

# Análisis comparativo de anomalías hidroquímicas del acuífero de Madrid.

## *Comparative analysis of hydrochemical anomalous data from Madrid aquifer.*

M. Martín-Loeches y A. Sastre Merlín.

Departamento de Geología. Universidad de Alcalá de Henares.

### ABSTRACT

*The mineralization of 43 groundwater brackish samples collected from wells located in marginal areas of the Madrid aquifer are compared in this paper. This analysis shows some significant differences between the three areas that provide the samples.*

### RESUMEN

*Se compara la mineralización de 43 muestras de agua subterránea salobre o salina, recolectadas en pozos perforados ubicados en áreas marginales del acuífero de Madrid, estableciéndose algunas diferencias significativas entre las tres áreas que han proporcionado tales muestras.*

**Key words:** Madrid aquifer, hydrochemistry, brackish groundwater.

*Geogaceta, 13 (1993), 81-83*

*ISSN: 0213683X*

### Introducción

La existencia de aguas subterráneas salobres en el acuífero detrítico de Madrid, claramente desligadas geográficamente de facies salinas o de transición, fue puesta de manifiesto por Sastre (1975, 1978) en la zona de confluencia de los ríos Alberche y Tajo, el cual achacó el fenómeno a la manifestación de la descarga del flujo regional de agua subterránea de la cuenca, que alcanza en tal región sus espesores más reducidos, así como un notable estrechamiento entre los bordes impermeables del macizo de Gredos al norte y los Montes de Toledo al sur. El carácter puntual de las manifestaciones salinas en función de la profundidad y posición de los pozos, fue explicada por la sobreimpresión del sistema de flujo local al regional.

El escaso registro de rocas de carácter evaporítico en los sondeos perforados en dicho ámbito apoyan esta hipótesis, de tal manera que, hasta la fecha, la descarga regional es el argumento casi exclusivo apuntado por los trabajos que han tratado directa o indirectamente la hidrogeoquímica del acuífero (Rubio y Llamas, 1982; Rubio, 1984; Herrera, 1987). Sin embargo, la influencia de la litología en la mineralización de las aguas se hace patente hacia las facies evaporíticas del centro de la cuenca, que penetran en profundidad por debajo

de los materiales de transición y detríticos (Hoyos *et al.*, 1985). En el sector estudiado son muy escasas las anomalías hidroquímicas relacionadas geográficamente con las facies intermedias (Rebollo, 1977; Rubio, 1984); en nuestro estudio se incluyen 12 nuevos puntos con esta categoría, 5 de los cuales se encuentran hacia la margen derecha del río Guadarrama y relativamente alejados de su cauce (ver fig. 1). Las columnas litológicas de todos ellos no reflejan sino una mayor preponderancia de los términos arcillosos frente a los detríticos.

La ampliación del inventario de puntos anómalos obliga a replantearse un análisis conjunto de los mismos, con criterio comparativo respecto a los antecedentes publicados sobre la cuestión.

### Localización de las anomalías

Hasta el momento presente, se han inventariado 43 puntos de agua —preferentemente pozos perforados y sondeos de reconocimiento de profundidad inferior a 250m; también algún manantial y pozo excavado—, que proporcionan agua anormalmente salobre ( $Cl > 5\text{meq/l}$ ; conductividad  $> 1500 \mu\text{S/cm}$ ) en razón de su ubicación sobre facies claramente detríticas y de su profundidad. La localización de los puntos se muestra en la figura 1.

El conjunto de datos se distribuye en

torno a tres áreas preferentemente: 1) Proximidades de la confluencia Tajo-Alberche, en la facies detrítica. 2) Cuenca baja del río Guadarrama, cerca del límite con la facies de transición (SGOP, 1989) y 3) Las proximidades de la ciudad de Toledo. Como puede observarse en la figura 1, entre las áreas señaladas se localizan una serie de puntos dispersos a ambos lados del río Tajo.

### Análisis estadístico

Se ha realizado un análisis estadístico considerando 36 de los 43 pozos inventariados que bombean agua salina, dado que de los 7 restantes se dispone de una analítica incompleta. Se han considerado para este estudio las diez variables siguientes: concentración de cloruros, de sulfatos, de bicarbonatos, de nitratos, de sodio, de potasio, de calcio, de magnesio, conductividad y pH.

