

Relaciones estadísticas entre las propiedades hidrodinámicas y geoelectricas del acuífero de Charf El Akab (Marruecos)

Statistical relationships between hydrodynamical and geoelectrical parameters of the aquifer Charf-El-Akab (Morocco)

L. Achagra (*), M. Sarroukh (*), A. Benjbara (***), J. Stitou El Messari (*) y J.C. Cerón(**)

(*) Departamento de Geología. Universidad Abdel Malek Essaadi, Facultad de Ciencias. BP 2121. Tetuán. Marruecos.

(**) Departamento de Geología. Universidad de Huelva. 21819. Palos de la Frontera. Huelva.

(***) Direction de la Région Hydraulique de Loukkos de Tétouan. Marruecos.

Abstract

It is considered the examen of statistical relationship between the transmissivity and transverse resistance of the water bearing materials of the Charaf El Akab, where larges samples of both parameters are available, is presented. The best correlation between these two parameters is found by the geometrical regression after logarithmical transformation (T) of transversal resistance (TR) values, when we undertake the correct value of T and TR for give it to the same piezometric head. The results of the statistical relationship appears to be sufficient precision.

Key words: detrital aquifer, statistical relationship, transmissivity, transverse resistance.

Geogaceta, 25 (1999), 3-6
ISSN: 0213683X

Introducción

El conocimiento de las características hidrodinámicas de los acuíferos a partir de parámetros geofísicos constituye una preocupación importante para los gestores de las aguas subterráneas. La medida de estos parámetros *in situ* se realiza con un costo relativamente elevado; esta última tiene un carácter puntual. En este estudio se intenta poner de manifiesto las relaciones significativas entre las características hidrodinámicas y geofísicas del acuífero de Charf El Akab. Esto permitiría realizar una estimación indirecta de los parámetros hidrodinámicos sin tener que recurrir al gasto económico que supone el tener que hacer un gran número de medidas y sondeos. El estudio examina más detalladamente el grado de dependencia estadística entre la transmisividad del acuífero y su resistencia transversal unitaria (Orellana, 1971).

Situación geológica e hidrogeológica

El área de estudio se sitúa al Norte de Marruecos, aproximadamente a veinte kilómetros al Sur de la ciudad de Tánger (Fig. 1); en ella aflora una serie biodetrítica de edad Mioceno superior

