciones en cloruros, sulfatos y nitratos, lo que hace que en grandes zonas no sea recomendable su uso para consumo humano; incluso debe cuidarse su empleo para riego de cultivos poco tolerantes con las altas concentraciones salinas, y presentan un riesgo medio a elevado de salinización del suelo.

Las zonas de mejor calidad se sitúan en la margen derecha, muy probablemente debido a las aportaciones procedentes del acuífero carbonatado de Sierra

Blanca-Sierra de Mijas, mientras que en las zonas próximas al mar la calidad llega a valores críticos.

Se constata, durante los últimos años, un empeoramiento progresivo en la calidad de las aguas de este acuífero, especialmente en lo referente a cloruros, nitratos, sulfatos, magnesio, sodio, bicarbonatos y conductividad eléctrica (figuras 6 a 16).

Para el aumento de las concentraciones de nitratos se puede considerar motivo determinante el aumento de actividades humanas en la zona, incidiendo muy especialmente la agricultura (abuso de abonos nitrogenados) y la ganadería (residuos de las explotaciones).

El incremento en las concentraciones de cloruros, así como en los valores de conductividad, es parcialmente debido al fenómeno de intrusión marina que se observa en la franja costera. Pero esto no explica que en puntos situados más hacia el interior y a cotas muy superiores a las del nivel del mar, también se observen ascensos considerables en estos parámetros. En este caso, puede considerarse como factor determinante de la progresiva mineralización, el riego con aguas procedentes del embalse del Guadalhorce, al que vierten manantiales salinos, entre los que destaca el de Meliones.

Otro fenómeno importante, que se ha detectado recientemente, es la presencia significativa, en algunas muestras, de metales pesados y componentes tóxicos tales como hierro, plomo, y cromo hexavalente, lo que hace pensar que en la zona baja del acuífero se empieza a producir una contaminación de tipo industrial.

En los gráficos adjuntos (figuras 6 a 16), se puede observar el incremento de las concentraciones producido en los últimos años, al tiempo que se han extendido también las zonas donde éstas eran más elevadas.

5. RELACION ACUIFERO-MAR

Hay establecida en este acuífero una red de control de la intrusión marina, que data de 1977 y consta de 14 puntos, en los que se determinan los

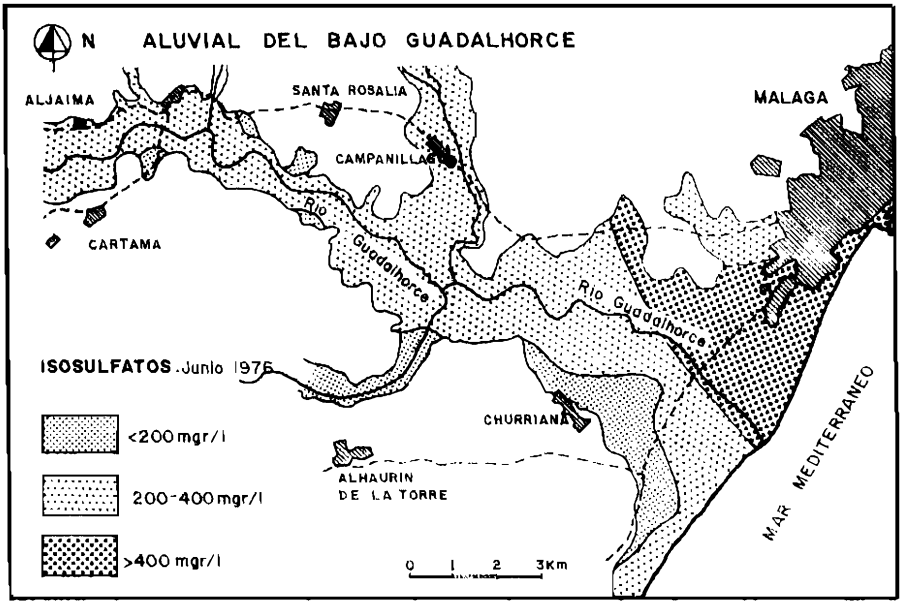

Figura 6. Isosulfatos del aluvial del bajo Guadalhorce (Junio/76).

