

PROSPECCION HIDROGEOLOGICA EN ROCAS METAMORFICAS MEDIANTE GEOFISICA ELECTRICA

Fco. JAVIER SANCHEZ SAN ROMAN *

RESUMEN.— Se establecen criterios de prospección geofísica en el Complejo esquisto-grauváquico al Sur de Salamanca. Se ha comprobado que los sondeos cuyos caudales oscilan entre 6 y 12 litros/seg. atraviesan materiales de baja resistividad, en general inferiores a 100 ohmios. m., mientras que las perforaciones que obtienen un caudal muy escaso presentan resistividades superiores a 500 ohmios.m.

SUMMARY.— Criteria are established for geophysical prospection in the «esquisto-grauváquico» complex, in an area located to the South of Salamanca. It has been proved that wells with yields of between 6-12 litres/sec. drill through materials of low resistivity, usually lower than 100 ohms.m., while wells drilling materials of a resistivity higher than 500 ohms.m. have very low yields.

INTRODUCCION: ZONA ESTUDIADA Y ANTECEDENTES

La prospección de aguas subterráneas en rocas compactas es una de las tareas más difíciles en Hidrogeología. Las directrices generales son bien conocidas, pero su aplicación en una zona concreta, la elección del punto para perforar presenta una gran dificultad.

En este trabajo se intenta establecer unos criterios de prospección concretos en el Complejo esquisto-grauváquico, al Sur de Salamanca. Estos materiales, estudiados recientemente por DIEZ BALDA (1982, a y b), están constituidos por pizarras bandeadas, arenosas o carbonosas, con intercalaciones de conglomerados, cuarcitas, areniscas y porfiroides. Hacia la base («Formación Monterrubio») estas intercalaciones presentan cierta continuidad, mientras que en la serie superior («Formación Aldeatejada») son generalmente discontinuas.

La cobertera de alteración en esta zona es muy somera, a veces inexistente, por lo que la captación de aguas subterráneas se intenta mediante sondeos con

* Departamento de Geomorfología. Universidad de Salamanca.

profundidades comprendidas, generalmente, entre 30 y 100 metros, obteniéndose caudales en su mayoría inferiores a 0,5 litros/seg. Una mínima proporción de las perforaciones proporcionan caudales excepcionalmente elevados, de 3 a 12 litros/seg.

Es bien conocido que la permeabilidad en estos materiales es debida a la fracturación (DAVIS & DE WIEST, 1971, p. 390; LLAMAS, 1976, P. 1463), y que la prospección ha de ir dirigida tanto a la localización de fallas y sistemas de diaclasas como a la de intercalaciones de niveles más competentes, cuya respuesta ante el mismo esfuerzo tectónico va a ser precisamente de una fracturación más intensa. También se ha señalado (CARVALHO, 1969) que en pizarras y esquistos las aberturas producidas por la fracturación tienden a colmatarse por los materiales arcillosos producto de la alteración, lo que no es frecuente en rocas de tipo cuarcítico.

Para localizar los puntos de mayor fracturación o alteración, se utiliza la prospección geofísica mediante Sondeos Eléctricos Verticales o Calicatas Eléctricas (VERMA et al., 1980; CARVALHO, 1980; MOYA et al., 1984), en base al principio de que la roca presenta una menor resistividad eléctrica cuanto mayor es su fracturación o alteración.

TRABAJO DE CAMPO

Los criterios generales, geológicos y geofísicos, expresados en el apartado anterior deben precisarse para cada región concreta. Con este fin se han inventariado diversos sondeos significativos en la zona, especialmente entre los de mayor caudal, y se ha tratado de localizar en ellos las características geológicas descritas. En la Figura nº 1 aparece la situación de las principales áreas estudiadas.

Los sondeos más productivos están perforados en pizarras, y no existían, o no eran visibles en superficie, niveles cuarcíticos, filones de cuarzo o similares. Tampoco se pudo detectar la existencia de fallas ni una mayor densidad de fracturación que hubieran aconsejado «a priori» realizar la perforación en esos puntos concretos.