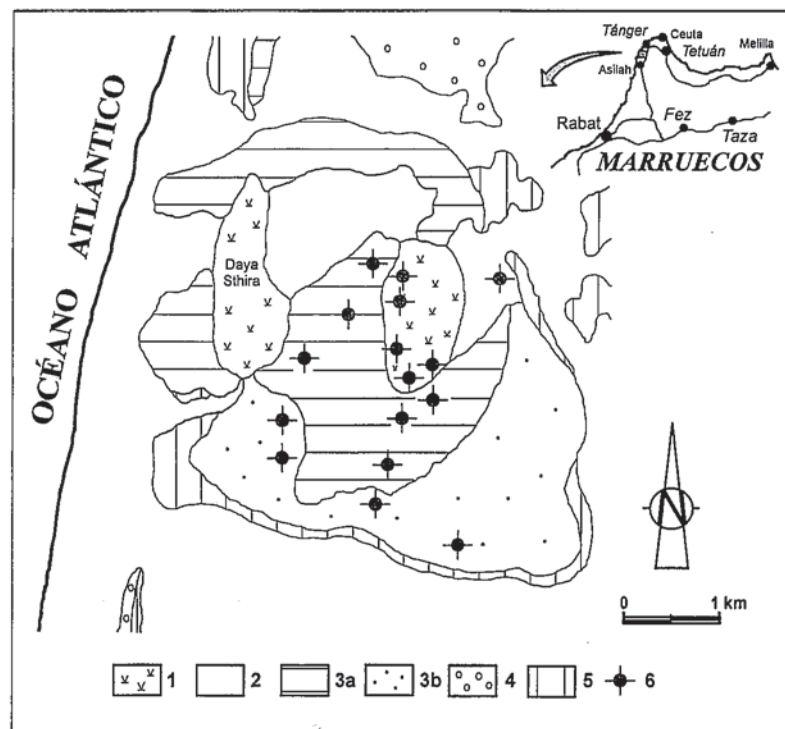


Fig. 1.- Localización geológica y esquema hidrogeológico del área de estudio. 1: humedales; 2: Cuaternario; 3: Neógeno (a: Mioceno superior -formación inferior-; b: Plioceno); 4: areniscas numídicas; 5: Unidad de Tánger; 6: sondeo.

Fig. 1.- Geographic location and hydrogeological schema of the study area. 1: westland; 2: quaternary materials; 3: Neogene (a: Upper Miocene -lower formation-; b: Pliocene); 4: Sandstone of Nummidien; 5: Unity of Tanger; 6: well.

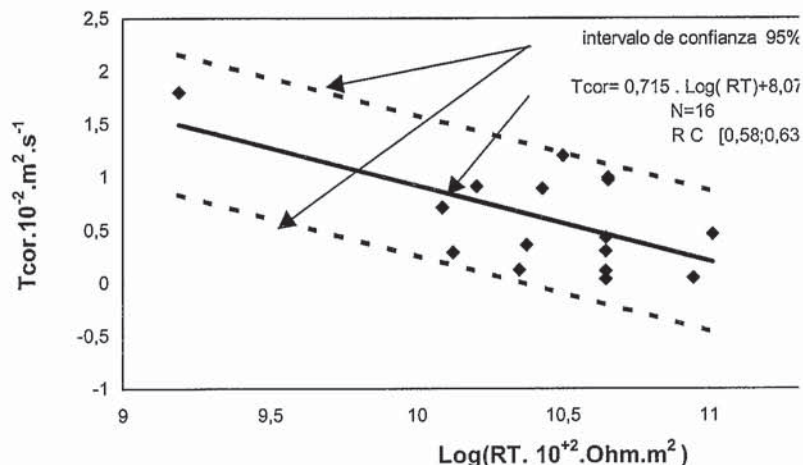


Fig. 2.- Diagrama de regresión semilogarítmica entre los valores de transmisividad corregidos (Tcor) y los de resistencia transversal obtenidos en la formación inferior. N: número de parejas (T, RT); R: coeficiente de correlación y su intervalo de confianza para el 95 %.

Fig.2.- Diagram of semi-log regression between the transmissivity and the transverse resistance of the lower formation. N: number of pairs (T, RT); R: correlation coefficient and its confidence interval at a level of 95%.

constituida por las formaciones postmantos de la cuenca de Charf El Akab. Esta cuenca tiene un carácter subsidente (Achagra *et al.*, 1998) y constituye el acuífero que ha sido utilizado desde hace bastante tiempo para el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Tánger. Debido a las escasas entradas naturales hacia el acuífero, actualmente éste está siendo objeto de una recarga artificial con aguas superficiales depuradas.

La cuenca tiene una superficie aproximada de 20 km² (Fig. 1). Está limitada al Norte y Este por crestas areniscosas de la cuenca numídica (unidad del Dominio Rifeño), al Oeste por el Océano Atlántico y al Sur y Sureste por la llanura aluvial de Oued Tahaddart. La serie detrítica se subdivide en tres formaciones (Medioni y Wernli, 1978): una formación inferior en la que predominan calcarenitas, areniscas y arenas bioclásticas del Tortonense superior; una formación intermedia en la que predominan margas y arenas margosas del Messiniense inferior; y una formación superior constituida mayoritariamente por arenas y areniscas finas de edad Messiniense superior.

