

Eby, G. N. (1975): *Geochim. Cosmochim. Acta*, 39: 597-620.
Henderson, P. (1984): General geochemical properties and abundances of the rare earth elements. In: *Rare earth element geochemistry. Developments in geochemistry*, 22 (P. Henderson, Ed.). Elsevier. Amsterdam: 1-29.

Maravic, H. V. y Morteani, G. (1980): *Lithos*, 13: 159-170.
Möller, P. (1989): REE(Y), Nb and Ta enrichment in pegmatites and carbonatite-alkalic rock complexes. In: *Lanthanides, Tantalum and Niobium*. (P. Möller, P. Cery & F. Saupé, Eds.). Springer-Verlag, Berlín, Heidelberg: 120-144.

Woolley, A. R. y Kempe, D. R. C. (1989): Carbonatites: nomenclature, average chemical composition and element distribution. In: *Carbonatites: Genesis and evolution* (K. Bell, Ed.). Unwin Hyman, London: 1-14.

Recibido el 1 de octubre de 1991
Aceptado el 25 de octubre de 1991

Isopiezas y direcciones del flujo regional en el acuífero carbonatado mesozoico del margen Ibérico de la Depresión del Ebro

Equipotential levels and groundwater flow directions in the mesozoic carbonated aquifer from the Iberian chain into the Ebro Tertiary basin

J. A. Sánchez Navarro; J. San Román; J. L. de Miguel; A. Pérez y F. J. Martínez Gil (*)

(*) Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad. 50009 Zaragoza.

ABSTRACT

Groundwater discharge from the Iberian Chain into the Ebro tertiary basin takes place through the mesozoic carbonated rocks. These rocks extend from La Rioja to the Mediterranean sea. In this work, it is shown the Jurassic aquifer equipotential levels map as well as the groundwater flow directions. The recharge and discharge areas, the aquifer-river relationship, and the hydrogeological limits of the aquifer are also shown.

Key words:

Geogaceta, 11 (1992), 122-124.
ISSN: 0213683X

Introducción

En el contacto entre la Cordillera Ibérica y la Depresión del Ebro, Sánchez Navarro *et al.* (1990) describen un conjunto de manifestaciones hidrogeológicas como son la existencia de manantiales de caudal elevado y constante, composición química predominantemente sulfatada cálcica, temperatura de emergencia anormalmente alta, bajo contenido en tritio, etc..., que indican la presencia de un flujo subterráneo de tipo regional.

En el presente artículo se pretende dar una nueva aportación a este tema, consistente en mostrar la disposición espacial de los valores hidráulicos del acuífero carbonatado mesozoico y con ello establecer las principales direcciones de los flujos subterráneos regionales.

El acuífero carbonatado mesozoico

Los materiales liásicos, constituidos por brechas dolomíticas y dolomías oquerosas, habitualmente conocidas como carniolas, así como otras formaciones carbonatadas del Jurásico medio y superior (Formación Carbonatada de Chelva y Formación Calizas con Oncolitos de Higuieruelas) constituyen el nivel de drenaje regional en la Cordillera Ibérica en su contacto con la Depresión del Ebro.

La zona de recarga de este acuífero la integran sus afloramientos, extensos en la zona de estudio, así como otros materiales de menor permeabilidad que los recubren (detriticos del Cretácico inferior y Terciario). En ocasiones, ríos procedentes del interior de la Cordillera Ibérica, al atravesar este acuífero carbonatado pierden total o parcialmente sus

aguas (ríos Aguasvivas, Grío, Huecha, Isuela, Huerva, etc...) constituyendo áreas localizadas de fuerte recarga.