Para caracterizar geofísicamente estas mismas áreas, se realizaron 13 Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V.) con dispositivo Schlumberger y con líneas de corriente AB de 200 a 260 metros. En otros 15 puntos se realizaron medidas de resistividad aparente con el mismo dispositivo y con línea AB de 50 a 200 metros.

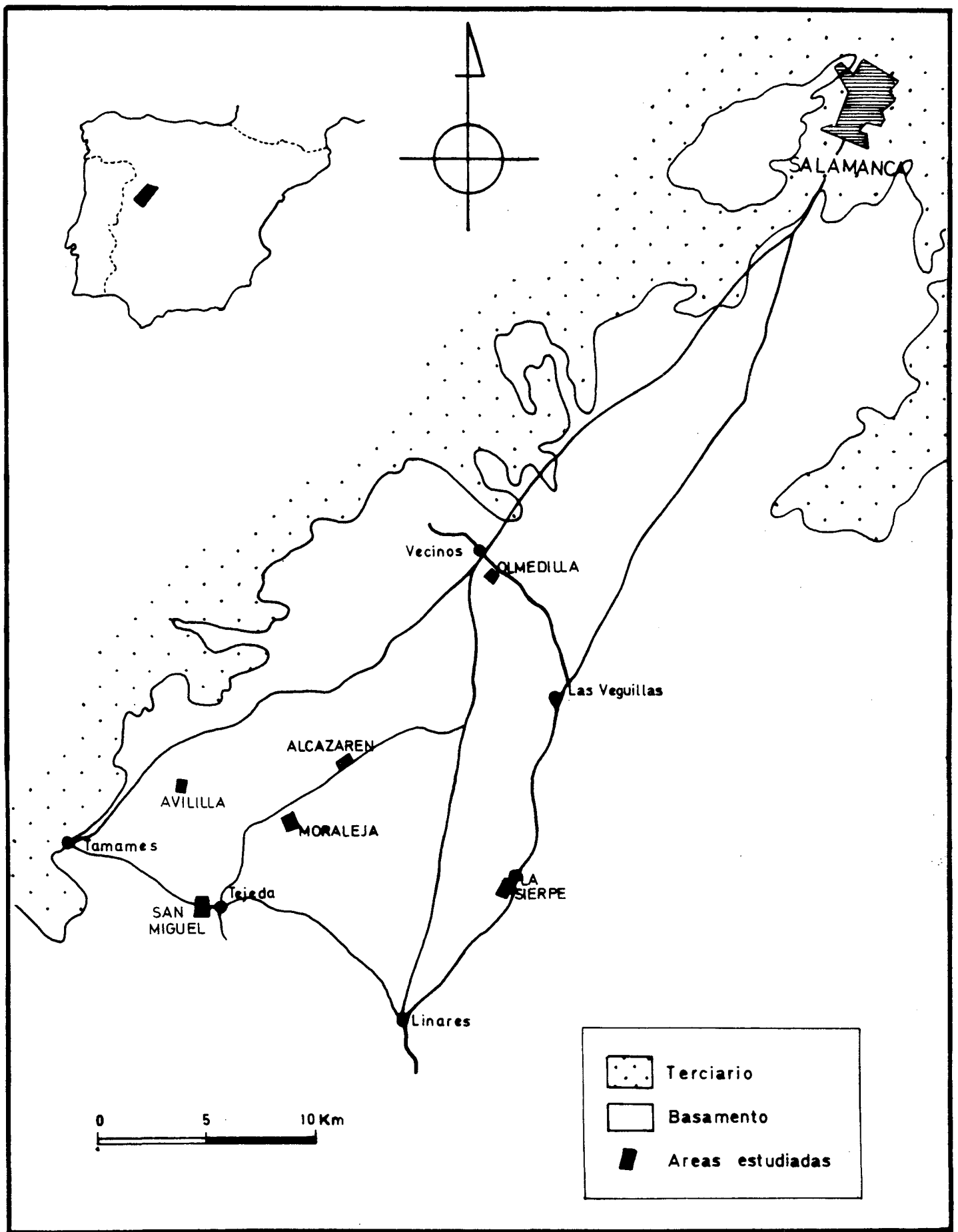


Figura 1. Situación de las areas estudiadas.