En un primer análisis estadístico se han comparado los datos disponibles mediante un test de Mann-Whitney, enfrentando los datos procedentes de pozos ubicados en las inmediaciones de las facies de transición y los datos de los pozos de agua salina ubicados claramente sobre las facies detrítica. Se ha obtenido una notable homogeneidad entre ambos tipos de muestras no observándose diferencias estadísticamente significativas entre las variables consideradas; tan solo cabe afirmar una mi-

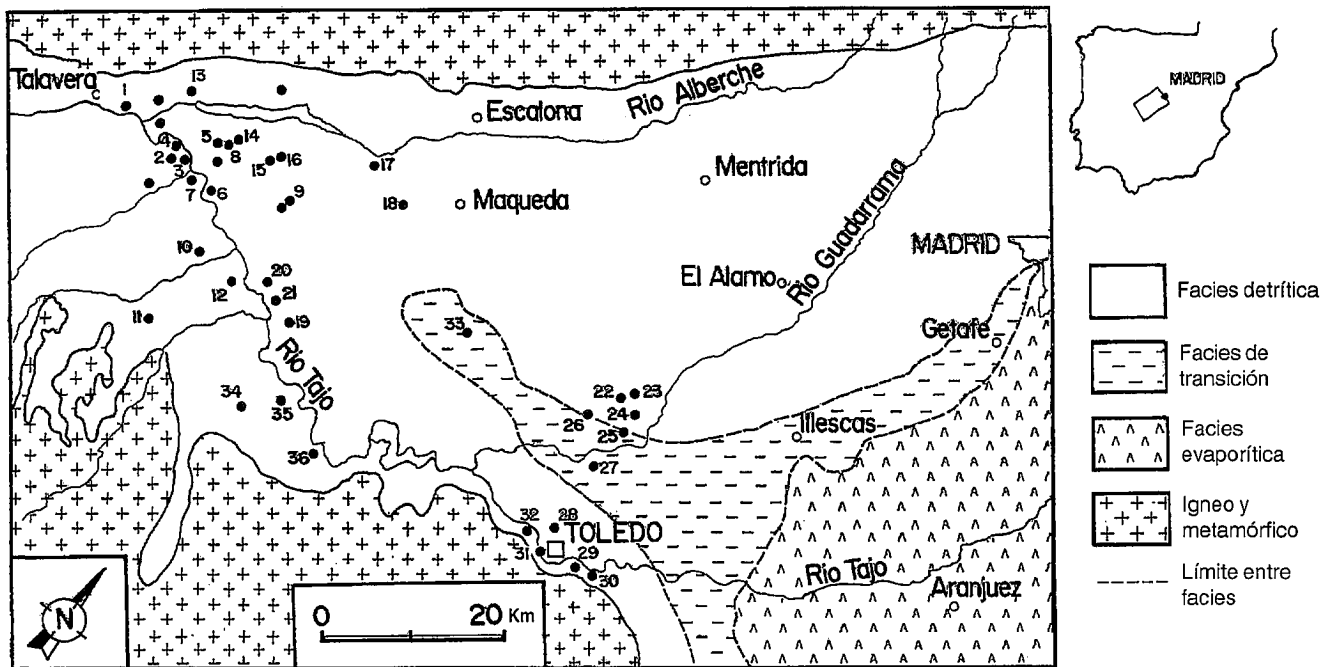


Fig.1.— Localización de los puntos de agua con concentraciones en Cl<sup>-</sup> > 5 meq / l. La numeración señala los puntos empleados en el análisis factorial

Fig 1.- Situation map showing wells with high Cl<sup>-</sup> concentration (more than 5 meq/l). Numbers signs those wells that were used in the PCA analysis.

neralización ligeramente mayor en las muestras del primer grupo de pozos en lo que se refiere a nitratos (valor medio de las poblaciones de 31.6 ppm frente a 22.2 ppm con un nivel de significación inferior a 0.07) sulfatos y calcio y ligeramente menor en sodio.

Se procedió a realizar un análisis de componentes principales (ACP) con todas las muestras, previa normalización de las variables mediante su transformación a log (x+1), dada su adecuación a una distribución logarítmico-normal (Molina,1986; Herrera,1987). Los re-

sultados se muestran en la tabla 1, en la que puede observarse lo siguiente:

— El componente 1 (c1) se asocia a un factor general de mineralización.

— El componente 2 (c2), con valores positivos altos de las variables bicarbonatos, sodio y potasio, se correspondería con procesos de alcalinización del agua por intercambio catiónico.

— El componente 3 (c3), con valores positivos altos de las variables nitratos y calcio se correspondería con los procesos de mineralización del agua por contacto con evaporitas.

