

## EL AGUA EN ANDALUCÍA

### HIDROGEOLOGIA DE LA SIERRA DE LIJAR (Prov. CADIZ)

José Manuel Medina Martínez	Lcdo. Cc. Geológicas
Antonio Molina Martínez **	Lcdo. Cc. Geológicas
Antonio Castillo Martín *	Dr. Cc. Geológicas

\* Dpto. de Hidrogeología y Dpto. de Investigaciones Geológicas del C.S.I.C., Univ. de Granada.  
\*\* LABORSUR S.A.

### RESUMEN

Se presenta un estudio hidrogeológico clásico del sistema acuífero carbonatado de la sierra de Lijar, unidad de 21 Km<sup>2</sup> de superficie situada al Noreste de la provincia de Cádiz. En él se hacen las oportunas consideraciones acerca de la geometría, hidroquímica, funcionamiento y balance hídrico de la unidad.

### RESUME

On présente une étude hydrogéologique classique du système aquifère carbonaté de la Sierra de Lijar, unité de 21 Km<sup>2</sup> de surface, située au Nord-Est de la province de Cádiz. On y fait les considérations opportunes sur la géométrie, le fonctionnement, les caractéristiques physico-chimiques des eaux et bilan hydrique de l'unité.

### GENERALIDADES

La sierra de Lijar constituye una notable elevación montañosa situada en el extremo Nororiental de la provincia de Cádiz, en las proximidades de los núcleos urbanos de Algodonales (al Sur), Coripe (al Norte) y Olvera (al Este). Posee una forma alargada en dirección NE-SO, de 7 Km de longitud y una anchura media de 3,5 Km; su superficie es de 21 Km<sup>2</sup>. La cota media de dicha elevación es de 800 m, y su punto culminante el vértice Lijar, con 1.051 m. La precipitación media anual es de 850 mm.

Los materiales presentes corresponden, mayoritariamente, a dolomías y calizas jurásicas del Subbético medio septentrional, cuyo afloramiento se halla delimitado por materiales margo-yesíferos del Trías, de muy posible origen alóctono. La estructura de la unidad es la de un anticlinal volcado con vergencia NO.

Desde un punto de vista hidrogeológico, dicha unidad fue reconocida con anterioridad, entre otros, por Euroestudios, S.A. (1981-82), con motivo de ubicar una captación de abastecimiento

para el núcleo urbano de Olvera, y por C.G.S. (1985), dentro del Proyecto de realización del "Atlas hidrogeológico de la provincia de Cádiz".

### GEOLOGIA

Las características litoestratigráficas de los materiales jurásicos de la sierra de Lijar, permiten presuponer para esta unidad una asignación al Subbético medio septentrional (similar al de las sierras de Los Caballos y El Tablón, situadas al Noreste; CRUZ-SANJULIAN, 1974). Asimismo, su posición tectónica parece ser "para-autóctona, en contra de algunas interpretaciones de índole "aloctonista", por lo que el Trías de contorno habría cabalgado a los materiales jurásicos, aflorando estos en ventana tectónica.

A continuación se expone una breve descripción litoestratigráfica y tectónica del sistema estudiado (en la figura 1 puede observarse un esquema geológico detallado del mismo).

#### Litoestratigrafía

Los materiales más antiguos representados en la figura 1 pertenecen al Trías, aunque su posición tectónica en el sector es muy posiblemente intracretácica, sin considerar al Trías de base de la unidad, no observado. Las litofacies presentes son las de margas y arcillas abigarradas con yesos del Keuper; eventualmente se intercalan también tramos carniolares y de doleritas ofíticas.

El Jurásico comienza su serie con dolomías masivas grises, de edad Lías inferior, las cuales poseen una estimable potencia y corresponden a los materiales mayoritariamente representados en la sierra de Lijar. Encima se disponen calizas y dolomías de colores claros, seguidas de calizas margosas, margocalizas y margas gris amarillentas, de edad, todas ellas, Lías medio-superior. El Dogger-Malm está constituido por una secuencia de margocalizas, margas y calizas nodulosas. Ambos tramos afloran, en muy reducida extensión, en el flanco invertido occidental de la unidad estudiada (ver figura 1).