PROSPECCION GEOFISICA: INTERPRETACION CUALITATIVA

Se han representado varios perfiles de resistividad aparente (ρ_a) para apreciar la variación de esta magnitud tanto lateralmente como en profundidad, alrededor de algunas perforaciones. En la Figura n.º 2 se representan tres de estos perfiles. En el primero de ellos, que incluye un sondeo nulo y otro con un caudal de 8 litros/seg., se aprecia una disminución de la ρ_a desde el primero hacia el segundo, en el que se registran valores de 120 a 192 ohmios.m.. En el siguiente perfil se observa que la perforación que obtuvo un caudal de 10 litros/seg. se realizó en un punto con valores de ρ_a de 107 a 168 ohm.m., menores que en los adyacentes, y, como en el anterior, relativamente bajos en este tipo de materiales. El tercer perfil corresponde a las medidas realizadas sobre tres sondeos prácticamente nulos, sobre los que se midieron resistividades elevadas, hasta 1662 ohmios.m..

En la Figura n.º 3 se resumen las medidas realizadas sobre perforaciones con caudal conocido, representándose la resistividad aparente de los materiales en función del caudal obtenido por cada sondeo. Puede apreciarse una clara relación inversa entre ambas variables, correspondiendo resistividades aparentes inferiores a 200 ohm.m. a los sondeos productivos, y superiores a dicho valor en sondeos nulos o de escaso caudal.

PROSPECCION GEOFISICA: INTERPRETACION CUANTITATIVA

La interpretación cuantitativa de las curvas de los S.E.V. se ha efectuado por el método del punto auxiliar (ORELLANA, 1972, p. 282) utilizando las colecciones de curvas patrón de ORELLANA y MOONEY (1966) y RIJKSWATERSTAAT (1975). En algunos casos se ha contrastado y optimizado la interpretación mediante ordenador, utilizando un programa de KOEFOED (1979, p. 181).

A partir de la interpretación de las curvas de resistividad aparente, se obtienen cortes geoelectricos de 2 a 5 capas, siendo más frecuentes los tipos A y H. En la Figura n.º 4 se representan tres cortes geoelectricos con los espesores y resistividades reales interpretadas.

En el primer corte, equivalente al primero de la Figura n.º 2, se aprecia un sustrato de alta resistividad a una profundidad de 50 a 100 metros que debe corresponder a la roca fresca; sobre él, un nivel de 220-250 ohmios.m., que puede atribuirse a roca ligeramente fracturada, y otro más conductor, del orden de 100 ohmios.m., que corresponde realmente a la cobertera de alteración. El sondeo