La descarga del flujo regional se concentra en una serie de manantiales, topográfica, estratigráfica y estructuralmente relacionados. De Este a Oeste: Los Fontanales en el río Guadalupe (cota: 420 m.s.n.m., caudal: 1.000 l/s.); los manantiales de la Virgen de Arcos y Los Estrechos (c: 440 y 400 m., respectivamente, Q: 900 l/s. en conjunto); de Cueva Foradada (c: 550 m.) y de Alcaine (c: 600 m., Q: 250 l/s.) en el río Martín. Los manantiales de La Cultía (c: 335 m.; Q: 50 l/s.), Codo (c: 335 m., Q: 80 l/s.) y Virgen de Mediana (c: 310 m.; Q: 175 l/s.) constituyendo este último el nacimiento del río Ginel. En el río Huerva el manantial de la Virgen de Muel (c: 400 m., Q: 100 l/s.). En el valle del Jalón, los Ojos de Pon-

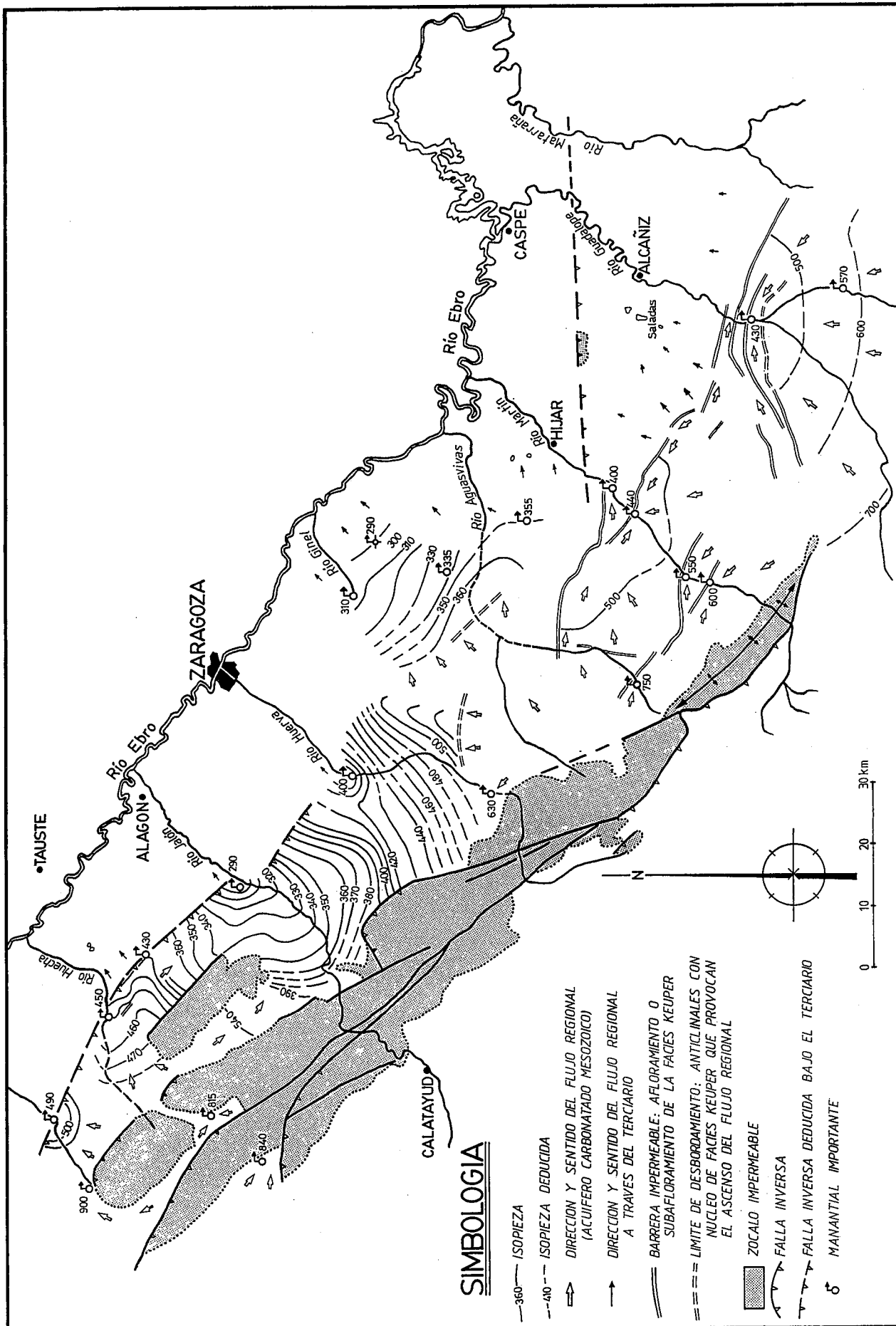


Fig. 1.—Isopiezas y direcciones de flujo regional en el acuífero carbonatado mesozoico.

Fig. 1.—Equipotential levels and groundwater regional flow directions the mesozoic carbonated aquifer.

til y Torofiel (c: 290 m., Q: 500 l./s. a los que habría que añadir aportes directos al río). Manantiales de Santa Ana (c: 430 m., Q: 30 l./s.), Borja (c: 450 m., Q: 500 l./s.) y San Juan (c: 490 m., Q: 150 l./s.) en los ríos Huecha y Queiles.

Resultados

Las mediciones de nivel piezométrico realizadas en más de 100 sondeos, algunos de ellos surgentes (Vinaceíte, Fuentes, Botorríta, Rueda de Jalón, Pozuelo, Alberite, Ainzón, etc...), junto con los datos topográficos de las áreas de descarga han permitido la elaboración del mapa de la figura 1. Los datos proceden de los trabajos de: De Miguel, J. L. (1985); De Miguel J. L. *et al.* (1989); Martínez Gil *et al.* (1988); Rada, J. R. y Rubio, L. (1989); San Román, J. (1990); San Román *et al.* (1989).

Como puede observarse los datos de potencial no son homogéneos en toda la zona. Así, al NW del río Huerva se ha podido trazar un conjunto denso de líneas isopiezas (algunas de ellas deducidas); mientras que hacia el SE (ríos Martín y Guadalope) la escasez de puntos de observación ha permitido únicamente el trazado de la dirección fundamental del flujo.