El Cretácico inferior, compuesto por margocalizas y margas de color amarillento, al igual que el Cretácico superior-Paleoceno, representado por margas y margocalizas rosadas y blancas, aflora, de forma reducida también, en el borde del mismo flanco invertido occidental.

Los materiales terciarios del sector se diferencian en dos unidades según su asignación tectónica. La primera está constituida por calizas y calcarenitas grises, y se localiza mecánicamente sobre el Trías del borde occidental de la sierra de Lijar. La segunda unidad, que aflora mayoritariamente al Sureste del núcleo urbano de Algodonales, está compuesta por arenas y arcillas versicolores (formaciones "Arcillas de Jimena" y de "Bonai-

ESQUEMA GEOLOGICO DE LA SIERRA DE LIJAR

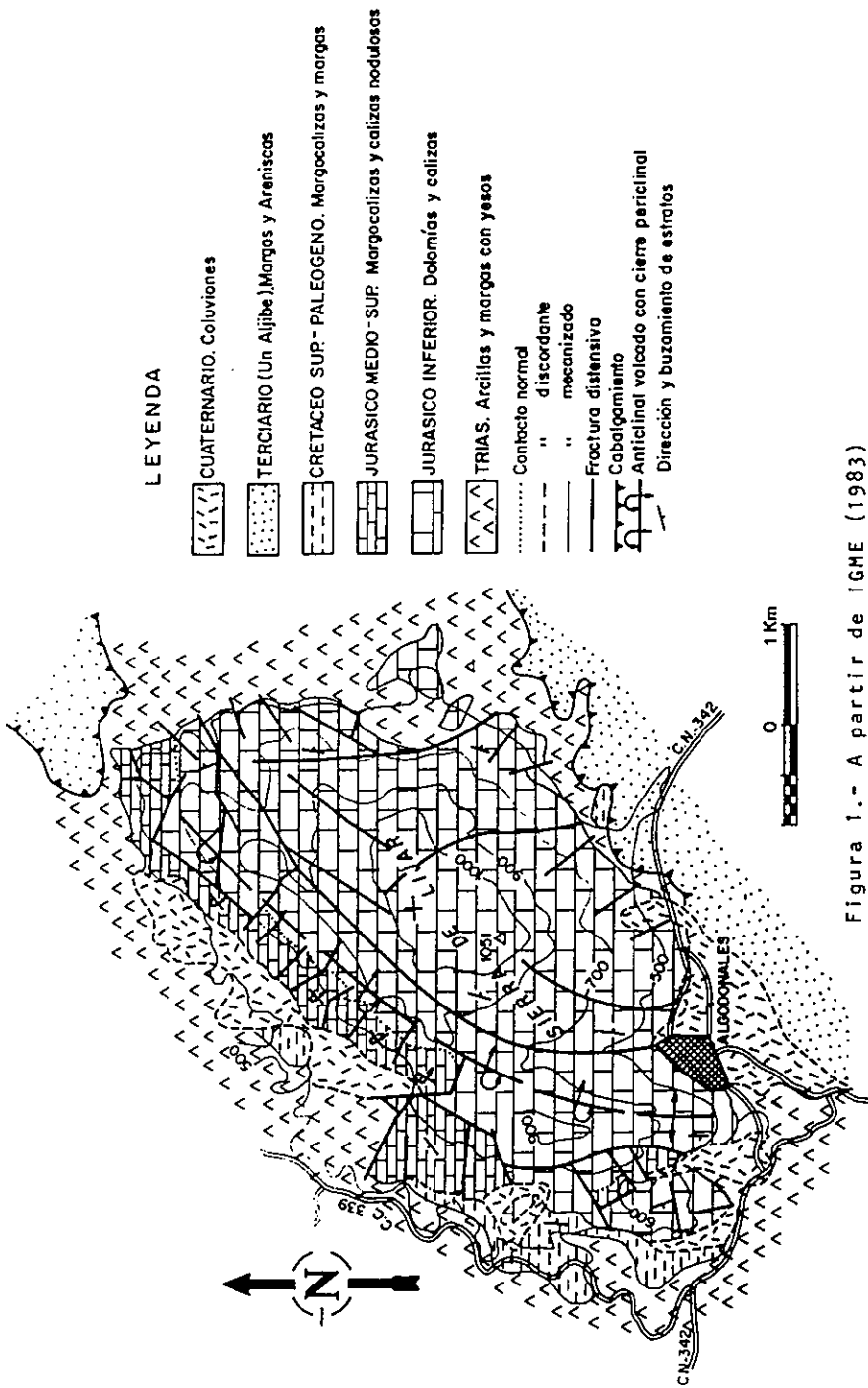


Figura 1.- A partir de IGME (1983)

za"; DIDON, 1969), sobre las que se disponen de forma mecánica potentes niveles areniscosos ("Areniscas de la Unidad de Aljibe; GAVALA, 1924), fácilmente identificables por el resalte de sus relieves.

Por último, el Cuaternario, representado por coluviones de pie de ladera, se halla especialmente desarrollado en el entorno del núcleo urbano de Algodonales (al Sur) y en todo el borde occidental del sistema montañoso estudiado.

#### Tectónica

La estructura tectónica de la sierra de Lijar, corresponde, como ya se ha comentado, a la de un anticlinal volcado, con vergencia NO y dirección N-40°E. Los buzamientos del flanco normal (oriental) son de 30-40°, mientras que los del flanco invertido son de 60-70°. Este domo anticlinal se halla afectado por gran número de fracturas y fallas normales de direcciones principales N-40°-E y N-40-50°-0; el primer grupo, coincidente con la dirección del plegamiento, presenta las fracturas de mayor desarrollo.