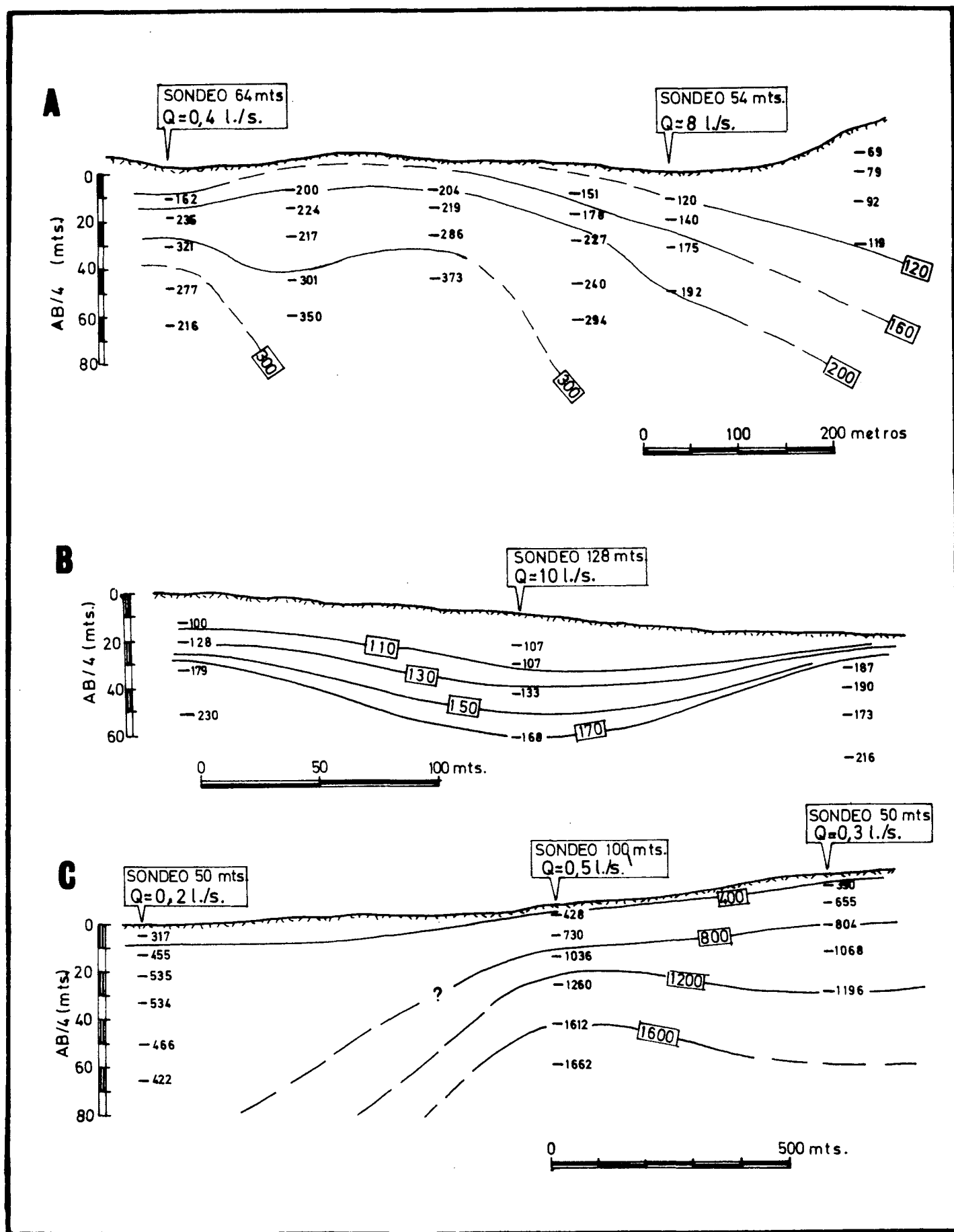


Figura 2. Perfiles de resistividad aparente. (Resistividades aparentes en ohmios.metro.). A) Moraleja de Huebra. B) Olmedilla alta. C) S. Miguel de los Asperones.