Análisis estadístico de la relación entre la transmisividad y la resistencia transversal

El método empleado en este análisis es similar al propuesto por Sin-

nan (1986) y Al Boulaksili y Ouahmane (1997). De forma resumida, consiste en correlacionar el logaritmo de T con RT del acuífero; esta correlación se considera significativa cuando los valores de T y RT corresponden a una misma posición del nivel piezométrico, es decir, si se hacen en momentos similares o en idénticas situaciones hidrodinámicas.

Resultados obtenidos con los datos brutos

Ha sido necesario hacer una preselección entre los datos disponibles para utilizar únicamente las parejas de valores de transmisividad (T) y resistencia transversal (RT) más adecuadas correspondientes a una zona concreta del acuífero. En el caso del acuífero de Charf El Akab ha sido seleccionada la zona central. Esta parte de la cuenca, y más exactamente su tramo inferior, se caracteriza por tener mejores características hidrogeológicas de transmisividad y permeabilidad que el resto de la serie suprayacente. La mayoría de los sondeos de explotación que han sido objeto de ensayos de bombeo, en general de larga duración, captan esta formación.

El análisis estadístico de los datos brutos permite obtener relaciones positivas bajas, con un coeficiente de correlación comprendido entre 0,32 y 0,41 (Tabla 1). Estos resultados fueron sometidos al test de Student con un nivel de significación del 5 %. Fue rechazada la hipótesis de la existencia de relación

significativa entre T y RT (valores de la variables de Student experimental inferiores a los de las variables de Student teórica). La ecuación de regresión geométrica, del tipo T = a RT, mejora ligeramente la dependencia estadística entre T y RT sin que llegue a ser significativa (Tab. 2).

Resultados obtenidos con los datos corregidos

Se ha realizado el análisis sobre las parejas de valores T y RT, que previamente han sido corregidos dado que no se midieron en campo al mismo tiempo los parámetros hidrodinámicos y geofísicos. Para ello, la corrección de T se efectuó en función de las fluctuaciones del nivel piezométrico y la de RT de acuerdo con las variaciones de salinidad de las aguas subterráneas. Esta corrección consistió en eliminar el efecto de la variación del nivel piezométrico, dado que este afecta al valor de T al tratarse de un acuífero libre; por lo tanto, considera el valor del nivel piezométrico de cuando se realizó el SEV correspondiente. Para ello se multiplica T por la relación entre el actual y el anterior espesor saturado, es decir:

$$T_{\text{corregida}} = T_{\text{sin corregir}} \cdot \frac{\text{espesor saturado}_{\text{final}}}{\text{espesor saturado}_{\text{inicial}}}$$

Por otra parte, la variación de la salinidad afecta al valor de RT del acuífero, por lo que es necesario eliminar el efecto de la variación de la resistividad del agua sobre RT. Para ello, todos los valores de resistividad del agua se refieren a un único valor, lo que se consigue multiplicando la resistividad bruta por el cociente entre la resistividad media del agua y la resistividad de cada punto, es decir:

$$RT_{\text{media}}^{\text{corregido}} = RT_{\text{bruto}} \cdot \frac{\text{Resistividad}_{\text{agua}}}{\text{Resistividad}_{\text{puntual}}}$$

La introducción de la corrección para la variable RT no aporta por sí sola ninguna mejora a la relación con los valores brutos de T. Por el contrario, la consideración de las correcciones de ambas variables sí mejora sensiblemente la relación; aún así, sigue siendo bajo el coeficiente de correlación (Tab. 3).

La mejor relación ha sido la obtenida mediante regresión geométrica entre los datos de T corregidos y los de RT brutos, después de la transformación logarítmica de esta última variable (Fig. 2). En estas condiciones, y para un valor de RT inferior a

1	2(N)	3(R)	4-A	4-B
T-RT	16	0,05	-0,188	2,145

Tabla 1

Tabla 1.- Regresión lineal entre la transmisividad y la resistencia transversal. 1: distintas correlaciones consideradas; 2(N): número de parejas; 3(R): coeficiente de correlación; 4: Test de Student sobre la validez de la regresión (4-A: t experimental; 4-B: t teórica para un nivel de significación del 5 %).