La posición tectónica de la unidad estudiada se halla discutida en la actualidad; para IGME (1983) la sierra de Lijar se habría dispuesto mecánicamente, y de forma laminar, sobre el Trías que la rodea (hipótesis "aloctonista"). Otros autores, sin embargo, refiriéndose a unidades próximas y semejantes plantean hipótesis de "para-autoctonia" para las mismas, las cuales, en este caso, habrían sido cabalgadas por el Trías ("manto de Antequera-Osuna para CRUZ-SANJULIAN, 1974).

#### HIDROGEOLOGIA

##### Geometría del sistema

Las dolomías grises del Lías inferior constituyen, básicamente, los materiales acuíferos del sistema hidrogeológico de la sierra de Lijar, que como ya se ha comentado, posee un desarrollo alargado en dirección NE-SO, y una superficie de 21 Km<sup>2</sup> (ver esquema hidrogeológico de la figura 2).

Todos los bordes del sistema están constituidos por materiales triásicos, que para la hipótesis más extendida serían alóctonos, aflorando la sierra de Lijar a modo de ventana tectónica. Esta consideración tiene gran trascendencia hidrogeológica, ya que incide directamente sobre el enraizamiento (reservas) de los materiales acuíferos aludidos, que algunos estudios de reconocimiento hidrogeológico anteriores infravaloraron, atendiendo, posiblemente, a un origen alóctono, y consecuente desarrollo laminar, del sistema acuífero de la sierra de Lijar.

