

MEDITERRANEA

SERIE DE ESTUDIOS GEOLÓGICOS

Número 5

1986

SUMARIO

	Página
B. GRANIER. Algues <i>chlorophyceae</i> du jurassique terminal et du crétaé inférieur en Alicante	5
S. CALZADA Y J. V. SANTAFÉ. Dos lamellaptychi cretácicos de Fortuna (Murcia)	97
A. PULIDO BOSCH Y A. PADILLA BENÍTEZ. Características hidrogeológicas de un sector al SW de Aspe (Alicante)	105
A. CHECA Y J. IÁÑEZ. Un posible aberrante genético de <i>Epipelto- ceras treptense</i> (<i>Aspidoceratidae</i> , <i>Ammoni- tina</i>)	129
J. BENAVENTE HERRERA Y R. VEGA DE PEDRO Relaciones entre erosión fluvial y tectónica de fractura en un sector de Las Alpujarras .	135
ALBERTO PÉREZ LÓPEZ. Estratigrafía y estructura del sector norocci- dental de Sierra Harana (Subbético Interno, Cordillera Bética)	147

MEDITERRANEA

SERIE DE ESTUDIOS GEOLÓGICOS

Número 5

1986

SUMARIO

	Página
B. GRANIER. Algues <i>chlorophyceae</i> du jurassique terminal et du crétacé inférieur en Alicante	5
S. CALZADA Y J. V. SANTAFÉ. Dos lamellaptychi cretácicos de Fortuna (Murcia)	97
A. PULIDO BOSCH Y A. PADILLA BENÍTEZ. Características hidrogeológicas de un sector al SW de Aspe (Alicante)	105
A. CHECA Y J. IÁÑEZ. Un posible aberrante genético de <i>Epipelto- ceras treptense</i> (<i>Aspidoceratidae</i> , <i>Ammoni- tina</i>)	129
J. BENAVENTE HERRERA Y R. VEGA DE PEDRO Relaciones entre erosión fluvial y tectónica de fractura en un sector de Las Alpujarras .	135
ALBERTO PÉREZ LÓPEZ. Estratigrafía y estructura del sector norocci- dental de Sierra Harana (Subbético Interno, Cordillera Bética)	147

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA – FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

SERIE DE ESTUDIOS GEOLOGICOS

Mediterránea Ser. Geol.

1986

ANEJO DE LOS ANALES DE LA UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Redacción: A. ESTEVEZ, C. AUERNHEIMER y J.A. PINA

EDITA: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alicante

Depósito Legal A-927-1983

Composición e Impresión:

Gráficas ESTILO

General Elizaicin, 11 - Tel. 20 69 79

ALICANTE

Correspondencia: Departamento de Geología

Facultad de Ciencias de la Universidad de Alicante

Teléfono 66 11 50. Extensión 1.015 y 1.016

Apartado 99 ALICANTE

PUBLICACION PATROCINADA POR:



**Y CAJA DE AHORROS PROVINCIAL
DE ALICANTE**

CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE UN SECTOR AL SW DE ASPE (ALICANTE)

A. Pulido Bosch * y A. Padilla Benítez *

RESUMEN

Se exponen los resultados de las investigaciones hidrogeológicas llevadas a cabo en el acuífero que integran los materiales detríticos cuaternarios de Aspe, relativos a la geometría, parámetros hidráulicos y características físico-químicas de las aguas, para establecer finalmente el funcionamiento hidrogeológico. Los numerosos sondeos mecánicos recientemente realizados en los bordes permiten esbozar las relaciones de éstos con el acuífero principal.

Palabras clave: acuífero detrítico, prospección geofísica eléctrica, hidrogeoquímica.

RESUME

Les résultats des recherches hydrogéologiques effectuées dans l'aquifère intégré par les matériaux détritiques quaternaires d'Aspe sont exposés, relatifs à la géométrie, les paramètres hydrauliques et les caractéristiques physico-chimiques des eaux, pour finalement établir le fonctionnement hydrogéologique. De nombreux sondages mécaniques récemment réalisés dans les bords, permettent de présenter une esquisse des relations entre ceux-ci et l'aquifère principal.

Mots-clés: aquifère détritique, prospection géophysique électrique, hydrogéochimie.

ABSTRACT

Geometrical, hydraulic and hydrochemical data have been obtained in a hydrogeological research carried out in the quaternary detritic aquifer of Aspe. With these data and the information provided for a number of recently drilled boreholes located in the border of the system we can deduce the relationship between the main aquifer and its limits, as well as the general hydrogeological functioning of the system.

Key words: detritical aquifer, electrical geophysical prospecting, hydrogeochemistry.

* Departamento de Geodinámica e AGM, Universidad de Granada-C. S. I. C. 18071-GRANADA.

INTRODUCCIÓN

La mayor parte de la provincia de Alicante padece una notoria escasez de agua, al extremo de ser una de las causas básicas en la limitación del desarrollo. Dentro de las áreas con mayores problemas se encuentra todo el valle del Vinalopó, río de escasos recursos hídricos propios y de no muy buena calidad, aunque son numerosas las formaciones acuíferas aflorantes que constituyen sistemas de dimensiones variables. La creciente demanda de agua urbana y agrícola obligó a realizar numerosos sondeos con los que se ha extraído un caudal cada vez mayor, sin tener en cuenta los recursos disponibles.

En los últimos 15 años se ha asistido a una auténtica explotación minera del agua subterránea en este área y sectores limítrofes (IGME-IRYDA, 1978; MURCIA et al., 1981; PULIDO BOSCH, 1986, RODRÍGUEZ ESTRELLA et al., 1983), lo que ha traído consigo un descenso desmesurado de los niveles que en algunos casos ha alcanzado cuarenta metros en un solo año (PULIDO BOSCH, 1985), con la consiguiente necesidad de reprofundizar las captaciones, y aumento del costo de la explotación e, incluso, deterioro de la calidad del agua.

Los intereses económicos puestos en juego y que afectan a multitud de pequeños propietarios agrícolas, asociados en grupos y sociedades agrarias, ha sido la causa principal de este auténtico «desastre ecológico», al tiempo que ha propiciado la fiebre de la búsqueda del agua, incluso al margen de todo criterio de racionalidad y sensatez técnica y científica.

El área de estudio se localiza al SW de Aspe (figura 1) y queda limitada al Norte por la sierra de Horna, al Oeste por la Ofra y el Tolomó, al Sur, por la prolongación oriental de la sierra de Crevillente, y al Este por el núcleo urbano de Aspe y la carretera Aspe-Elche.

La precipitación media de un período de 28 años (años 1956 a 1983), medida en la estación de Aspe, fue de 297 mm, con valores extremos comprendidos entre 636 mm (año 1971) y 122 mm (año 1983); de los años reseñados, 16 registraron precipitaciones inferiores a la media, lo cual da una idea de la aridez del área. En lo que respecta a la distribución mensual de las precipitaciones, se observa que se registra un máximo absoluto en octubre, con máximos relativos en diciembre y junio, todo ello a nivel de la media del período; durante los meses de julio y agosto no suelen ocurrir precipitaciones. Esta distribución de las precipitaciones es acorde con la encontrada en el Sur de la provincia de Valencia y Norte de la de Alicante (PULIDO BOSCH, 1977), aunque contrasta con la referida por ASENSIO (1982) el cual señala un máximo absoluto en el mes de noviembre, para el período 1911-1932.

Las temperaturas disponibles (MAS, 1985) son las registradas en Pinoso y Elche, por lo que Aspe —ubicada en un lugar intermedio en distancia y altitud— podría tener una temperatura intermedia entre ambos; con estas pre-

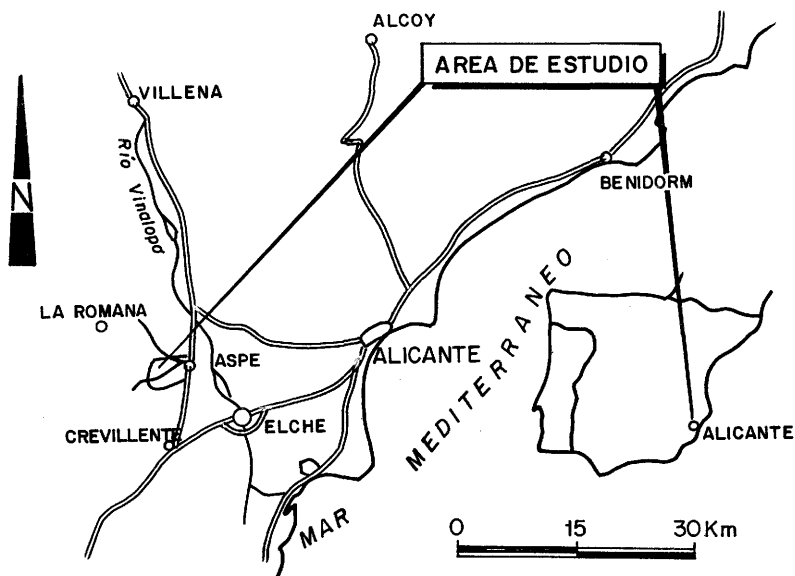


Figura 1.—Localización geográfica del sector estudiado.

misas la temperatura media anual resulta ser de $16,3^{\circ}\text{C}$, siendo los meses más cálidos los de julio ($25,0^{\circ}\text{C}$), agosto ($25,4^{\circ}\text{C}$) y septiembre ($22,8^{\circ}\text{C}$), y los meses fríos, los de diciembre ($9,5^{\circ}\text{C}$), enero ($9,8^{\circ}\text{C}$) y febrero ($11,1^{\circ}\text{C}$).