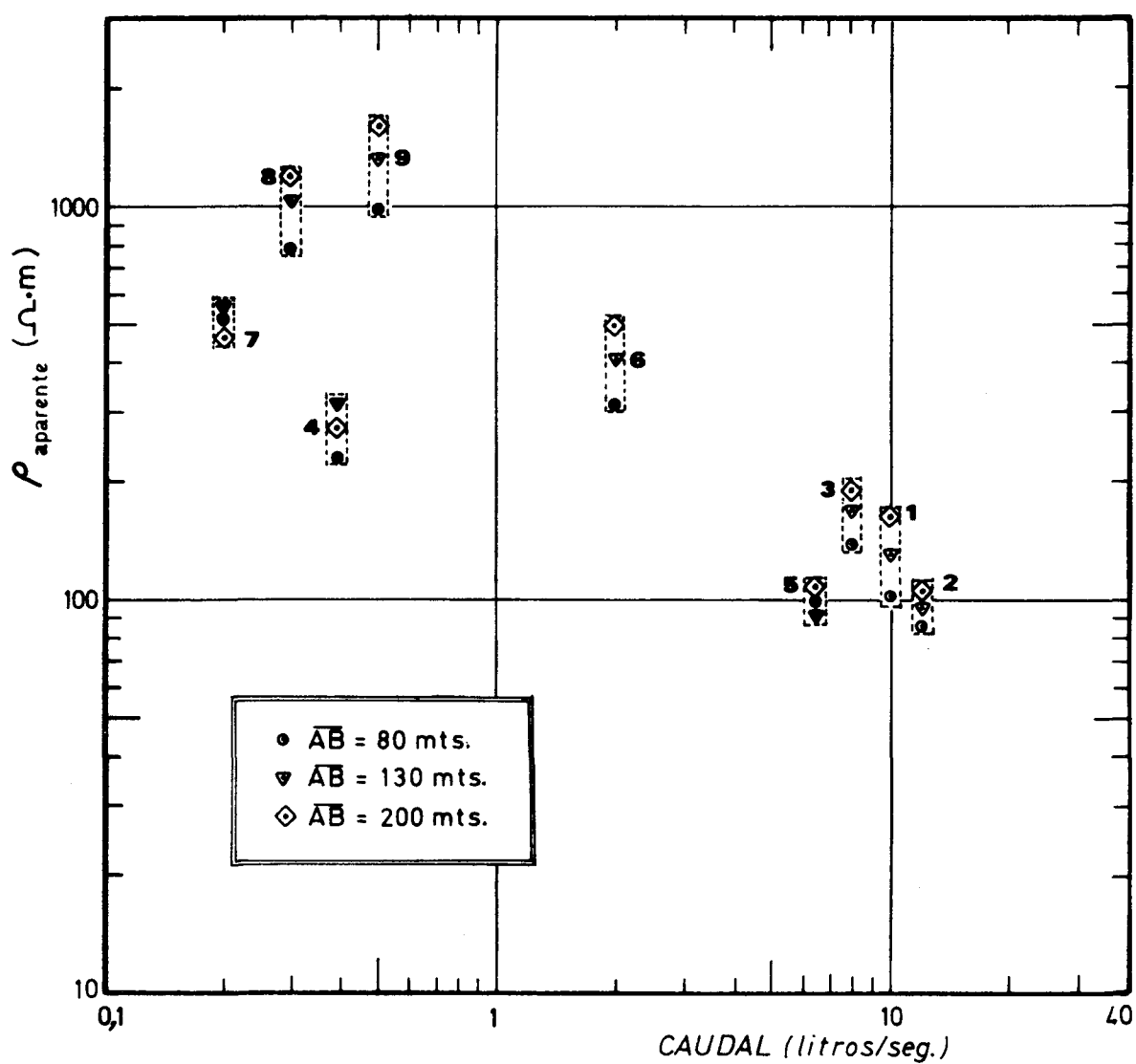


Figura 3. Relación entre los caudales obtenidos por los sondeos y las resistividades aparentes medidas en los mismos puntos (1: Olmedilla alta; 2: Avililla; 3 y 4: Moraleja de Huebra; 5: La Sierpe; 6: Alcazarén; 7, 8, 9: San Miguel de los Asperones).