Para la comprensión de las direcciones de flujo es fundamental el establecimiento de los límites hidráulicos del acuífero, especialmente los que hemos denominado: zócalo impermeable, barreras impermeables y límites de desbordamiento (ver fig. 1).

El zócalo impermeable está constituido por los materiales Paleozoicos y Triásicos que limitan el acuífero según una orientación NW-SE que coincide con la dirección de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica. Estos materiales son también el sustrato impermeable del acuífero.

Los materiales en facies Keuper (arcillas y evaporitas) constituyen en la Cordillera Ibérica el núcleo de las principales estructuras anticlinales. Cuando el núcleo de estas estructuras aflora en superficie (o subaflora) actúa como una barrera impermeable, dando lugar a importantes surgencias: Los Fontanales, manantiales de Virgen de Arcos, Alcaine, etc...

Otra estructura que constituye un límite impermeable son los cabalgamientos de dirección Ibérica que en el

Sector Occidental ponen en contacto los materiales acuíferos considerados con los materiales del Terciario de la Cuenca del Ebro que tienen una baja permeabilidad. En relación a estos cabalgamientos se localizan las siguientes surgencias: Ojos de Pontil y Torofiel, Santa Ana, Borja, Ojo de San Juan.

Cuando los límites impermeables (núcleo anticlinal, cabalgamiento) quedan en profundidad se provoca un acceso del flujo regional que en ocasiones se materializa en el desbordamiento de la estructura dando lugar a un fuerte gradiente piezométrico en el flanco rebosado del anticlinal; a esta situación se ha denominado límite de desbordamiento.

Los ríos de caudal permanente deberían constituir un límite hidráulico para el acuífero considerado, pero como puede apreciarse en la fig. 1 esto no sucede en todos los ríos ibéricos que atraviesan el acuífero, ni tampoco en el río Ebro en todo su recorrido.