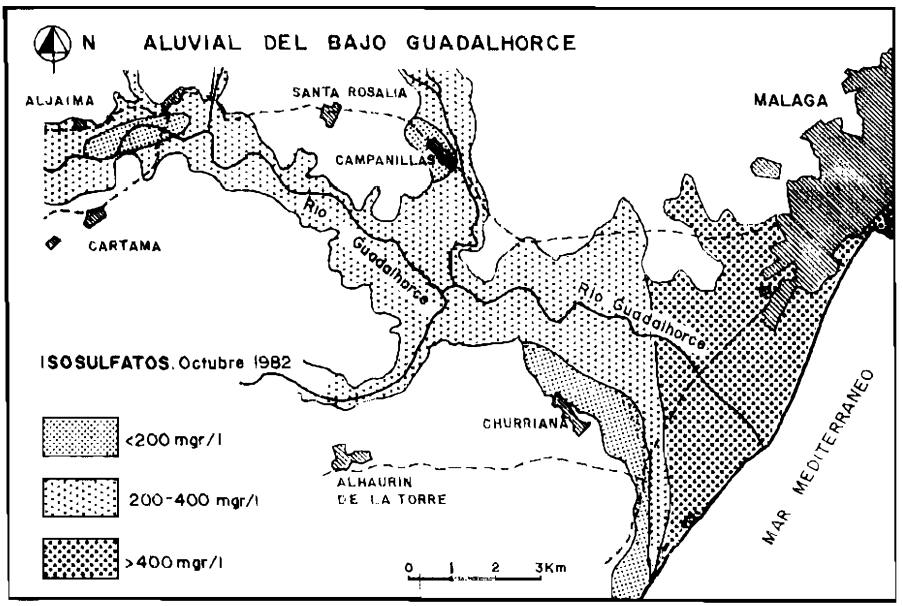

Figura 7. Isosulfatos del aluvial del Bajo Guadalhorce (Octubre/82).

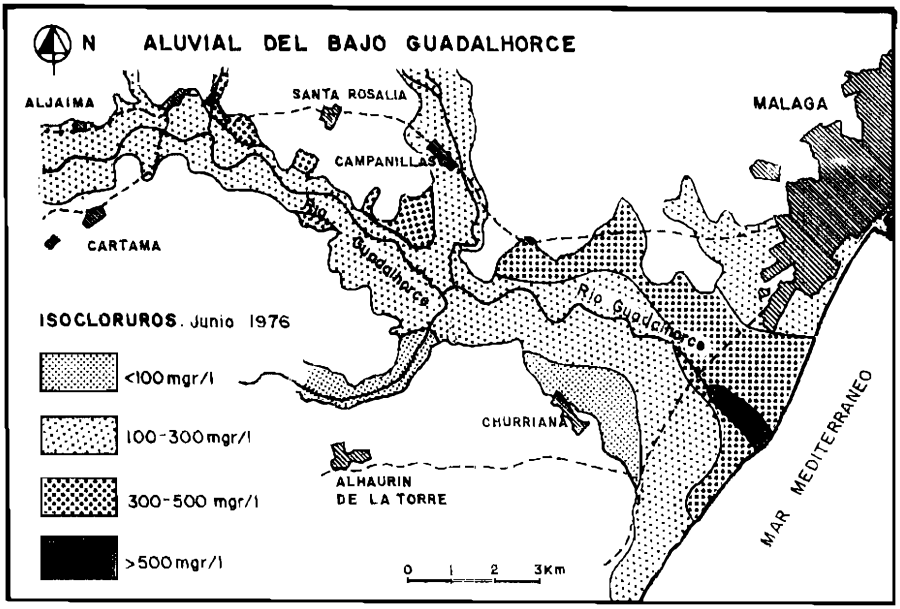

Figura 8. Isocloruros del aluvial del Bajo Guadalhorce (Junio/76).