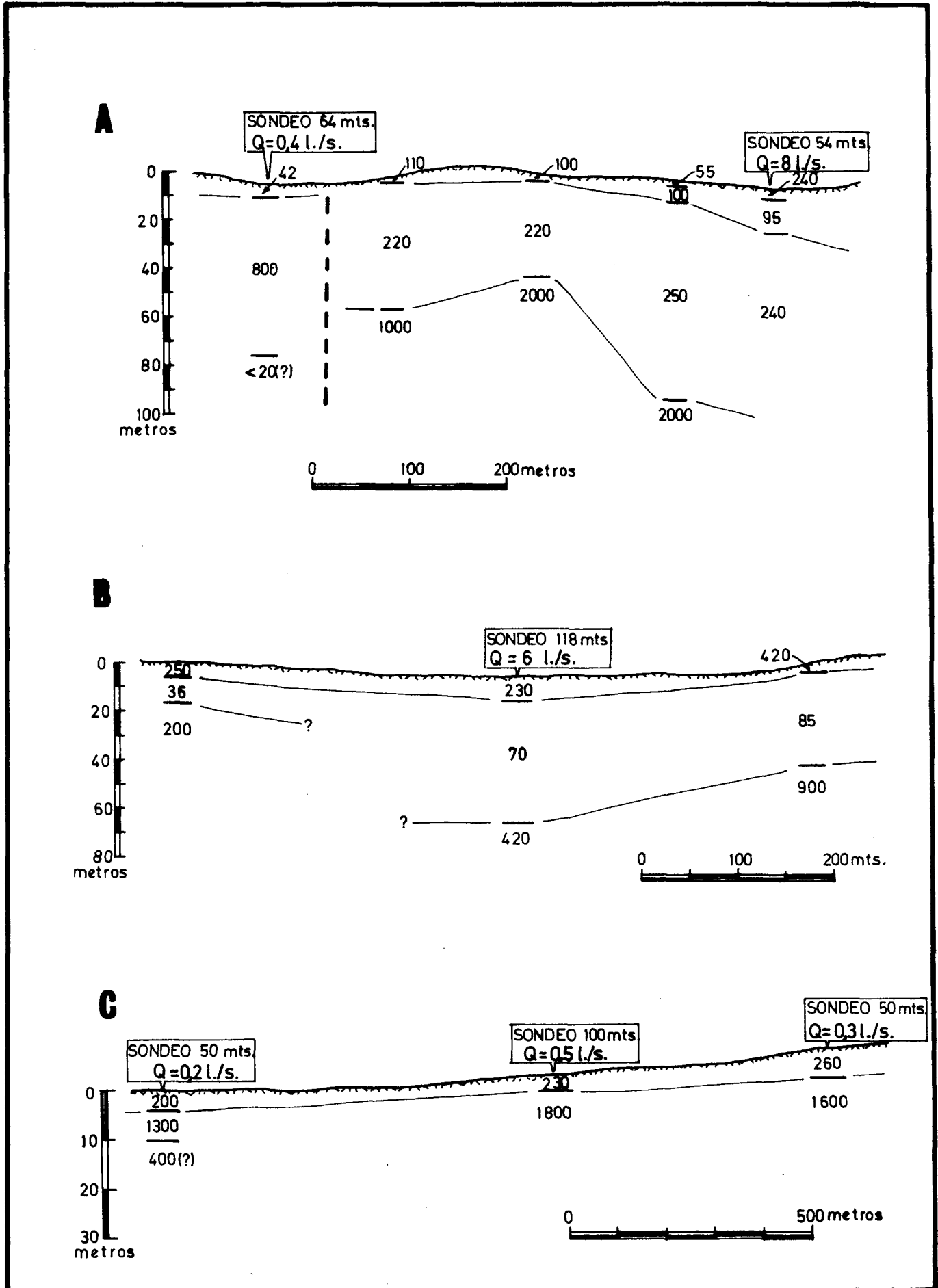


Figura 4. Cortes geoelectricos. (Resistividades en ohmios.metro). A) Moraleja de Huebra. B) La Sierpe. C) S. Miguel de los Asperones.

de 8 litros/seg. se encuentra en el punto donde el espesor de la alteración es mayor, unos 20 metros, mientras que el que resultó negativo atraviesa materiales con resistividad elevada (800 ohmios.m.) lo que parece indicar materiales inalterados; el nivel inferior de 20 ohmios.m. puede ser debido a un efecto lateral más que a una capa profunda.

En el segundo corte (La Sierpe) el nivel de alteración parece alcanzar un espesor de 50-60 metros, bajo el cual se encuentra la roca inalterada (420-900 ohmios.m.). El sondeo realizado atravesó materiales de 85 ohmios.m. y obtuvo unos 7 litros/seg.. El tercero (S. Miguel) muestra una cobertera de unos 5 metros sobre un sustrato muy resistivo que debe corresponder a una roca totalmente compacta. Los caudales obtenidos por los tres sondeos realizados fueron prácticamente nulos.

Como resumen, en la Figura nº 5 se representa la resistividad real de los materiales atravesados en función de los caudales obtenidos. Se observa la misma relación inversa que en el caso de la resistividad aparente: las perforaciones con caudales altos han atravesado niveles con resistividad inferior a 100 ohmios.m..