Con estos datos hemos podido estimar las evapotranspiraciones potencial y real media anual según el método de Thorthwaite, que resulta ser de 880 mm y 250 mm, respectivamente; este último valor se ha calculado para una capacidad de campo de 25 mm, que puede parecer algo baja, en principio, si no se tiene en cuenta el aporte del regadío. La lluvia útil media anual para el período reseñado —en tanto que diferencia entre lluvia media y evapotranspiración real media— resulta ligeramente superior a 45 mm.

EL MARCO GEOLÓGICO

Aunque el objetivo principal de este estudio se refiere a los depósitos cuaternarios, es importante describir los materiales de sus bordes, en tanto en cuanto condicionan la naturaleza hidráulica de los mismos y afectan el funcionamiento general. Los materiales del borde occidental corresponden a la Zona Subbética, mientras que el resto de los bordes —y posiblemente el sustrato— están ocupados por materiales asignables a la Zona Prebética. En este sector se encuentra, pues, el contacto del cabalgamiento subbético-prebético. El estudio geológico más exhaustivo se debe a AZEMA (1977) y a él nos remitimos.

Zona Subbética

Los materiales subbéticos más antiguos corresponden a las arcillas con yesos y otras sales, de colores abigarrados, de edad triásica (Keuper). Presentan facies similar en una Zona y otra, por lo que su diferenciación no es fácil ni tampoco reviste un interés hidrogeológico especial. Constituye el nivel de despegue y lubricante en el cabalgamiento subbético-prebético. Los mayores afloramientos se localizan al SE de Aspe.

Sobre los materiales triásicos reposan las dolomías y calizas liásicas, cuyo espesor puede superar los 500 m. Constituyen el acuífero más importante del área, ubicándose en ellos la mayor parte de las captaciones (Tolomó, «Los Suizos», etc...). El Lías superior-Malm está representado por margas amarillas, calizas margosas, calizas nodulosas, cuyo espesor total no alcanza los 100 m. El Cretácico y el Eoceno están representados por margas y margocalizas, el primero, y calizas arenosas y margas verdosas, el segundo. Dentro de este sector no afloran materiales de edad más reciente.

Zona Prebética

Al margen de los materiales triásicos, cuya discusión sobre la ubicación dentro de un dominio u otro está fuera de lugar en este estudio, los materiales más antiguos aflorantes corresponden al Albiense. Este aflora a lo largo de la carretera Aspe-Crevillente y a ambos márgenes del río Vinalopó, justo aguas arriba del embalse. De potencia posiblemente superior al centenar de metros, está integrado por margas y margocalizas arenosas de color gris-amarillento. El Senonense está representado por margocalizas y margas blancas y rosas y margas gris-verdosas con finos lechos calizos y microconglomeráticos.

Los depósitos de edad Eoceno afloran ampliamente en la Sierra de Horna y al Sur de Aspe; están integrados por un centenar de metros de calizas, areniscas, margas arenosas y margocalizas en la Sierra de Horna y por una serie más areniscosa en el Sur de Aspe, la cual puede superar los 200 m de potencia visible. El Oligoceno también aflora en la Sierra de Horna; la serie de esta edad comprende un conjunto margoso y calizo que supera los 100 m de potencia; en el Sur de Aspe, los materiales de esta edad podrían estar representados por una treintena de metros de calizas algo margosas y areniscosas.

Finalmente, los materiales de edad Mioceno están asimismo representados en la Sierra de Horna, los cuales constituyen el núcleo sinclinal de la misma. Corresponden a calizas muy organógenas y margas grises. En el Sur de Aspe dominan las margas grises y blancas con intercalaciones conglomeráticas.

Depósitos cuaternarios

En superficie aparecen como grandes glacis de suave pendiente, que se ve incrementada con la proximidad a los relieves circundantes en donde se indentan con conos de deyección. LERET et al. (1978) llegan a diferenciar dos generaciones de glacis. Se encuentran en su gran mayoría cultivados, siendo visible en superficie un suelo, salvo localmente que afloran acumulaciones de cantos angulosos.

Si nos atenemos a la actual morfología de la pequeña cuenca, la principal fuente de aportes debió corresponder al río Tarafa y a la rambla de Tolomó, si bien ambos cursos ven desaparecer su cauce, el primero de ellos hacia aguas arriba, y el segundo, al adentrarse en el sector cultivado.

Los materiales que constituyen estos depósitos corresponden a arcillas, limos, arenas y gravas, en proporciones variables, aunque de acuerdo con los datos de sondeos, predominan ampliamente las arcillas de tonalidades rojizas.

COMPORTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DE LOS MATERIALES

Los materiales detríticos cuaternarios que rellenan el entorno de Aspe, constituyen un acuífero de porosidad intergranular, con existencia de cuerpos arenosos y conglomeráticos más permeables embutidos en una matriz limoso-arcillosa.

El comportamiento hidrogeológico de los materiales restantes es variable. Los materiales triásicos se comportan como acuitardos o acuicludos, incidiendo desfavorablemente en la calidad de las aguas, como consecuencia del elevado contenido salino que presentan. Constituyen la base y/o barreras impermeables en el acuífero calizo-dolomítico. Las dolomías y calizas jurásicas subbéticas definen el acuífero principal; está intensamente explotado en el sector del Tolomó, y por los Riegos de la Salud, mediante la denominada galería de «Los Suizos» (PULIDO BOSCH et al., 1982, 1983; PULIDO BOSCH, 1985).

Los materiales subbéticos cretácicos, margosos en su gran mayoría, se comportan como acuicludos que llegan a poner en carga a los materiales jurásicos en los núcleos sinclinales, que es donde mayor desarrollo adquieren estos depósitos margosos.

En lo que respecta a los materiales prebéticos, los de edad cretácica aflorantes al suroeste de Aspe pueden ser considerados como prácticamente impermeables, al menos para los caudales de explotación económicamente extraíbles en el área. Los materiales eoceno-oligocenos, debido a que están constituidos por niveles de litologías diferentes, o incluso alternancias, tienen un comportamiento hidrogeológico complejo. Los tramos calizos, conglomeráticos y pararrecifales pueden considerarse como acuífero, localmente de elevada

porosidad y permeabilidad; los tramos alternantes con margas deben comportarse como un acuífero pobre, mientras que los tramos margo-calizos y margosos serían prácticamente impermeables. Algo similar puede decirse de los materiales miocenos.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

— Los bordes y el relleno cuaternario

Los materiales cuaternarios del sector de Aspe (figura 2) están limitados al Sur por los afloramientos neógenos que constituyen la prolongación oriental de la Sierra de Crevillente, al Oeste por los relieves calizo-dolomíticos subbéticos y al Norte por los terrenos neógenos que conforman la Sierra de Horna; a lo largo del extremo oriental los materiales cuaternarios se prolongan por el valle del Vinalopó, en sentido estricto; también tienen continuidad los materiales cuaternarios a lo largo del borde noroccidental, prolongación natural del río Tarafa, aunque la toponimia da como denominación Rambla de la Romana.

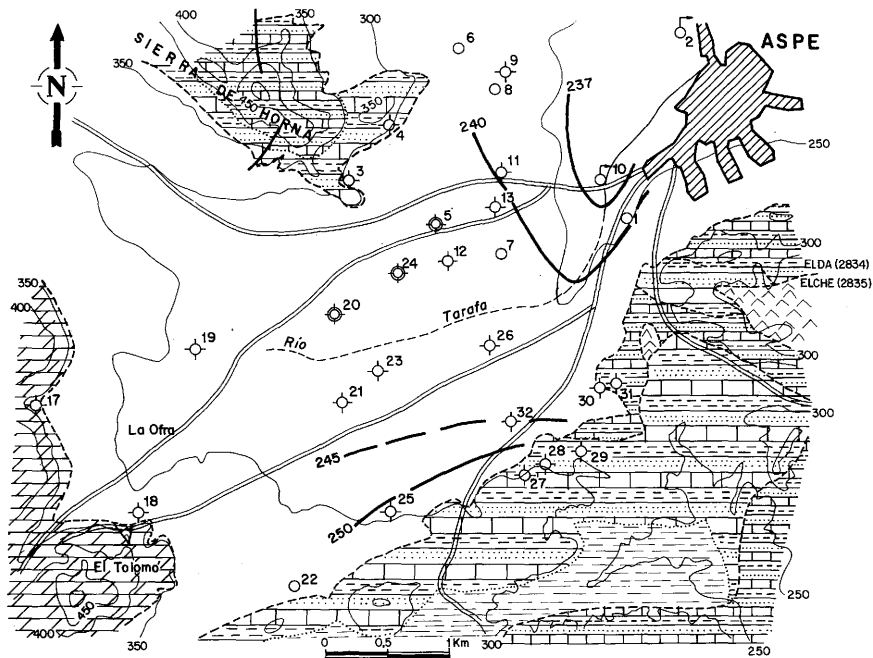


Figura 2.—Mapa hidrogeológico del área estudiada y curvas isopiezas del acuífero detrítico.

En lo relativo a la naturaleza y geometría de los materiales de los bordes neógenos, hay que diferenciar el correspondiente al de la Sierra de Horna del meridional. La Sierra de Horna constituye un sinclinal —relieve invertido—, cuya base aflorante está constituida por materiales eocenos. Han sido varios los sondeos realizados a lo largo de este borde. Uno de ellos, el Horna-3, de 190 m de profundidad, cortó 117 m de calizas con intercalaciones margosas, para a partir de ahí dominar las margas y margocalizas. El número 4, que es el más productivo, con 347 m de profundidad, cortó una serie alternante de margas, margocalizas y calizas con algunos tramos calizos y areniscosos más puros.