Table 1.- Linear regression between transmissivity and transverse resistance. 1: different assumptions; 2(N): number of pairs; 3(R): correlation coefficient; 4: Student significance test on the regression (4-A: experimental t; 4-B: theoretical t at a significance level of 5 %).

1	2(N)	3(R)	4-A	4-B
LogT-RT	16	0,135	-0,508	2,145
T-LogRT	16	0,065	0,242	2,145
LogT-LogRT	16	0,003	-0,01	2,145

Tabla 2

Tabla 2.- Regresión geométrica entre la transmisividad y la resistencia transversal (cálculos realizados después de la transformación logarítmica de las variables).

Table 2.- Geometrical regression between transmissivity and transverse resistance. (calculations are carried out after a logarithmic transformation of the variables)

1	2(N)	3(R)	4-A	4-B
T-Rtcor	16	0,074	0,279	2,145
Tcor-RT	16	0,526	-2,314	2,145
LogTcor-RT	16	0,45	-1,883	2,145
Tcor-LogRT	16	0,614	-2,91	2,145
LTcor-LogRT	16	0,462	-1,948	2,145
LogT-Rtcor	16	0,005	-0,02	2,145
T-LogRTcor	16	0,16	0,608	2,145
LogT-LogRTcor	16	0,062	0,234	2,145
Tcor-Rtcor	16	0,241	-0,931	2,145
LogTcor-Rtcor	16	0,188	-0,715	2,145
Tcor-LogRTcor	16	0,426	-1,761	2,145
LogTcor-LogRTcor	16	0,319	-1,258	2,145

Tabla 3

Tabla 3.- Regresión geométrica entre la transmisividad y la resistencia transversal después de la corrección de parámetros.

Table 3.- Geometrical regression between transmissivity and transverse resistance after correction of the parameters.

60.000 Ohm m², la dependencia estadística entre T y RT se muestra bastante significativa, con un coeficiente

de correlación de 0,61 y un intervalo de confianza 0,58-0,63 para un nivel de significación del 5%. Esta relación

estadística estaría representada por la ecuación:

$$T_{\text{estimada}} \text{ (m}^2\text{/s)} = -0,715 \cdot \log RT \text{ (Ohm m}^2\text{)} + 8,072$$

Este estudio considera también la dependencia entre la permeabilidad y la resistividad, obteniéndose un resultado casi idéntico al anterior (con un coeficiente de correlación de 0,60). Esto refuerza la hipótesis de la existencia de una relación entre algunos parámetros hidrogeológicos y geofísicos.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados del estudio estadístico realizado, la estimación de la transmisividad a partir de los valores de la resistencia transversal es posible. El interés práctico de este resultado es inmediato, dado que la medida de la resistencia transversal unitaria no tiene un costo elevado.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a la Dirección d'Hydraulique de la Région de Loukkos de Tétouan, por permitir la utilización de los datos de base necesarios para este estudio. También, nuestro reconocimiento al Profesor Dr. Antonio Pulido-Bosch por su revisión crítica del original inicialmente enviado.

Referencias

- Achagra, L., Sarroukh, M. y Nachite, D. (1998): *2^{ème} journée de la recherche scientifique*. FST de Tanger, (Marruecos).
- Al Boulaksili, F. y Ouahmane, R. (1997): *Tesis de Licenciatura*. Universidad Abdelmalek Essaadi (Tetuán), 72 pp.
- Medioni, R. y Wernli, R. (1978): *Tesis de Licenciatura*. Universidad Abdelmalek Essaadi (Tetuán), 46 pp.
- Moumtaz, M. y Sinan, M. (1986): *C.R. Acad. Sc. Paris*, 302, Série II, 17:1107-1110.
- Orellana, E. (1971): *Prospección geoelectrica en corriente continua*. Ed. Paraninfo, Madrid. 580 pp.
- Sinan, M. (1986): *Thèse de 3^{ème} cycle*. Universidad de Montpellier.