Estos niveles de baja resistividad, no tienen que corresponder necesariamente a roca alterada, sino que pueden ser el reflejo de un sistema de fracturas bien interconectadas, que proporcionan al medio una porosidad y permeabilidad suficientes para explicar la existencia de caudales de 7 a 12 litros/seg.

CONCLUSIONES

1ª) Solo en una mínima proporción de los sondeos realizados en el complejo esquisto-grauváquico al Sur de Salamanca obtienen caudales importantes: menos del 5% obtienen un caudal superior a 3 ó 4 litros/seg.

2ª) La fracturación o alteración que dan lugar a permeabilidades elevadas y a los caudales altos citados no son cartografiables con la suficiente exactitud y precisión que serían deseables para ubicar un futuro sondeo.

3ª) La prospección geofísica eléctrica constituye una herramienta eficaz para detectar áreas con mayor espesor de alteración o fracturación: deben buscarse materiales con resistividad inferior a 100 ohmios.m., y no realizar perforaciones con resistividades próximas a 1000 ohmios.m..

4ª) Si en algún caso no puede realizarse un S.E.V. completo, las medidas realizadas no son interpretables, o se efectúa la prospección mediante calicatas eléctricas, las medidas directas de resistividad aparente pueden ser suficientemente indicativas en la elección del lugar de perforación: han de buscarse sus valores