La variabilidad litológica en los materiales del borde meridional es mucho más marcada, como han puesto de manifiesto los sondeos realizados. Mientras que el sondeo número 27 (Morteros-2) cortó esencialmente areniscas y calizas organógenas con interlechos margosos en sus 165 m de columna, el número 28 (Morteros-3) atravesó 365 m de una secuencia esencialmente compuesta por margas azuladas. El número 29 (Morteros-1), de 320 de profundidad, tras 225 m de calizas esencialmente, cortó margocalizas (17 m), calizas recristalizadas (25 m) y margocalizas y margas hasta el final. Cabe pensar en la existencia de cuerpos carbonatados de geometría irregular, lo cual tiene una notable incidencia en el rendimiento de las captaciones según los puntos, y en el volumen explotable de la reserva.

Tanto los materiales de La Horna, como los del borde meridional deben continuarse bajo el relleno cuaternario sin que se pueda establecer a priori su geometría bajo el recubrimiento.

En cuanto al borde occidental, constituido por las calizas y dolomías subbéticas, fue durante mucho tiempo el principal borde alimentador del acuífero cuaternario (PULIDO BOSCH et al., 1981); la intensa explotación a que se ha visto sometido el sector del Tolomó ha traído consigo un considerable descenso de los niveles en las rocas carbonatadas, lo cual permite asegurar que no existe intercambio hídrico a lo largo del borde occidental. En efecto, el sondeo número 17, de 370 m de profundidad, todo él perforado en dolomías, no llegó a cortar el nivel piezométrico.

En lo que se refiere a la geometría de detalle del relleno cuaternario, los métodos de observación de superficie pueden aportar poco, razón por la cual hay que recurrir al estudio de series litológicas de los sondeos (no siempre disponibles y/o válidas) o a la realización de prospección geofísica eléctrica.

Los datos de las columnas de los sondeos mecánicos suministran una información muy desigual y a menudo contradictoria, quizás debido a la interpretación de la columna litológica por parte de personas profanas en la materia. Así, por ejemplo, los sondeos mecánicos de la Ofra —cuya explotación fue abandonada hace ya muchos años, ante los mayores rendimientos encontrados en el sector del Tolomó—, habrían atravesado espesores de rellenos compren-

didos entre 88 y 112 m, lo cual parece excesivo, si tenemos en cuenta la proximidad del borde ocupado por las calizas liásicas.

El sondeo posiblemente más productivo de todo el acuífero, número 26 («pozo Candela»), de acuerdo con la información de su propietario, cortó 82 m de gravas con arenas y arcillas y el resto, hasta 92 m, arcillas rojas, que posiblemente serían también cuaternarios. Sin embargo los dos sondeos recientemente perforados (número 21 y 23) habían atravesado 60-64 m de cuaternario esencialmente arcilloso, con algunos lechos intercalados de gravas (más en el número 23 que en el 21).

— Campaña de prospección geofísica eléctrica

Con el fin de complementar la información sobre la geometría de la formación detrítica se realizó una campaña de prospección geofísica resistiva, consistente en 16 SEV (PULIDO BOSCH y PADILLA, 1984). Estos sondeos han sido efectuados con un equipo GEOTRON, empleando como fuente de energía pilas secas. El dispositivo utilizado fue Schlumberger simétrico. Los 16 sondeos realizados han sido agrupados en cuatro perfiles (figura 3), tres de ellos ortogonales a la Rambla y el último oblicuo. Ocho SEV se hicieron con $AB = 320$ m, siete con $AB = 260$ m y uno con $AB = 100$ m. Los perfiles P-I y P-II atraviesan la Rambla y con ellos se pretendía detectar posibles paleocauces.

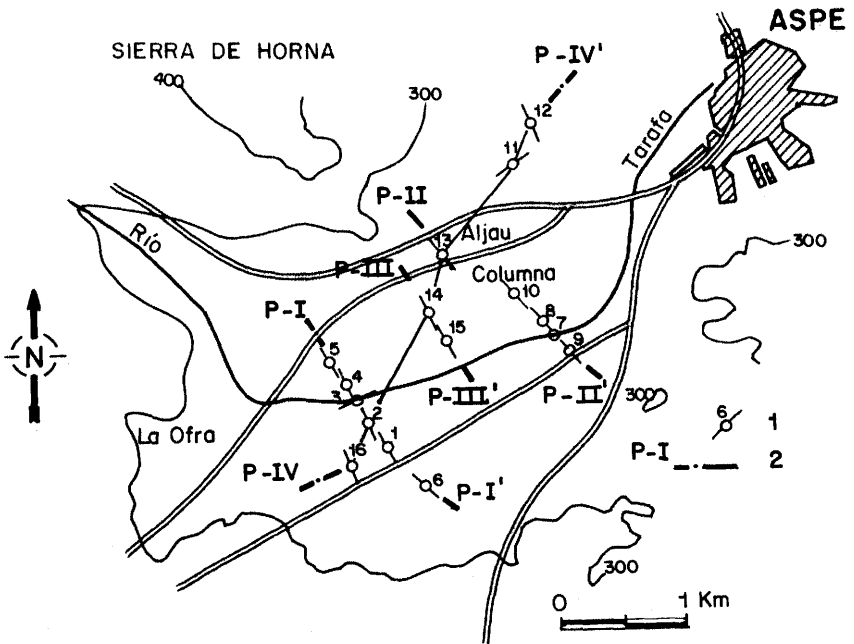


Figura 3.—Localización de los SEV realizados, 1: SEV y su número; 3: perfil y su número.

Con los datos de campo hemos realizado dos perfiles de resistividad, P-I y P-II, por considerarlos los más representativos. El primero de ellos, P-I, se refleja en la figura 4 y comprende los SEV 6, 1, 2, 3, 4 y 5. En el mismo se observa un máximo superficial en la resistividad aparente en la vertical del SEV 3; este SEV se realizó en la Rambla, cuyo cauce estaba ocupado por gravas gruesas, de ahí el elevado valor de la resistividad aparente. Se observa además una brusca disminución de la resistividad aparente hacia el SE y un aumento hacia el NW (proximidades de la Sierra de Horna). Ello se interpreta como debido a la existencia de materiales detríticos cada vez más gruesos hacia la Sierra de Horna.

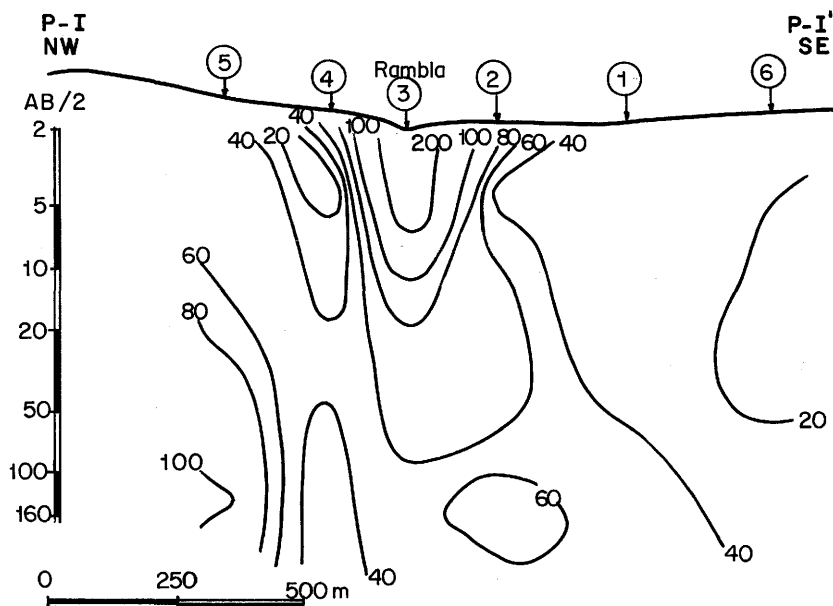


Figura 4.—Perfil de resistividad P-I.

El P-II (figura 5) comprende los SEV 9, 7, 8, 10 y 13; en este perfil se observan dos máximos, uno en la vertical del SEV 8 y otro en el SEV 13; hacia el SE (sondeos 7 y 9), los valores de la resistividad aparente son extremadamente bajos. Se constata que en este sector el lecho y sustrato de la Rambla se sitúa sobre materiales arcillosos.

Además hemos elaborado cuatro mapas para valores de AB/2 de 10, 40, 80 y 130 m; estos mapas permiten visualizar de forma aproximada la distribución espacial de materiales resistivos y conductores a una profundidad dada. En el mapa de isorresistividades AB/2 = 10 m (figura 6) se observa la existencia de un máximo en la prolongación de la Sierra de Horna, y dos mínimos acusados (menos de 10 Ω.metro), uno al Sur de la carretera a Hondón y otro junto al

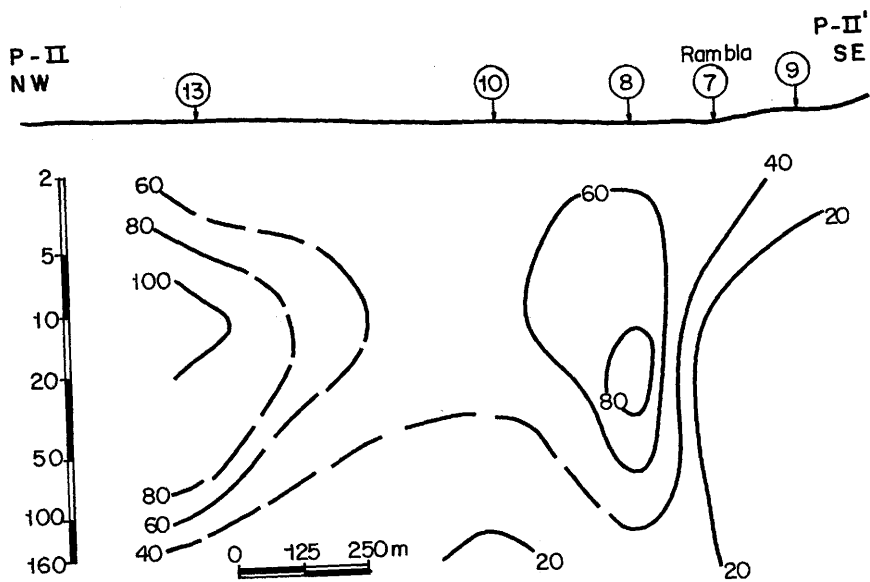


Figura 5.—Perfil de resistividad P-II.