La información aportada por el sondeo de abastecimiento de Olvera (punto nº 12 de la figura 2), que cortó más de 140 m de dolomías en el cierre periclinal Norte, y los valores analíti-

# ESQUEMA HIDROGEOLOGICO DE LA SIERRA DE LIJAR

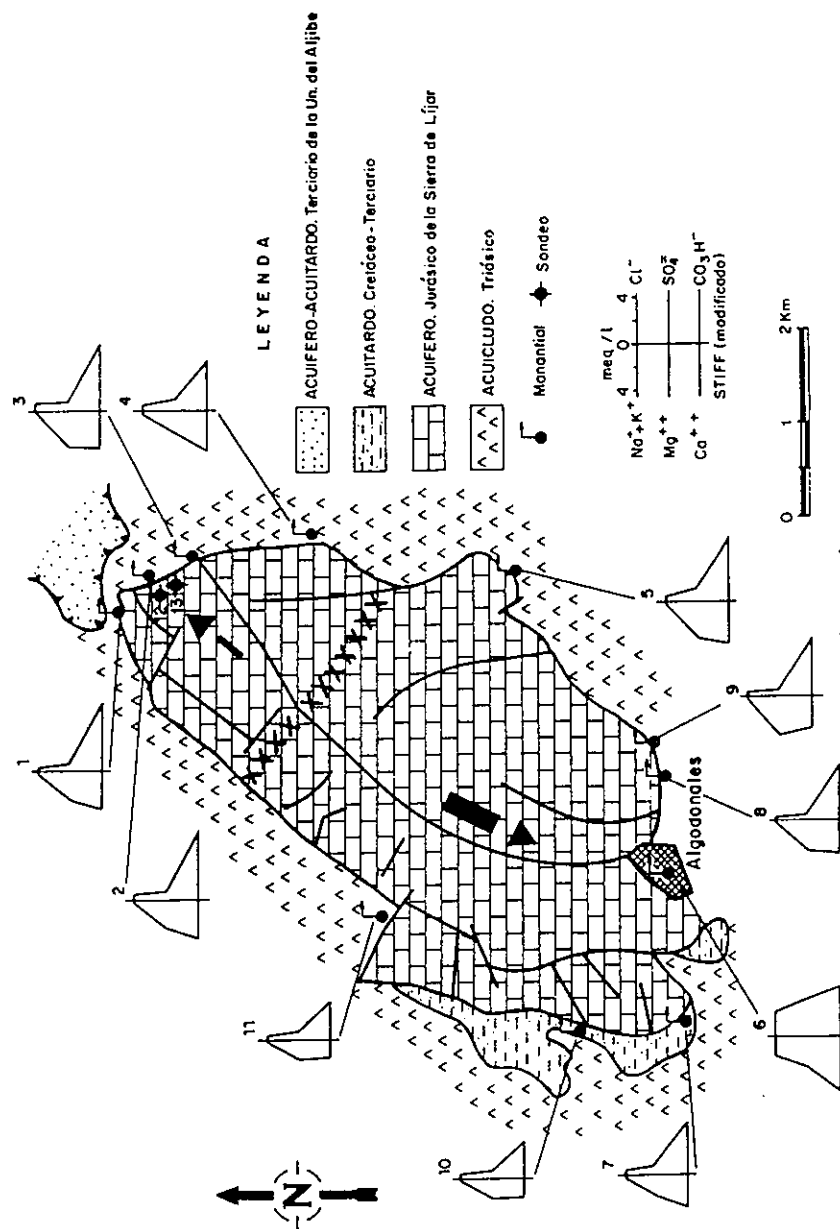


Figura 2

cos de las aguas muestreadas, que aportaron bajos contenidos en los iones sulfato y cloruro y un cierto termalismo, apoyan, en cualquier caso, la idea de un considerable enraizamiento de la unidad, sin entrar en considerandos de carácter tectónico.