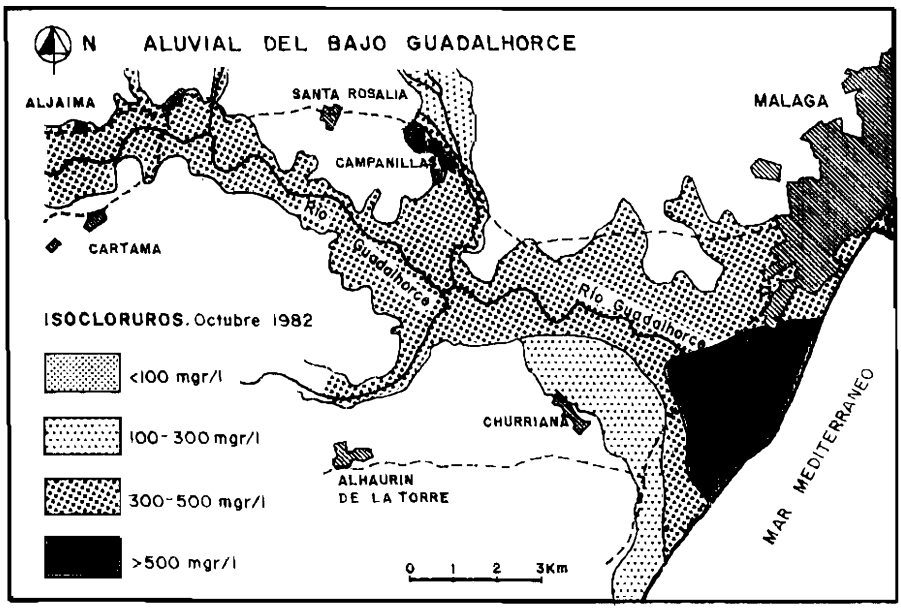

Figura 9. Isocloruros del aluvial del Bajo Guadalhorce (Octubre/82).

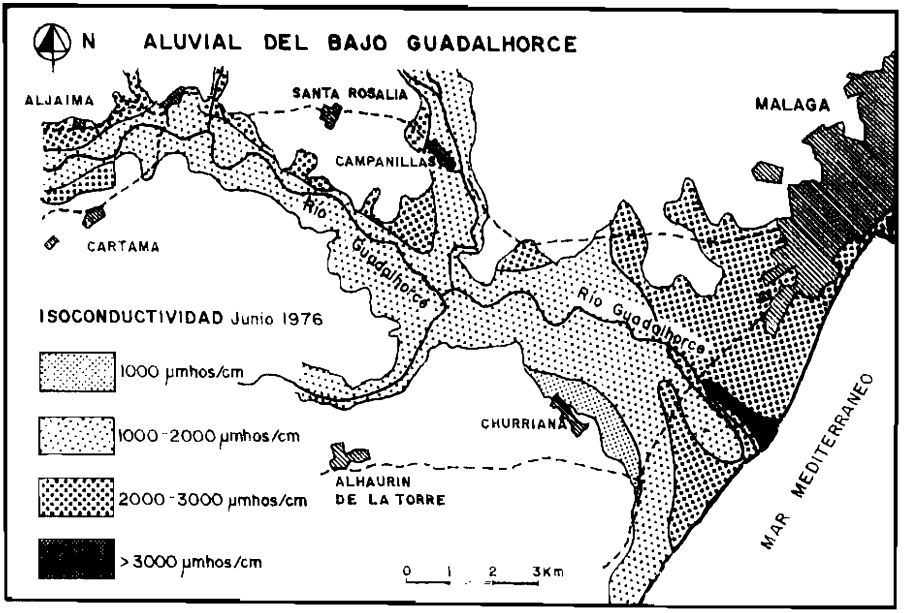

Figura 10. Isoconductividades del aluvial del Bajo Guadalhorce (Junio/76).