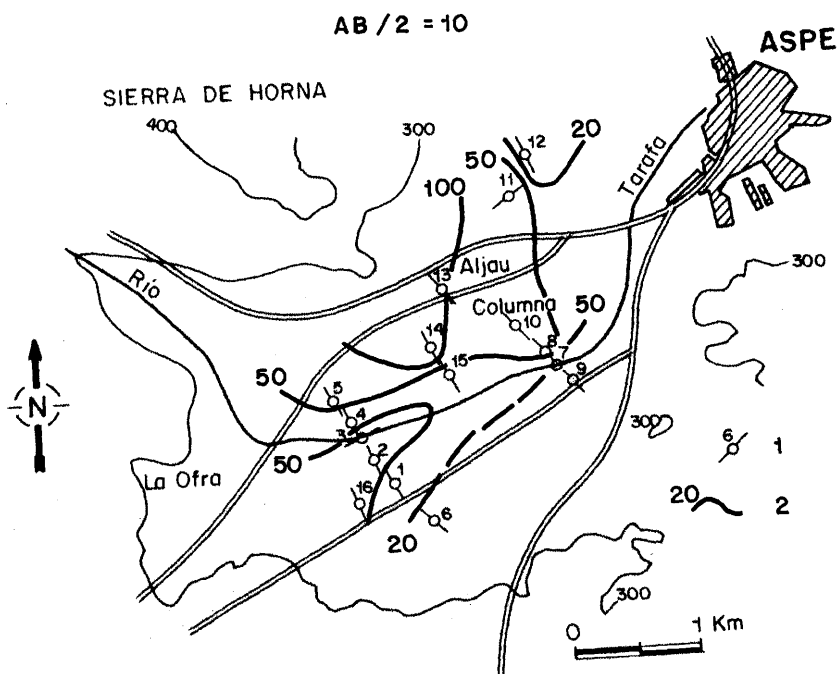


Figura 6.—Mapa de isoresistividad $AB/2 = 10$ m. 2: Curva isoresistiva y su valor en ohmios.m.

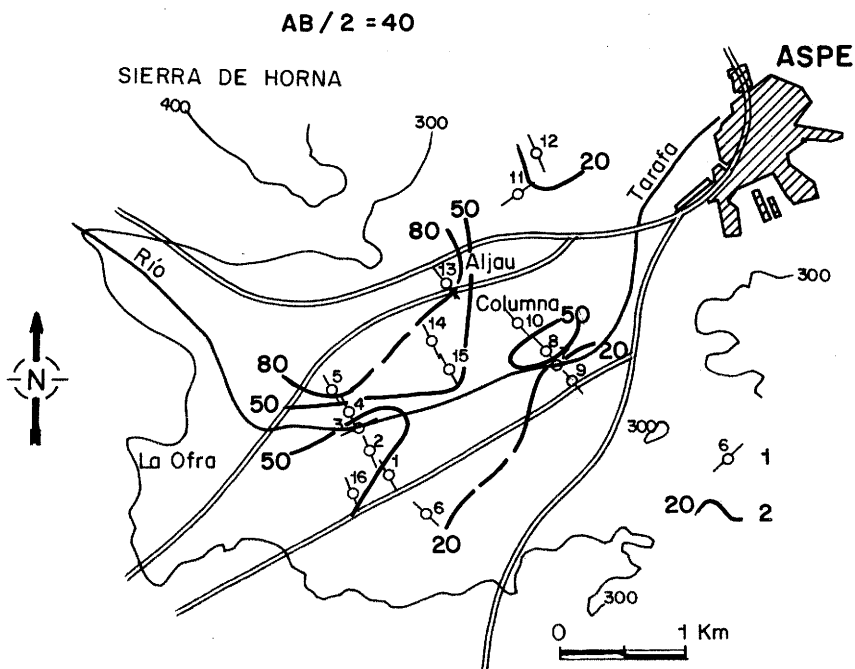


Figura 7.—Mapa de isoresistividades $AB/2 = 40$ m.

SEV 12. Esta distribución se mantiene sensiblemente en los mapas $AB/2 = 40$ m (figura 7) y $AB/2 = 80$ m (figura 8), con existencia de un máximo relativo en la vertical del SEV 8.

Por último en el mapa de isoresistividades para $AB/2 = 130$ m (figura 9), que sería el de mayor profundidad de investigación, se observa una notable variación en lo que respecta a la distribución de valores máximos. Se detectan dos, uno en la vertical del SEV 5 (junto al pozo Payá), y otro en los SEV 16 y 2. Parecería pues que en estos sectores en donde se localizan los materiales más resistivos en profundidad, es decir, aquellos de menor proporción arcillosa.

Los 16 SEV han sido interpretados cuantitativamente mediante el método del punto auxiliar con los gráficos auxiliares de EBBERT; esta primera interpretación manual ha sido contrastada en un ordenador MPT/100 de DATA GENERAL con el programa SCHL. Las curvas así interpretadas, al igual que para los perfiles de isoresistividad, han sido agrupadas en cuatro perfiles cuya interpretación geoelectrica y geológica se muestra en la figura 10.

Como ya indicamos, el perfil I engloba los SEV 6, 1, 2, 3, 4 y 5, y tiene orientación NW-SE. Hemos interpretado como sustrato valores de resistividades comprendidos entre 10 y 75 $\Omega \cdot m$ que corresponderían a materiales terciarios

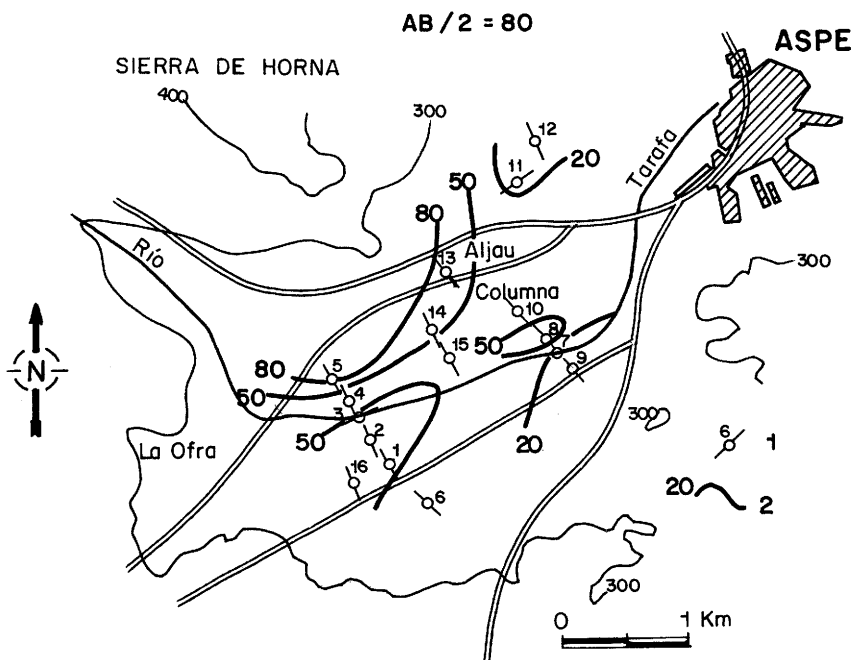


Figura 8.—Mapa de isoresistividades $AB/2 = 80$ m.

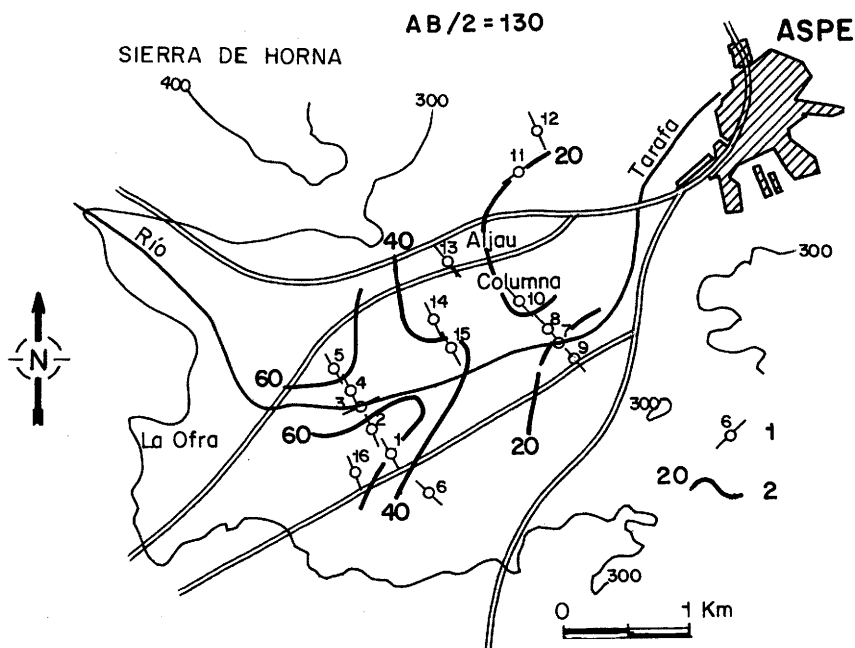


Figura 9.—Mapa de isoresistividades $AB/2 = 130$ m.