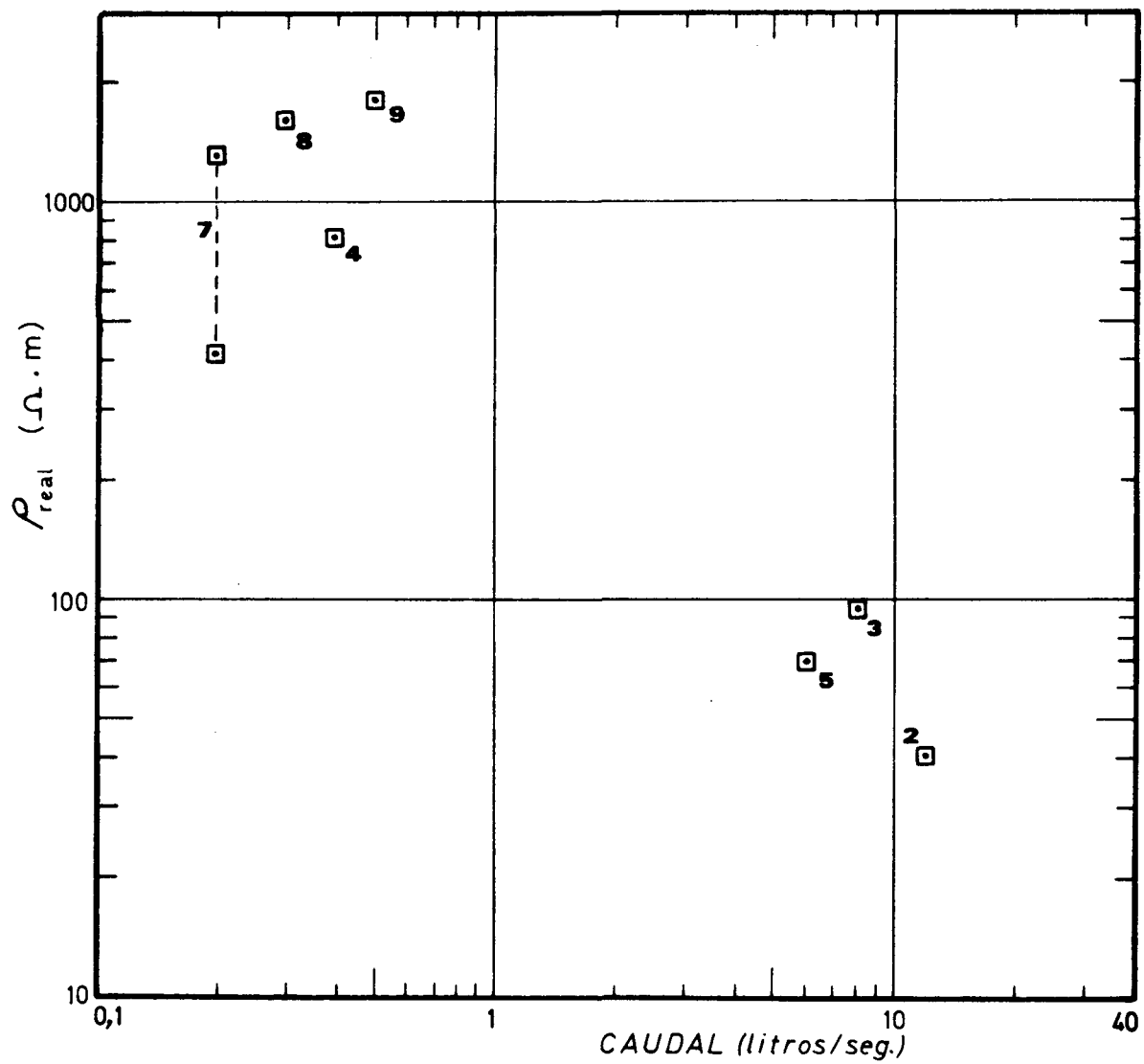


Figura 5. Relación entre los caudales obtenidos por los sondeos y las resistividades de los materiales atravesados. (2: Avililla; 3 y 4: Moraleja de Huebra; 5: La Sierpe; 7, 8, 9: San Miguel de los Asperones).

mínimos, en general inferiores a 200 ohmios.m. para líneas de corriente de 100 a 200 metros.

Agradecimiento

Ha sido muy valiosa la colaboración de Mercedes Cantano Martín a lo largo de todo el trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- CARVALHO, J.M. (1980): "*Contribuição para a prospecção e pesquisa hidrogeologica no Maciço Hesperico Portugues*". Boletim do Museu e Laboratorio Mineralogico e Geologico da Faculdade de Ciencias, 16; 305-326; Lisboa.
- CARVALHO, P.S.M. (1969): "*Prospecção de agua em formação cristalinas e cristalofilinas*". Boletim de Minas, Jan-Março; Lisboa.
- DAVIS, S.N. y DE WIEST, R. (1971): "*Hidrogeología*", Ariel, Barcelona; 563 pp.
- DIEZ BALDA, A. (1982, a): "*El Complejo esquisto-grauváquico, las series paleozoicas y la estructura hercínica al Sur de Salamanca*". Tesis Doctoral. Dpto. Geomorfología y Geotectónica. Univ. Salamanca.
- (1982, b): "*Mapa geológico del S.E. de la provincia de Salamanca*", 1:200.000. Dpto. Geomorfología y Geotectónica, Univ. Salamanca.
- KOEFOD, O. (1979): "*Geosounding Principles, 1. Resistivity Sounding Measurements*", Elsevier; 276 pp.
- LLAMAS, M.R. (1976): "*Exploración de aguas subterráneas*". In CUSTODIO, E. y LLAMAS, M.R.: "*Hidrología Subterránea*". Vol. 2. Omega, Barcelona; p. 1435-1570.
- MOYA, J.L.; PULIDO, A.; DIAZ, E. (1984): "*Estudio de acuíferos en rocas ígneas y metamórficas mediante sondeos y calicatas eléctricas. Aplicación al valle de La Granjuela (Córdoba)*". I Congr. Esp. Geol., IV; 261-275.
- ORELLANA, E. (1972): "*Prospección geoeléctrica en corriente continua*". Paraninfo, Madrid; 524 pp.
- ORELLANA, E. y MOONEY, H.M. (1966): "*Tablas y curvas patrón para Sondeos Eléctricos Verticales*". Interciencia, Madrid.
- RIJKSWATERSTAAT (1980): "*Standard Graphs for Resistivity Prospecting*". Swets & Zeitlinger B.V., Lisse.
- VERMA, R.K.; RAO, R.K.; RAO, C.V. (1980): "*Resistivity Investigations for Ground Water in Metamorphic Areas Near Dhanbad, India*". Ground Water, 18; 46-56.