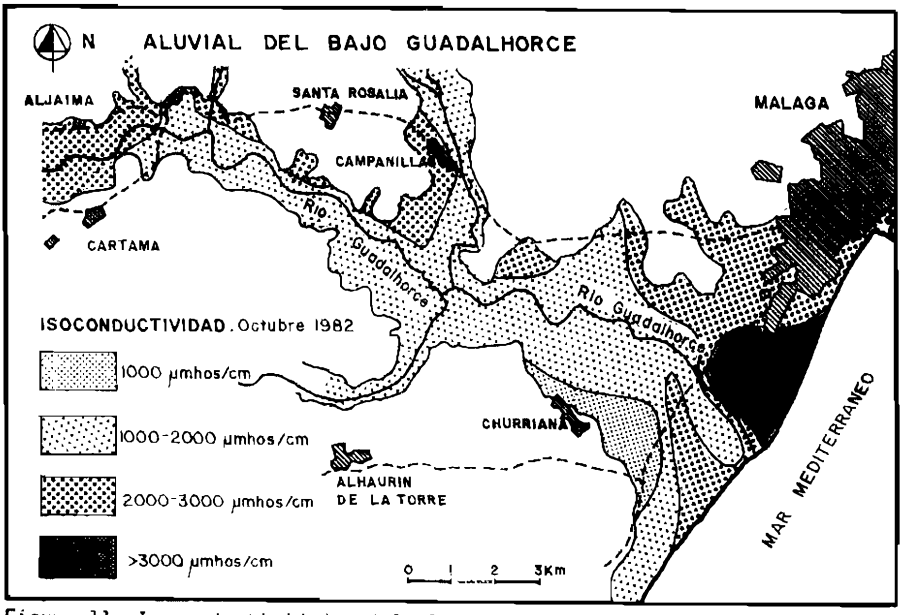

Figura 11. Isoconductividades del aluvial del Bajo Guadalhorce (Octubre/82).

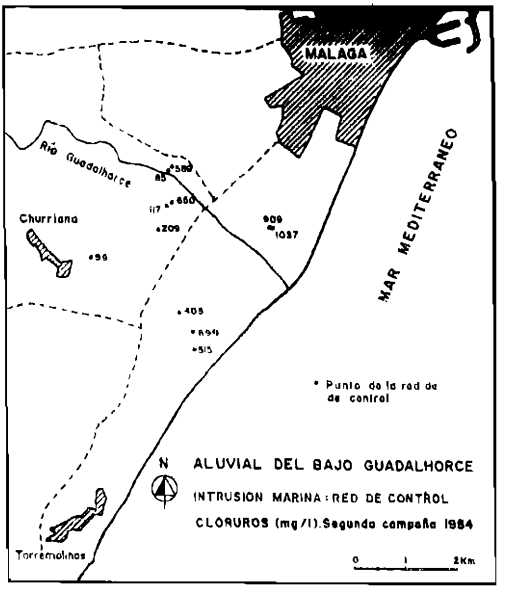

Figura 12. Red de control - Intrusión marina. Conductividad 1ª Campaña 1984.

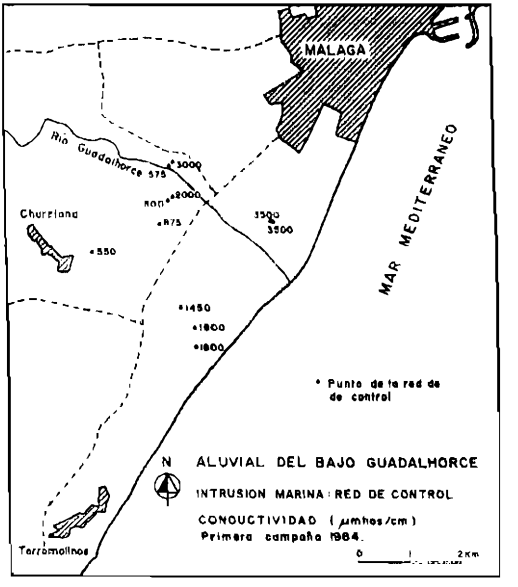

Figura 13. Red de control - Intrusión marina. Conductividad Abril/86.