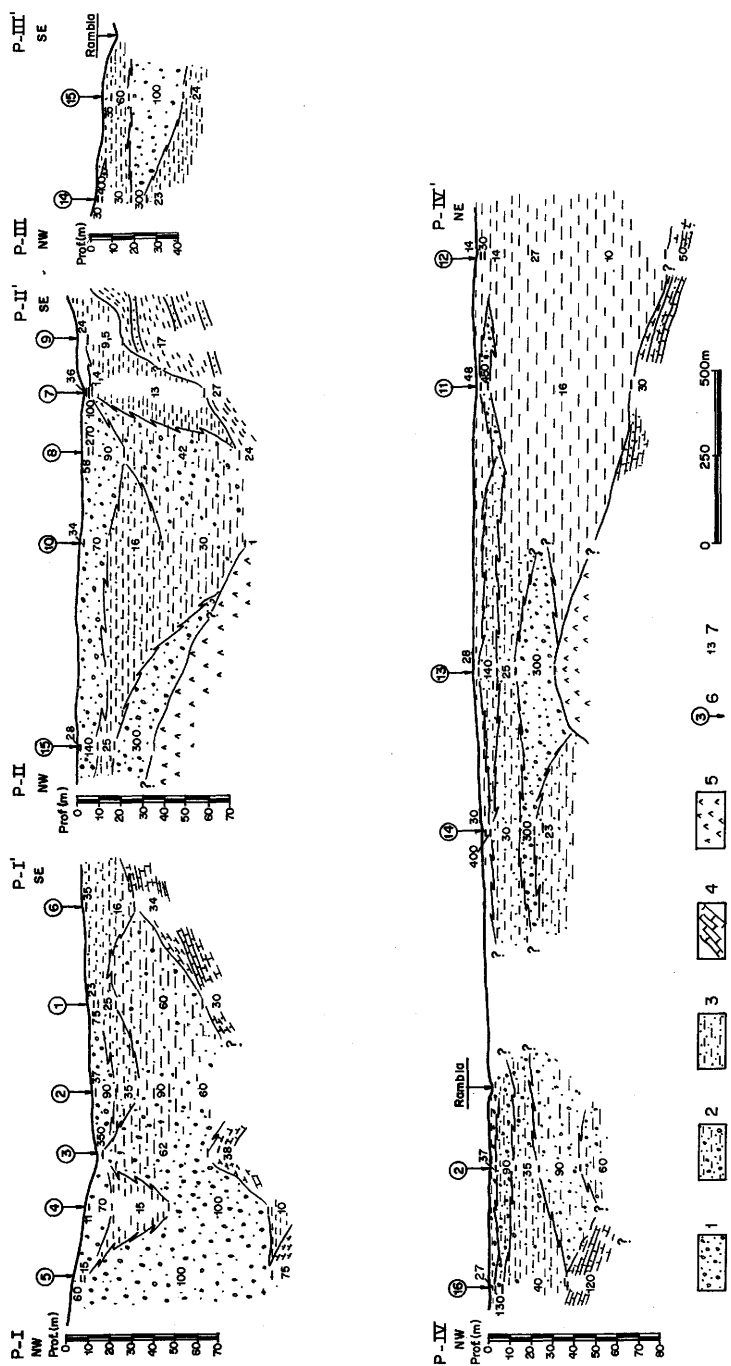


Figura 10.—Interpretación geofísica y geológica de los SEV realizados 1, 2 y 3: relleno (1: gravas y arenas; 2: arcillas, limos, arenas y gravas; 3: arcillas y limos esencialmente); 4 y 5: sustrato (4: margas y areniscas; 5: Keuper?); 6: SEV y su número; 7: resistividad en ohmios.m.

de elevado contenido en margas con algún nivel salino (Keuper bajo el SEV 4?). La profundidad del sustrato oscila entre 23 m en la vertical del SEV 6 y 90 m en el SEV 5; en este último caso cabe la posibilidad de que en la capa suprayacente de 100 Ω .m se encuentre parte del material del sustrato. En la vertical del SEV 2 no se detecta el sustrato, mientras que bajo el SEV 3 parece existir un umbral.

La resistividad de los materiales cuaternarios queda comprendida entre 100 y 11 Ω .m. Hemos interpretado como materiales esencialmente arcillosos los valores de resistividad inferiores a 30 Ω .m; entre 30 y 60 Ω .m se interpretan como arcillas y limos con gravas y arenas; y más de 60 Ω .m, gravas y arena con menor proporción de limos y arcillas.

El perfil II, que agrupa a los SEV 13, 10, 8, 7 y 9, tiene una orientación aproximadamente paralela al perfil I y se encuentra separado de él algo más de un Km hacia el Este. Los valores de resistividades asignados a materiales del sustrato quedan comprendidos entre 1 y 27 Ω .m; los valores más bajos se encuentran bajo los SEV 13 y 10 y se interpretan como posibles arcillas con yesos (Keuper?), aunque podría tratarse de materiales saturados en aguas salinas. Bajo los SEV 8, 7 y 9 se estima que se encuentran margas y areniscas del Mioceno, a una profundidad de 20, 55 y 70 m, respectivamente. El valor de 300 Ω .m encontrado bajo el SEV 13 aparentemente debía corresponder a calizas y margas eocenas de la Sierra de Horna, y por tanto pertenecería al sustrato; ahora bien, la proximidad del pozo de El Aljau, perforado en materiales del relleno, según información de los propietarios, no autoriza tal asignación.

Los valores de resistividades restantes en el relleno cuaternario, son muy variables, y están comprendidos entre 1,4 y 270 Ω .m; la asignación litológica de los valores de resistividad se ha hecho con criterio idéntico al perfil I; así pues el mayor contenido en gravas se situaría en la vertical del SEV 8, correspondiendo los valores restantes a materiales con elevado contenido en arcillas y/o a materiales saturados con agua de elevado contenido salino (puede ser el caso del SEV 10). El extremo SE está ocupado por materiales muy arcillosos.

El perfil III está formado por sólo dos SEV (14 y 15), y está situado entre los dos anteriores, sin que se llegue a cortar la Rambla en él. La escasa longitud de ala AB explicaría el que no se hubiera llegado al sustrato, terminándose ambos en un nivel de 23-24 Ω .m que debe corresponder a arcillas con gravas y arenas saturadas en agua de contenido en sales relativamente elevado. En el SEV 14, situado en línea con el 5, se vuelve a detectar un nivel de 300 Ω .m a unos 16 m de profundidad, por lo que debe de corresponder a gravas poco arcillosas; a la escasa profundidad a que se encuentran, no deben estar saturadas. Lateralmente este nivel de gravas aumenta su espesor y disminuye el valor de la resistividad, lo cual se puede interpretar como debido a un aumento del contenido en arcillas del tramo y/o al hecho de encontrarse al menos parcialmente saturado de agua.

El perfil IV es el de mayor longitud; comprende seis SEV (16, 2, 14, 13, 11 y 12) y es oblicuo a los tres anteriores. La gran separación que existe entre algunos de los SEV y la heterogeneidad del medio, hacen que la correlación entre los SEV sea problemática y arriesgada (SEV 11 y 13, SEV 2 y 14). La localización del sustrato es especialmente compleja en este caso, pues los tramos geoelectricos que por su profundidad podrían ser asignados al mismo, presentan valores muy dispersos. Este sería el caso del SEV 16 en donde bajo un tramo de 40 Ω .m existe un tramo de 120 Ω .m. Este valor podría ser atribuido a unas gravas con algo de arcilla, pero su elevada profundidad (35 m) y la localización del SEV, hacen pensar que debe tratarse de margocalizas y margas del sustrato, aunque no existen argumentos concluyentes. Bajo los SEV 2 y 14, como ya indicamos en los perfiles respectivos (I y III), no se llega a detectar el sustrato. Bajo el SEV 13 el sustrato estaría constituido por arcillas con yesos, triásicas, y bajo los SEV 11 y 12 se han asignado al sustrato valores de 30 y 50 Ω .m (margas y areniscas terciarias); no obstante, no se descarta la posibilidad de que el sustrato esté incluido dentro de los tramos de resistividad 16 y 10 Ω .m, respectivamente, debido a que resulta algo elevado el espesor del relleno cuaternario en ambos SEV (70 y 87 m, respectivamente).

En lo que se refiere a la naturaleza del relleno cuaternario, todo el sector oriental (SEV 11 y 12) está ocupado por materiales arcillosos (o gravas y arcillas saturadas de agua de elevada conductividad); los sondeos 13, 14 y 2 fueron interpretados en sus respectivos perfiles, y el 16 estaría constituido por arcillas y limos con algunas gravas y arenas (40 Ω .m) y un lecho de gravas de 3 m de espesor, a 2 m de profundidad.

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

— Materiales cuaternarios

Tanto de los datos de columnas de sondeos mecánicos como de los valores medios de la resistividad de los materiales cuaternarios, se puede deducir que el contenido en arcillas de los mismos es muy elevado, lo cual se traduciría en una permeabilidad baja de los materiales acuíferos. La realidad es que los datos disponibles son muy escasos y en muy pocos casos éstos son representativos de los parámetros de la formación, al tratarse de obras de captación deficientemente terminadas. El caudal más elevado, como ya se indicó, corresponde al sondeo número 26 (pozo Candela) que en la prueba de bombeo tras su construcción en 1980, arrojó 52 l/s con una depresión de 22 m, lo cual supone un caudal específico de 2,4 l/s/m, correspondiente a una transmisividad del orden de 500 m²/día. Las otras captaciones más productivas corresponden a pozos con galerías como son los del Aljau y Payá (número 25 y 5), que arrojan entre 30 y 50 l/s con 20-30 m de depresión, sensiblemente acordes con los datos del número 26.