Estos resultados son congruentes con los obtenidos por Herrera (1987) en este mismo acuífero pero con bastantes menos datos de pozos salinos, y que dicho autor denominó variantes de mineralización "alcalina" y "cálcica", respectivamente.

Así mismo, en la citada tabla 1 se indica el valor medio de las variables de las muestras más representativas de cada componente. Como puede observarse, en el caso del componente 3 resultan valores bajos de la relación Na<sup>+</sup>/Ca<sup>++</sup>.

La distribución espacial de cada factor es igualmente significativa, observándose que, aproximadamente, el 40% de las muestras de la región de confluencia Tajo-Alberche presentan una contribución importante de la variante de mineralización "cálcica", circunstan-

	C1	C2	C3	C1	C2	C3
Cl <sup>-</sup>	0.85*	0.01	-0.29	1462	834	585
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.90*	0.06	-0.01	2134	1319	1356
CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	-0.079	0.77*	0.07	225	280	274
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0.21	0.05	0.89*	18	25	45
Na <sup>+</sup>	0.18	0.84*	-0.06	1059	810	601
Mg <sup>++</sup>	0.79*	0.23	0.41	258	158	176
Ca <sup>++</sup>	0.63*	-0.045	0.66*	194	135	176
K <sup>+</sup>	0.62*	0.58*	0.11	39	23	17
Cond	0.93*	0.09	-0.14	7317	4607	3877
pH	-0.22	-0.02	-0.11	7.67	7.83	7.70

Tabla 1.— Parte izquierda: Contribuciones respecto a los tres primeros ejes del ACP (75,5% de la varianza total). Con \* se señalan los valores superiores a 0,5. Parte derecha: Composición media de las muestras para cada componente. Las concentraciones se expresan en mg/l. y la cond. en µS/cm.

Table 1.— Left side: Contributions of the PCA first three axis. \* signs those values that are greater than 0.5. Right side: Mean composition of the samples to each component. The amounts are in mg/l and the cond. in µS/cm.

cia que se hace más patente hacia el extremo oriental del área; sin embargo las muestras tomadas en la cuenca baja del Guadarrama presentan una mayor influencia de la variante de mineralización alcalina. Finalmente, las muestras recolectadas en los pozos inmediatos a Toledo marcan un peso importante en la componente cálcica.

#### Discusión de los resultados

A falta de seguir incrementando el inventario de puntos de agua salinos, especialmente en lo concerniente a pozos ubicados en las inmediaciones del afloramiento de las facies intermedias, se puede concluir en lo siguiente:

- Una más apreciable influencia de los materiales evaporíticos en el origen de la anomalía hidroquímica del área de confluencia Tajo-Alberche. Ello hace

pensar en una decisiva influencia de las facies centrales en el origen de esta mineralización, en lugar de los lentejones evaporíticos dispersos en las arcosas, como se había aludido hasta ahora (Herrera, 1987).

— Una clara relación de las facies centrales en la mineralización de las aguas salobres de las inmediaciones de Toledo.

— La escasa relación observada entre la mineralización de las aguas salobres de la cuenca baja del Guadarrama con las facies intermedias aflorantes en las inmediaciones de la ubicación de las captaciones, hace pensar en la manifestación de un flujo regional de agua subterránea hipersalina en esta zona, al que han contribuido de forma destacada los procesos de alcalinización del agua. En el afloramiento de este agua parece haber tenido una influencia decisiva el pa-

pel de "barrera hidráulica negativa" jugado por los materiales de las facies de transición, de menor permeabilidad que los de la facies detrítica.

#### Bibliografía

- Sastre A, (1975): I Simp. Nacl. de Hidrogeología, Valencia. Hidrogeología y recursos Hidráulicos, 1:376,397.  
 Sastre, A. (1978). Tesis Doctoral. U.C.M.  
 Hoyos *et al.*, (1985): "El Mioceno de Madrid". CSIC. pp. 9-16.  
 Rubio P y Llamas M.R. (1982): III Semana de hidrogeología. Lisboa. pp. 281-300.  
 Rubio P. (1984): Tesis Doctoral. U.A.M.  
 SGOP (1989): Documento nº 2561.  
 Herrera P (1987) Tesis Doctoral. Uni. Alcalá de Henares.  
 Rebollo L (1977). Tesis Doctoral. UCM.  
 Molina A. (1986): Tesis de licenciatura. UAM.