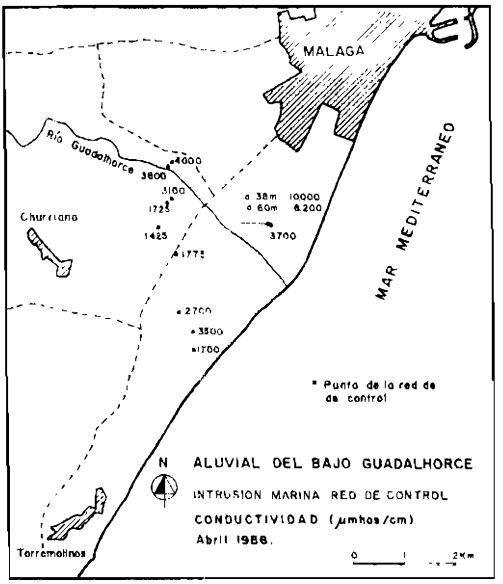

Figura 14. Red de control - Intrusión marina. Cloruros 2ª Campaña 84.

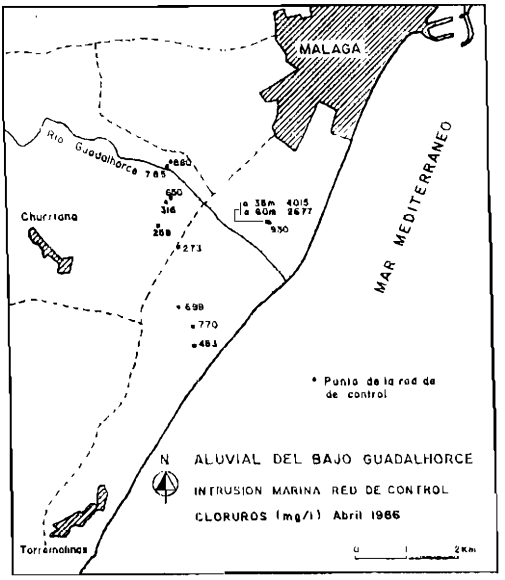

Figura 15. Red de control - Intrusión marina. Cloruros Abril/86.