De los dos más recientemente realizados, el número 21 arrojó sólo 2 l/s y depresión total (unos 20 m), y el 23 con 11 l/s y 13 m de depresión; el número 22, pozo abierto actualmente abandonado, era secado en 1 hora con 8 l/s; el número 25 (pozo «Linterna»), además de registrar sus aguas una calidad mediocre, se llega a agotar con sólo 1 l/s. Se deduce pues, que, a pesar del factor terminación de la obra, el acuífero presenta una heterogeneidad espacial muy marcada, siendo muy localizados los sectores muy productivos.

En lo referente a la profundidad del agua, ésta varía desde cero en el río Tarafa, bajo el puente de Aspe, en donde surge el agua, hasta unos 60 m en el extremo occidental; hay que tener en cuenta que la parte más occidental (continuación hacia La Romana) de los materiales cuaternarios, se encuentra sin saturar. En el sector central del acuífero la profundidad del agua oscila entre 40 y 20 m.

En el mapa hidrogeológico (figura 2) se han representado unas curvas isopiezas del acuífero detrítico correspondientes a medidas efectuadas durante los primeros días del mes de febrero de 1985. Las medidas fueron tomadas con sonda eléctrica y las cotas absolutas de los puntos se dedujeron de un mapa topográfico de gran precisión, escala 1/5.000, por lo que éstas se pueden considerar suficientemente aceptables. Se observa que la superficie piezométrica se encuentra entre las cotas 236 y algo más de 250 m s.n.m., quedando la mayor parte del sector central a cota próxima a 240 m s.n.m. Los gradientes hidráulicos máximos se miden en el borde septentrional y superan el 1,5%; en las proximidades del manantial el gradiente es ligeramente superior a 0,5%. En todo el sector central el gradiente es inferior al 1%, lo cual sería indicativo de una mayor permeabilidad que en el resto del acuífero.

— Materiales de los bordes

En cuanto a la potencialidad de los materiales de borde, los sondeos existentes captan esencialmente los materiales oligoceno-eocenos, con caudales muy diferentes de unos a otros. Los sondeos del borde septentrional (Sierra de Horna), ninguno de ellos instalado, arrojaron caudales instantáneos —durante su perforación a rotoperCUSión— comprendidos entre menos de 5 l/s y 13 l/s; en el número 4, de 347 m de profundidad, a partir del metro 200 el agua cortada presentó un elevado contenido salino. Algo similar sucedió con un sondeo situado en el flanco occidental de la sierra, unos 3 Km al NW del número 3, el cual fue probado con 50 l/s, deprimiendo 66 m, con agua con un contenido salino de 8 g/l; el sondeo se dio por terminado a 436 m; se perforó un segundo en sus cercanías, sin que tampoco diese resultado positivo (agua de mala calidad).

De los sondeos realizados en el borde meridional, en emplazamientos aconsejados por un zahorí, en el número 27 se bombeó con un caudal de 80 l/s, deprimiendo 4,26 m en 17 minutos, lo cual arroja un caudal específico instan-

táneo de 18,8 l/s/m. Posteriormente se realizó una prueba de 120 horas de duración con 40 l/s de caudal inicial, estabilizándose el nivel a 146 m de profundidad con 20 l/s; se comprobó que se habían rellenado 15 m con arrastres. El número 28, muy próximo al anterior, arrojó un caudal inferior a 2 l/s. El número 29 dio 24 l/s con 100 m de depresión.

El número 30 comenzó a bombear el 26 de abril de 1985 con 53 l/s, deprimiendo sólo 6 m (caudal específico de 8,8 l/s/m); no obstante, registró un descenso continuado que fue de 1 m/día los 10 primeros días, disminuyendo progresivamente, para pasar a sólo 20 cm/día al cabo de 35 días. El número 31 dio un caudal instantáneo de 70 l/s con 36 m de depresión. Estos datos y los de la explotación posterior han confirmado, desgraciadamente, la opinión hidrogeológica que teníamos sobre ese borde, de muy escasa potencialidad acuífera ante la pequeña superficie de material permeable aflorante.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS AGUAS

— Muestreo de enero de 1980

Fueron nueve los análisis efectuados en aquella ocasión, constatándose que la facies dominante era clorurada sódica, con conductividades compren-

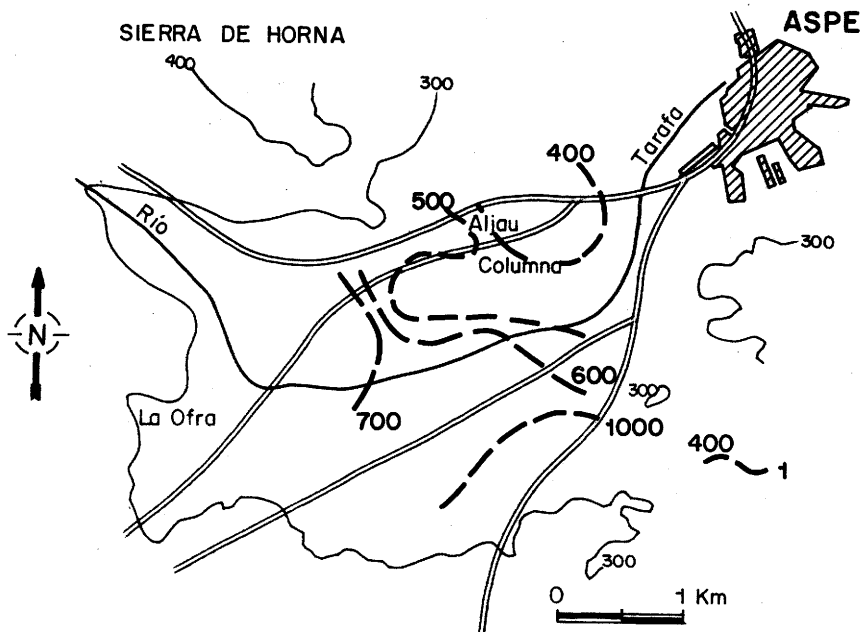


Figura 11.—Conductividad de las aguas (micromhos/cm; muestreo de 1980).

didadas entre 1.700 y 1.800 micromhos/cm (figura 11). Los valores mínimos relativos de la concentración salina de las aguas se registraban hacia el NE, y coincidían con la prolongación de la Sierra de Horna; ésto unido a una disminución del contenido salino en el sentido probable de la escorrentía subterránea, fue interpretado como debido a un aporte de aguas de bajo contenido salino a través de la Sierra de Horna (PULIDO BOSCH et al., 1980). Se pudo igualmente constatar que el uso de estas aguas en agricultura supone un elevado riesgo de salinización para el suelo, atendiendo a las normas Riverside (U. S. A.), aunque dicho riesgo podía quedar sensiblemente reducido de mezclarlas con otras aguas de menor contenido salino.

— Muestreo de enero de 1984

Los análisis más recientes han sido más numerosos (13 en total) y corresponden a muestras tomadas inmediatamente después de la campaña de prospección geofísica eléctrica (PULIDO BOSCH, 1985). En las figuras 12 a 15 se recogen las curvas de variación espacial de la conductividad, iones cloruro, sulfato y sodio más potasio.

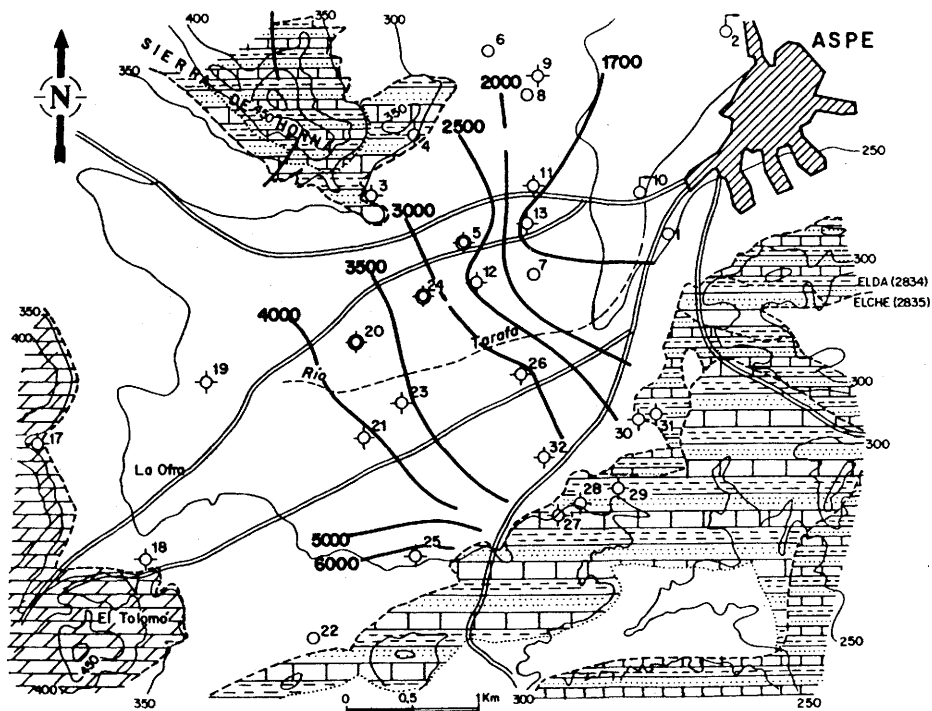


Figura 12.—Conductividad de las aguas (micromhos/cm).