El río Ebro sólo constituye un posible límite hidráulico del acuífero en la zona del río Ginel: además del manantial que da origen a este pequeño afluente del Ebro (Virgen de Mediana) se han detectado manantiales en el mismo cauce del río (Fuentes de Ebro) que podrían estar en relación con el acuífero mesozoico.

De los ríos Ibéricos que aparecen en la fig. 1 puede observarse que tanto el Jalón como el Martín y el Guadalope constituyen en todo su recorrido claros límites hidráulicos del acuífero, de manera que el flujo subterráneo no los atraviesa. Otros ríos (Aguasvivas y Huerva especialmente) al tener su cauce topográficamente por encima de la superficie piezométrica del acuífero no constituyen límites hidráulicos, lo que provoca pérdidas de agua por infiltración. El caso más espectacular lo constituye el río Aguasvivas en el que la magnitud de las pérdidas, tanto en su cauce como en el vaso del embalse de Moneva, ha hecho que se construya un canal de más de 15 km. de longitud.

Estos hechos muestran la escasa coincidencia que en este sector de la Ibérica existe entre la divisoria de aguas superficiales y subterráneas. Así, el manantial de la Virgen de Arcos en el río Martín drena parte de la cuenca del río Aguasvivas; el manantial de la Virgen de Mediana en el río Ginel drena también, parcialmente, la cuenca del Aguasvivas; en el cauce del

río Jalón descargan aguas infiltradas tanto en la cuenca del Huerva, como en las del Huechaseca (zona de Fuen-dejalón) e Isuela (sinclinal de la Cabota). Finalmente, el manantial de San Juan en la cuenca del Queiles recibe aportes de la del Huecha.

El trazado de las líneas isopiezas permite estimar los gradientes hidráulicos, que en toda el área considerada son, en general, bajos, del orden del 3 al 6 por mil. Esto es una consecuencia de la elevada permeabilidad del acuífero Mesozoico, el cual actúa como «dren de fondo» de todos los materiales suprayacentes; así en la zona de recarga su nivel piezométrico aparece siempre muy por debajo (a veces más de 100 m.) del que presentan los materiales suprayacentes. Sin embargo, en las zonas de descarga el nivel piezométrico del acuífero Mesozoico es más alto que el de otras formaciones geológicas dispuestas por encima de él.

Agradecimientos

Este trabajo está incluido dentro del Proyecto PB89-0344 de la CICYT.

Referencias

- De Miguel, J. L. (1985): *Estudio hidrológico comarcal de Aragón: La Cuenca del río Martín* 4 tomos. Univ. Zaragoza (inédito).
- De Miguel, J. L.; Martínez Gil, F. J.; Sánchez Navarro, J. A. y San Román, J. (1989): *10th IAS Regional Meeting in Sedimentology*, pp. 70-71, Budapest.
- Martínez Gil, F. J.; Sánchez Navarro, J. A.; De Miguel, J. L. y San Román, J. (1988): In: *Sistemas lacustres neógenos del margen ibérico de la cuenca del Ebro*. Secret. Public. Univ. de Zaragoza, 57-80.
- Rada, J. R. y Rubio, L. (1989): *Actualización hidrogeológica de la cuenca media y baja del río Queiles (Zaragoza)*. XXIII Curso Int. Hidrol. Subt. 50 pp. Barcelona (inédito).
- Sánchez Navarro, J. A.; San Román, J.; De Miguel, J. L. y Martínez Gil, F. J. (1990): *Geogaceta*, 8, 115-118.
- San Román, J. (1990): *Estudio hidrogeológico de la cuenca del río Huecha (Zaragoza)*. Tesis de licenciatura, inédita, 127 pp.
- San Román, J.; Sánchez Navarro, J. A. y Martínez Gil, F. J. (1990): *Turiaso*, IX, 203-224.

Recibido el 1 de octubre de 1991
Aceptado el 25 de octubre de 1991