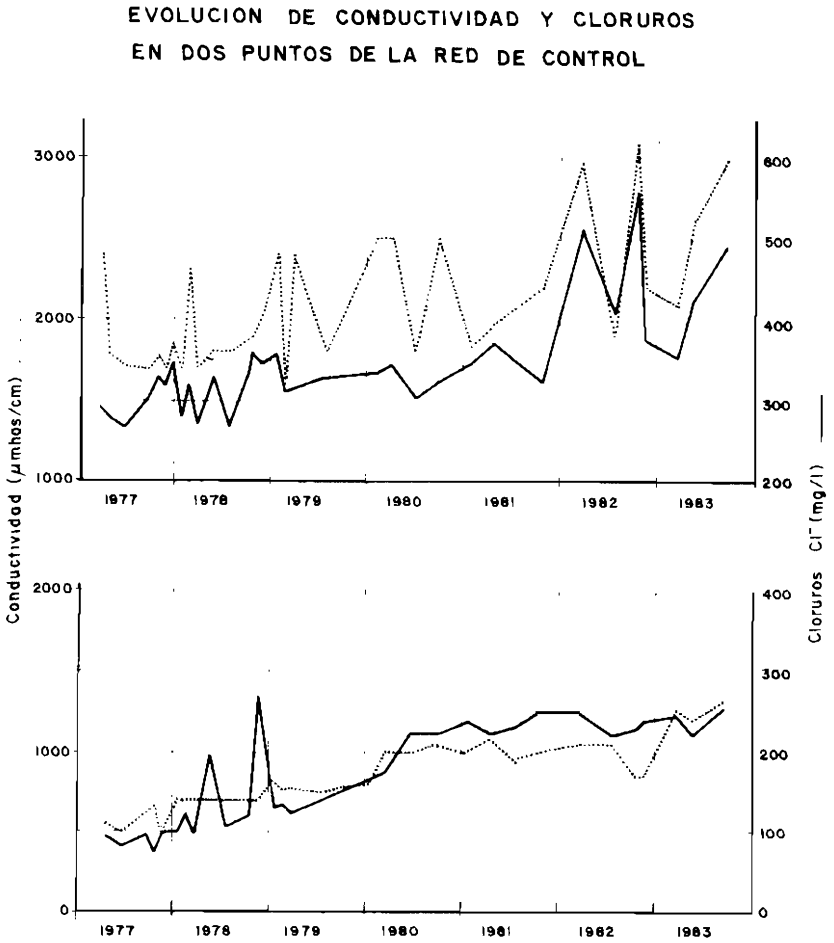

Figura 16. Evolución de la conductividad y cloruros en dos puntos de la red de control.

contenidos de cloruros y conductividad, a diferente profundidad.

El valor medio de la conductividad, en el acuífero, oscila entre 1.000 y 2.000 mhos/cm, dándose valores superiores a éstos en la franja costera, en ambas márgenes del río Guadalhorce. La intrusión marina, en este sector, se vé favorecida por tratarse de una zona deprimida desde el punto de vista piezométrico.

Desde 1985 se viene observando un paulatino avance de la intrusión marina, manifestado por el creciente aumento de las concentraciones salinas

Como causa determinante de este fenómeno se puede considerar el déficit pluviométrico, registrado en la zona en los últimos tiempos, aunque se piensa que actúa de una manera mucho más significativa el incremento en las explotaciones de este sistema, muy concretamente mediante los sondeos de abastecimiento a Málaga de Puente del Rey, San Isidro y cercanías del Río Fahala, que explotan caudales del orden de 1.000 l/s.

Se considera conveniente insistir en la vigilancia del acuífero, en este sentido, por el riesgo de contaminación futura que podría suponer una salinización aún más intensa que la actual, la cual tiene, como ya se vió, otros orígenes además del atribuido directamente a la intrusión marina.

La tendencia al aumento de la salinización puede verse claramente en los mapas de cloruros y conductividades adjuntos, correspondientes a distintos años en una misma época, así como en los gráficos de evolución temporal de algunos piezómetros de la red de control, en los que se ve un incremento gradual en los contenidos salinos.

6. PROPUESTAS DE GESTION

El principal problema que afecta a este acuífero es el relativo a la calidad de sus aguas, por lo que sería conveniente potenciar todas las actuaciones tendentes a mejorar ésta. Algunas de éstas podrían ser las que a continuación se indican:

- En primer lugar, es importante mantener las actuales redes de control, tanto de piezometría como de calidad o intrusión, y no descuidar su vigilancia.

  Este control debe extremarse hacia las áreas cercanas a las captaciones de abastecimiento a Málaga, que pueden sufrir los efectos de un descenso piezométrico importante y la contaminación de este sector del acuífero.

- Otro aspecto importante a considerar es el de la calidad de las aguas extraídas, que empeora progresivamente. Sería, muy importante controlar adecuadamente los vertidos urbanos, así como los procedentes de granjas o explotaciones en general. Las industrias también deben prestar atención a este hecho, pues se han detectado ya indicios de contaminación procedente de las mismas.

- En orden a evitar contaminaciones de tipo bacteriológico, sería asimismo preciso llevar un control efectivo sobre la instalación de vertederos junto a cauces de agua o zonas permeables.

- Un problema muy importante en este acuífero, es el de la utilización en su ámbito de aguas procedentes del embalse del Guadalhorce, donde existen manantiales salinos, de concentraciones muy elevadas. Sería fundamental ejercer un control muy directo sobre esta cuestión, buscando soluciones técnicas o de gestión a la misma.