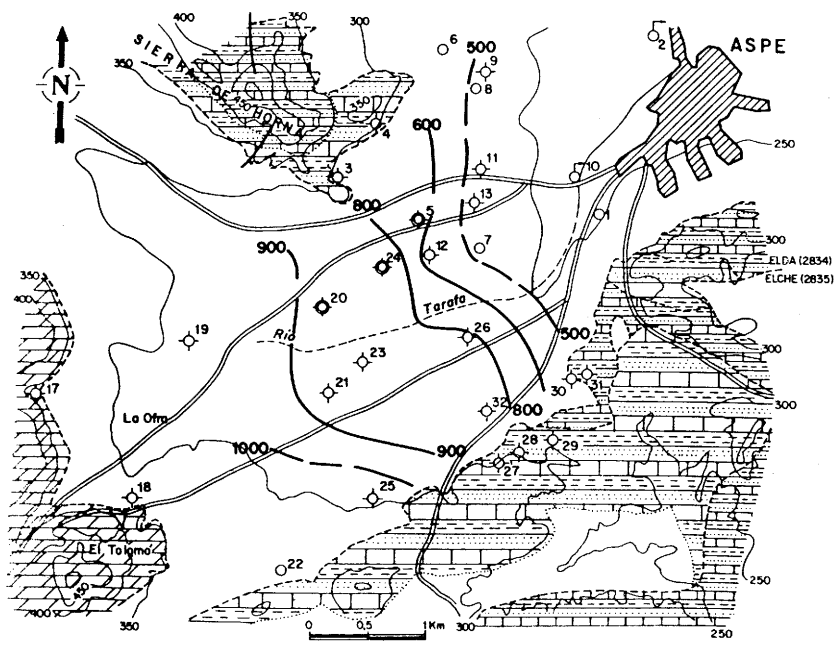


Figura 13.—Contenido en Cl^- de las aguas (mg/1).

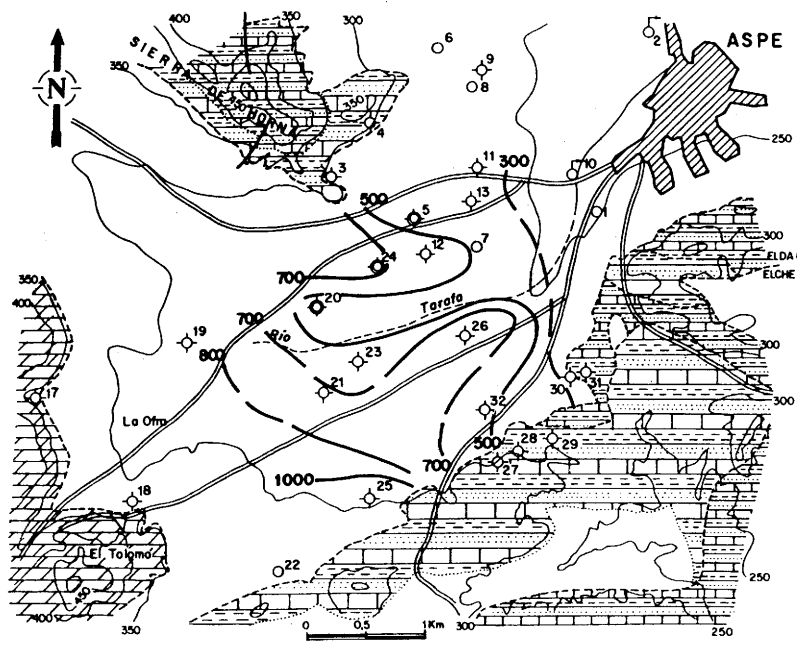


Figura 14.—Contenido en SO_4^{2-} de las aguas (mg/1).

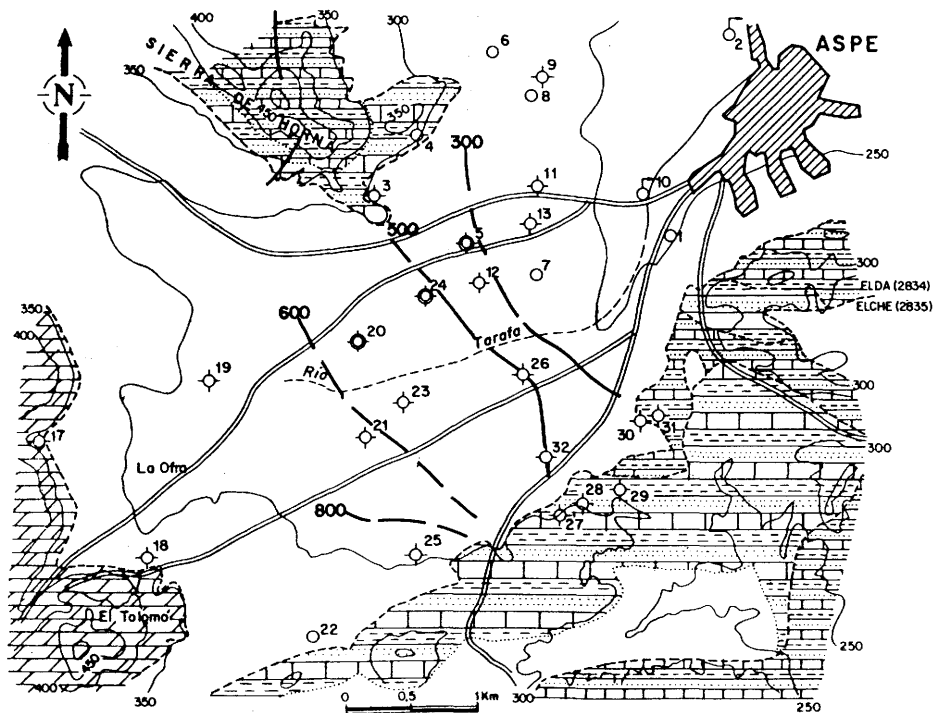


Figura 15.—Contenido en $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ de las aguas (mg/l).

Los valores de la conductividad de las aguas quedan comprendidos entre 6.290 (número 25) y 1.612 micromhos/cm (número 13), indicativos de un contenido salino de medio a muy elevado; los valores de conductividad crecen de Sur a Nordeste, es decir, en el sentido del flujo subterráneo, deducido del mapa de curvas isopiezas. El mapa de contenido en ion cloruro muestra una distribución espacial de este ion muy similar a la de conductividades, con valores comprendidos entre 1.840 (número 25) y 400 mg/l (número 8). Algo similar sucede con los iones sodio y potasio (de 1.800 —número 25— a 204 mg/l —número 11—).

Las curvas de isocontenidos en ion sulfato presentan unos trazados mucho más irregulares que los otros tres, aunque se mantiene el mismo hecho en ellos constatado: las aguas disminuyen su contenido en $\text{SO}_4^{=}$ en el sentido de la escorrentía subterránea. El contenido máximo corresponde también a las aguas del sondeo número 25 (1.526 mg/l), y el mínimo a las del número 5 (309 mg/l). Las aguas del sondeo número 30, emboquillado en materiales del Mioceno, contenían sólo 263 mg/l.

Se deduce una vez más la existencia de una dilución de las sales en el sentido de la escorrentía subterránea, cuya explicación más sencilla es considerar que

existe un aporte lateral de aguas de contenido salino inferior al del agua del acuífero, y en una cantidad tal que haga que el total de sales pase a un tercio de su valor original. Estos aportes de agua de menor concentración salina deben provenir de la Sierra de Horna y del cuaternario del borde septentrional; los sondeos realizados en el borde meridional han puesto igualmente de manifiesto que su carga hidráulica es superior a la del cuaternario, por lo que puede ser un borde de alimentación; el elevado contenido salino del sondeo número 25 (pozo «Linterna») sería indicativo de la existencia de materiales salinos en el entorno y de una alimentación escasa.

En lo relativo a las características físico-químicas de las aguas de los bordes, éstas son desigualmente conocidas. En la Sierra de Horna se ha realizado un solo análisis químico de las aguas (número 4), las cuales presentan facies clorurada sódica y 3.140 micromhos/cm de conductividad. Además se conoce la existencia en profundidad (200 o 300 e incluso más metros) de niveles saturados en aguas altamente salinas. El agua de los niveles superiores (primeros 150 m de profundidad) tendría un contenido salino mucho más bajo. Ello sería indicativo de la existencia de varios niveles acuíferos superpuestos; a título de hipótesis, los niveles inferiores podrían ser representativos del flujo regional ligado a los afloramientos terciarios más septentrionales.

En el borde meridional existen dos análisis químicos correspondientes a las aguas de los sondeos 29 y 30, cuyos resultados, expresados en meq/l, se indican en el cuadro adjunto. Se deduce que se trata de aguas de facies cloru-

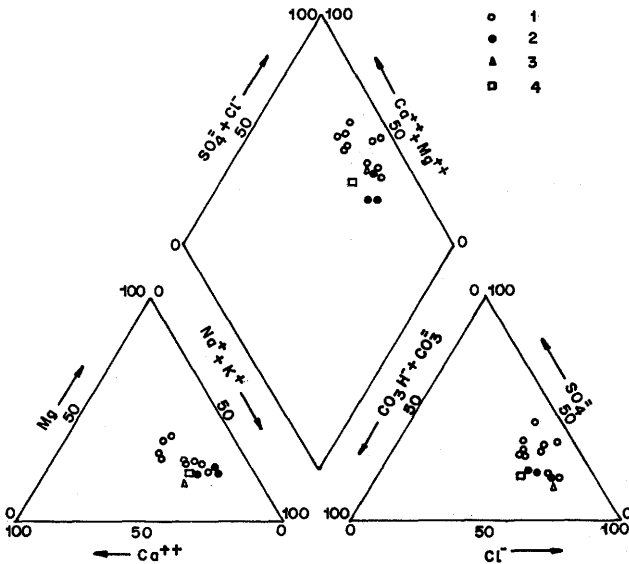


Figura 16.—Diagrama de Piper de las aguas del cuaternario y sus bordes. 1: Cuaternario; 2: Sierra Suroriental; 3: Sierra de Horna; 4: Agua de regadío.

rada sódica, con una notable reducción del contenido salino de un sondeo al otro, asimismo coincidente con el sentido de la escorrentía subterránea.