### Hidroquímica

Como herramienta de apoyo para conocer el funcionamiento hidrogeológico del sistema estudiado, se procedió, en Noviembre de 1985, al muestreo y análisis de las 11 principales surgencias de la unidad (ver figura 2). Los valores analíticos obtenidos reflejaron una escasa variabilidad composicional. Muestra de ello son las representaciones de Stiff (en figura 2) y Piper (en figura 3) realizadas, de las que únicamente cabe resaltar la menor mineralización de las aguas procedentes de las surgencias n<sup>os</sup> 10 y 11, y, sobre todo, el mayor contenido salino de la muestra n<sup>o</sup> 6 (Fuente Baja de Algodonales). Todas las aguas analizadas presentaron valores de conductividad comprendidos entre 400 y 600  $\mu\text{mhos/cm}$  (con la excepción de la muestra n<sup>o</sup> 6, que dió un valor de 803  $\mu\text{mhos/cm}$ ) y facies bicarbonatadas cálcicas o cálcico-magnésicas. Los contenidos en los iones sulfato y cloruro, posible indicio de lixiviados triásicos, resultaron ser inferiores a 40 y 15 mg/l respectivamente (con valores algo superiores para la muestra n<sup>o</sup> 6).

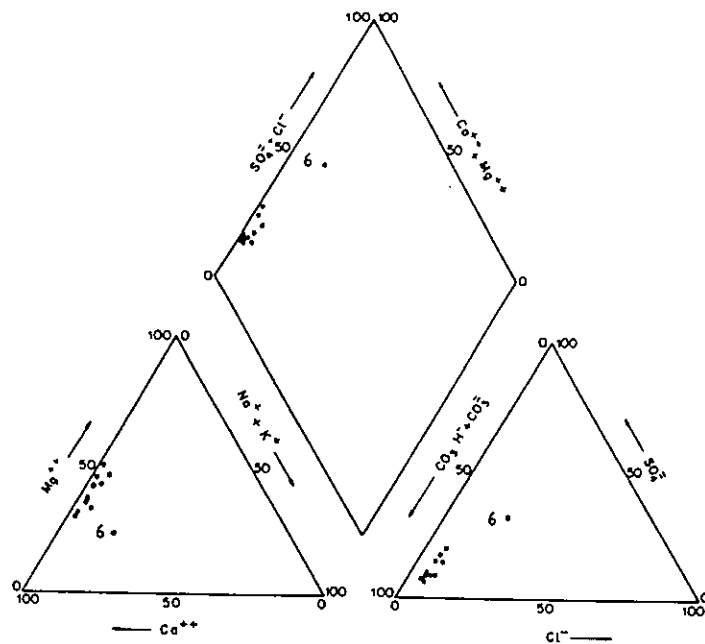


Figura 3.- Representación de Piper para las muestras de agua analizadas

Todas las muestras de agua analizadas resultaron ser aptas para el consumo humano, según la Reglamentación española, y del tipo C<sub>2</sub>-S<sub>1</sub> (C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub> para la n° 6) para su utilización en regadío, según la clasificación del U.S.S.L.S.

Mayores y más precisas determinaciones analíticas de la muestra n° 8 (Fuente Alta de Algodonales) han sido realizadas por el Departamento de Química II de la E.T.S.I. Industriales de Sevilla, dentro del marco del "Estudio hidrogeológico de la Cuenca del Alto Guadalete".

#### Funcionamiento del sistema

Desde el punto de vista hidrogeológico, la sierra de Lijar constituye un único sistema, plenamente individualizado. La alimentación proviene, exclusivamente, de la porción de agua de lluvia infiltrada caída sobre su superficie acuífera (estimación de volumen en epígrafe siguiente). La descarga de dichos recursos se produce a través de varios manantiales, situados, principalmente, en los cierres periclinares del pliegue, sobre todo en el meridional, relacionándose, en casi todos los casos, con fracturas de dirección NE-SO (fracturas de "creterfa"). El manto acuífero, único y libre, tiene su cota de surgencia a 380-400 m.s.n.m., distinguiéndose, al menos, una divisoria hidrogeológica, que se localizaría, transversal a la dirección N-40°-E, en el tercio septentrional de la unidad (ver figura 2).