- Otro problema latente lo constituyen los retornos de riego, procedentes de cultivos con exceso de abonos nitrogenados (y en ocasiones de pesticidas), lo que supone fuertes incrementos en algunos parámetros hidroquímicos, como el de contenido en nitratos y nitritos. Sería tal vez conveniente una campaña de información y concienciación al respecto, o algún otro tipo de medida más ejecutiva, en caso de resultar aquélla ineficaz.

- En el campo de la vigilancia, sería conveniente contar con un inventario actualizado de puntos de agua, así como de volúmenes de extracción en cada uno de ellos, por lo que se sugiere su realización. Asimismo, quizá fuera oportuno (por ejemplo, en el caso de la intrusión) aumentar el número de campañas de control. Podría ser incluso adecuado proceder a un control

químico de las aguas de regadío, especialmente en lo referente a su elevada salinidad.

7. BIBLIOGRAFIA

CARRASCO SANTOS, F. (1978).

Variación de la salinidad de las aguas del Río Guadalhorce. Influencia de la litofacies. Tecniterrae "S-132". Febrero-Marzo 1978.

DIPUTACION PROVINCIAL DE MALAGA.

Atlas hidrogeológico de la provincia de Málaga. (Documento inedito).

DOMINGUEZ RODRIGUEZ, R.

El Bajo Valle del Guadalhorce. Departamento de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Málaga.

DOMINGUEZ RODRIGUEZ, R.

Las actividades del textil en Málaga. Su papel en las economías agrarias. Departamento de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Málaga.

ESCOLANO BUENO, A. (1974).

La calidad de las aguas de los ríos Turón, Guadalteba y Guadalhorce en relación con su aprovechamiento actual y futuro. Tomo nº 17. D.I. Hidrogeología.

IGME (1980).

Calidad de las aguas subterráneas en las Cuencas del Sur de España. Primer informe. Programa Nacional de Gestión y Conservación de los Acuíferos. Servicio de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía.

IGME (1981).

Investigación hidrogeológica en las cuencas del Sur de España (Sector Occidental). Servicio de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía. Colección Informe.

IGME (1983).

Investigación hidrogeológica de las Cuencas del Sur de España. Informe técnico nº 5, Anejos y planos. Sistema acuífero nº 37. Detrítico de Málaga (Incluye algunos informes privados).

IGME (1983).

Investigación hidrogeológica de las cuencas del Sur de España (Sector Occidental). Informe técnico nº 2. Marco físico.

IGME (1983).

Investigación hidrogeológica de las cuencas del Sur de España (Sector Occidental). Informe técnico nº 3. Demandas, recursos y planos hidráulicos existentes.

IGME (1984).

Calidad de las aguas subterráneas en las Cuencas del Sur de España. Segundo Informe. Programa Nacional de Gestión y Conservación de los Acuíferos. Servicio de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía.

IGME (1985).

Informe sobre el control de la intrusión marina en los acuíferos costeros de la Cuenca Sur (Sector Occidental) durante 1985. Nota técnica nº 271 y anejo.

IGME (1985).

Evolución de la piezometría y del régimen de descarga de los manantiales del sector occidental de la Cuenca Sur en el año 1985. Nota técnica nº 272 y anejo.

IGME (1986).

Informe sobre posibilidades de mejorar la red de intrusión, en los acuíferos costeros de la Cuenca Sur (Sector Occidental).

IGME (1987).

Evolución de la piezometría y del régimen de descarga de los manantiales del Sector Occidental de la Cuenca Sur en el año 1986. Nota técnica nº 282.

IGME (1987).

Informe sobre evolución de la calidad de las aguas subterráneas en la Cuenca Sur (Sector Occidental) correspondiente a 1986. Nota técnica nº 287.

IGME (1987).

Control de la intrusión marina en los acuíferos costeros de la provincia de Málaga durante 1986. Nota técnica nº 288.

LINARES GIRELA, L.; LOPEZ GETA, J.A. y RIVERA MARTINEZ, A. (1983).

Degradación de la calidad del agua en el acuífero aluvial del Bajo Guadalhorce (Málaga). III Simposio de Hidrogeología.