Parámetro	n.º 29	n.º 30	Parámetro	n.º 29	n.º 30
Cloruros	19,96	12,60	Calcio	8,40	3,08
Sulfatos	6,10	4,64	Magnesio	6,0	4,66
Bicarbonatos	4,16	4,12	Sodio	19,18	12,78
Nitratos	1,0	0,35	Potasio	0,15	0,25

Por último, en la figura 16 representamos en diagrama de Piper todos los análisis correspondientes a este muestreo, en donde además se incluye un análisis de aguas procedentes de los sondeos del Tolomó, realizados en idénticas fechas y que representa la calidad de las aguas mayoritariamente empleadas en regadío; dichas aguas presentan una composición aproximadamente intermedia con respecto a la nube de puntos.

FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

El funcionamiento actual del sistema acuífero cuaternario dista mucho del que debió tener en régimen natural, hace sólo unos 30 años; en efecto, en aquel entonces la mayor parte de la superficie del acuífero permanecía de seco, regándose esencialmente con el agua que obtenían una serie de «minas» de gran longitud y escasa pendiente. No obstante, CREMADES (1982) indica que a principios de este siglo se comenzó a bombear en el pozo de la Ofra, obra que se realizó tras unos años de sequía que hicieron disminuir de forma notable el caudal de las galerías.

En las condiciones actuales, la alimentación al sistema procede de la infiltración de parte del agua aplicada en regadío, de la infiltración directa del agua de lluvia caída sobre el área o en sus bordes, y como entradas laterales ocultas. Por su lado, las salidas se llevan a cabo mediante bombeos en pozos y sondeos, a través de manantiales, y como salidas laterales ocultas.

Entradas

Sobre la superficie permeable del material cuaternario considerado como acuífero en este estudio, se riegan unas 1.400 Ha, con una dotación media de 3.000 m³/Ha/año (se trata esencialmente de viñas); dado que riegan a manta, se puede estimar que el 20-30% del agua utilizada se infiltra, lo cual supone un valor medio de la alimentación de 0,8-1,3 Hm³/año. Este agua infiltrada tiene un contenido salino complementario, como consecuencia de la concentración por evaporación y por el lixiviado de parte de las sales del suelo y de los abonos minerales.

La infiltración directa del agua de lluvia es un parámetro de difícil evaluación; aplicando la fórmula de Thornthwaite para una capacidad de campo de 25 mm a la media del período de lluvias considerado (28 años) y en el supuesto de que no exista escorrentía superficial, se obtiene un valor de $0,8 \text{ Hm}^3/\text{año}$ para los 20 Km^2 de superficie aflorante de material acuífero. Hay que reseñar que el abancalamiento de la mayor parte del área permite considerar despreciable la escorrentía superficial, salvo quizás para aguaceros de elevada intensidad; es también en esos casos cuando sería preciso contabilizar como entrada la infiltración a partir de lluvias caídas en los bordes y que accederían al acuífero a través de los cauces de las ramblas. Sin embargo, es una realidad el que las ramblas hace ya muchos años que han sido vistas con agua.

Las entradas laterales ocultas a través de los bordes permeables podrían ser estimadas aplicando la ley de Darcy al flujo a través de sus secciones, lo cual requiere una estimación de la transmisividad y el gradiente medio de las mismas, con el consiguiente error ante la ausencia de datos fiables. Para el caso del borde septentrional, si suponemos una transmisividad media de $200 \text{ m}^2/\text{día}$ y un gradiente del $0,5\%$, se tendrán unas entradas a lo largo de los $1,5 \text{ Km}$ de longitud permeable de $0,55 \text{ Hm}^3/\text{año}$. Una cifra doble podría obtenerse para el borde meridional, si tenemos en cuenta que la transmisividad puede ser la mitad y el gradiente doble, con doble longitud de sección filtrante.

Salidas

Las salidas principales se llevan a cabo, de forma esencial, por bombeos en los pozos y sondeos instalados. De todos ellos son tres los que extraen un volumen mayor, que son Aljau, Payá y Candela, con aproximadamente $1,5 \text{ Hm}^3/\text{año}$. Con el resto de los pozos instalados se puede estimar que las extracciones totalizan $2 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

Las salidas por manantiales se ciñen al cauce del río Tarafa, dado que la mina de la Unión se encuentra prácticamente seca, tras el largo período de sequía padecido estos últimos años. Aunque no se ha podido medir esta descarga, se estima que no supera los 30 l/s de caudal continuo ($1 \text{ Hm}^3/\text{año}$).

Por último, es necesario evaluar las salidas laterales ocultas a lo largo del borde nororiental. Para ello consideramos, por un lado, la margen izquierda del río Tarafa, con un gradiente de $0,15\%$, $200 \text{ m}^2/\text{día}$ de transmisividad y $1,5 \text{ Km}$ de sección filtrante, lo cual arroja $0,16 \text{ Hm}^3/\text{año}$. La margen derecha, de gradiente mucho más elevado, tendría una transmisividad menor ($100 \text{ m}^2/\text{día}$), por lo que para la sección filtrante (1 Km) se obtiene un flujo de $0,73 \text{ Hm}^3/\text{año}$. Si tenemos en cuenta que parte de este flujo accede a la superficie a través del río Tarafa, las salidas laterales ocultas netas ascenderían a $0,6 \text{ Hm}^3/\text{año}$. De esta manera las entradas medias totalizan $3,2\text{-}3,7 \text{ Hm}^3/\text{año}$ y las salidas $3,6 \text{ Hm}^3/\text{año}$, con 2 Hm^3 de bombeos netos.

REFERENCIAS

- ASENSIO, J. P. (1982). Geografía Agraria de Aspe (Alicante). In «Aspe. Antología documental». Inst. Est. Al. Dip. Alicante, pp. 323-345.
- AZEMA, J. (1977). Etude géologique des zones externes des Cordillères Bétiques aux confins provinces d'Alicante et de Murcie (Espagne). Thèse Univ. Paris VI. 395 p.
- CREMADES, M. (1982). Historia de la huerta de Aspe. In «Aspe. Antología documental». Inst. Est. Alic. Dip. Alicante, p. 355.
- IGME-IRYDA (1978). Informe técnico n.º 9. Sistema hidrogeológico de Quibas P. I. H. C. B. S. PNAS. 48 p.
- LERET, G. et al. (1978). Memoria y cartografía de la Hoja n.º 871 (Elda). IGME. 64 p.
- MAS, P. (1984). Hidrogeología del acuífero kárstico de la Sierra de Crevillente. Mem. int. Dpto. Hidrogeol. Univ. Granada. 160 p. 4 anexos.
- MURCIA, A. y MIRA, F. (1981). Problema de la sobreexplotación de acuíferos. 4 Conf. Nac. Hidrol. Gen. Aplic. I: 79-109. Zaragoza.
- PULIDO BOSCH, A. (1977). Contribución al conocimiento de la hidrogeología del Prebético Nororiental (provincias de Valencia y Alicante). Tesis Doct. Univ. Granada.
- PULIDO BOSCH, A. (1985). L'exploitation minière de l'eau dans l'aquifère de la Sierra de Crevillente et ses alentours (Alicante, Espagne). Hydrogeology in the Service of Man. 18th Cong. I. A. H., Cambridge. pp. 142-149.
- PULIDO BOSCH, A. (1985). Informe hidrogeológico del cuaternario de Aspe y su entorno. 30 p. 1 anexo (Mem. inédita).
- PULIDO BOSCH, A. (1986). Reflexiones sobre hidrogeología kárstica basadas en ejemplos de las Cordilleras Béticas. 19 p. Journ. Karst Euskadi (en prensa).
- PULIDO BOSCH, A. y FERNÁNDEZ-RUBIO, R. (1980). Estudio hidrogeológico preliminar del sector Aspe-Macisbenda-Pinoso-Monóvar (provincia de Alicante). 42 p. (mem. inédita).
- PULIDO BOSCH, A. y FERNÁNDEZ-RUBIO, R. (1981). El acuífero kárstico de la Sierra de Crevillente y sectores adyacentes, un ejemplo de explotación de reservas. 4 Conf. Nac. Hidr. Gen. Apl. I: 145-153.
- PULIDO BOSCH, A. y FERNÁNDEZ-RUBIO, R. y GARRIDO, A. (1982). Exploitation des réserves d'eau dans un aquifère karstique du Sud-Est espagnol (province d'Alicante). 4^e Conf. Planif. Gest. Eaux. I: 735-742. Marseille.
- PULIDO BOSCH, A. y PADILLA, A. (1984). Estudio geoelectrónico de los materiales detríticos cuaternarios de Aspe. 19 p. 2 anexos (Mem. inédita).
- RODRÍGUEZ ESTRELLA, T. et al. (1983). Principales características de la piezometría en las cuencas Baja del Segura y Costeras de Alicante. III Simp. Hidrogeol. IX: 529-547.