El gran número de surgencias existente, refleja un comportamiento poco usual en este tipo de sistemas acuíferos carbonatados, normalmente drenados por uno o dos únicos manantiales. En este caso cabe distinguir, al menos, siete surgencias directamente relacionadas con el nivel piezométrico general (n°s 1, 2, 3, 6, 7, 8 y 9), situadas todas ellas en los cierres periclinares Norte y Sur del pliegue anticlinal de la sierra de Lijar; las restantes surgencias (muchas de ellas no reflejadas en el esquema hidrogeológico de la figura 2), localizadas, en su mayoría, en los flancos oriental y occidental de la estructura anticlinal, responden al drenaje de niveles "colgados" y a descargas esporádicas de tipo "trop plein" (Fuente Laina, Fuente Seca...).

A pesar de la aparente dispersión de emergencias, la descarga principal del sistema se localiza a lo largo de un reducido sector del extremo Suroccidental de la unidad, en el entorno del núcleo urbano de Algodonales. En dicho sector, los manantiales de Fuente Baja (n° 6), Fuente Alta (n° 8) y Fuente Cabera (n° 9), drenan un caudal superior al 70 % (140 l/s) del total del sistema, estableciendo así un flujo preferente de dirección NE-SO y sentido SO. La circulación, que debe ser relativamente profunda para explicar el ligero termalismo observado (sobre todo en las surgencias n°s 6 y 7), no se ve afectada por la lixiviación de un posible substrato triásico; mención aparte merece Fuente Baja (n° 6), localizada sobre la gran fractura de Algodonales, que muestra claros indicios de lixiviado de niveles de Trías, posiblemente "inyectado" diapíricamente en la terminación meridional de dicha fractura, a través de la que debe producirse un flujo preferencial.

### Balance hídrico

El cálculo de los recursos hídricos requirió del conocimiento previo de la precipitación media caída sobre la unidad estudiada, única vía de alimentación de la misma, como ya se comentó en el epígrafe anterior. A partir de los datos pluviométricos de los últimos 20 años de la estación de Algodonales (nº913), y tras aplicar el correspondiente coeficiente de corrección por altitud, se evaluó la precipitación media del sistema en 850 mm; a dicho valor se le aplicó un coeficiente de infiltración del 33 %, lo que dio lugar, de forma aproximada, a una recarga media de 280 mm/m<sup>2</sup>. año, valor equivalente a unos recursos anuales (superficie acuífera= 21 Km<sup>2</sup>) próximos a los 6 Hm<sup>3</sup>.

Las descargas totales observadas en Noviembre de 1985, se cifraron en 170 l/s (5,5 Hm<sup>3</sup>/año), las cuales se repartieron de la siguiente forma:

- Manantiales del extremo Nororiental..... 25 l/s
- Manantiales del extremo Suoccidental.....125 l/s
- Conjunto de emergencias, trop plein y de ladera, dispersas ..... 20 l/s

Asimismo se estimó en 1 Hm<sup>3</sup> el volumen anual detraído de las surgencias nº 6 y 8 para el abastecimiento de Algodonales (no observado), y de la captación de abastecimiento a Coripe (punto nº 13).

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- C.G.S. (1985). Atlas hidrogeológico de la provincia de Cádiz. Ed. Excma. Diputación Provincial de Cádiz. 100 p.
- CRUZ-SANJULIAN, J. (1974). Estudio geológico del sector Cañete La Real-Teba-Osuna. Tesis Doct. Univ. Granada. 431 p.
- DIDON, J. (1969). Etude géologique du Campo de Gibraltar. Thèse. Univ. París. 539 p.
- GAVALA, J. (1924). Mapa geológico de la provincia de Cádiz. Escala 1:200.000. IGME. Madrid.
- IGME (1983). Hoja geológica 1:50.000 nº14-43 (Olvera) y memoria explicativa. Pend. de edición.