

# El drenaje subterráneo de la Sierra de Cameros en la Cuenca del Ebro y su implicación en la génesis de depósitos marginales evaporíticos miocenos

*The Regional Groundwater Discharge from the Cameros Chain into the Ebro Tertiary Basin and its implications in the formation of miocene marginal evaporitic units*

P. Coloma López, F. J. Martínez Gil y J. A. Sánchez Navarro

Cátedra de Hidrogeología Departamento de Ciencias de La Tierra. Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza.

## ABSTRACT

*In the northern margin of the Cameros Basin miocene evaporitic units are found related with shallow saline lakes. The lakes were fed principally by groundwater loaded with dissolved salts (calcic-sulphate waters) from the Lias and Keuper evaporite formations. Durin Miocene, Ebro Basin was a endorheic depression, so the dissolved salts that were carried by groundwater had to precipitate inside the basin; groundwater discharge not be concentrated in a few big springs but it should be distributed in humid areas with evaporitic precipitation.*

**Key words:** *miocene evaporitic units, shallow saline lakes, groundwater discharge, calcic-sulphate waters.*

*Geogaceta 20 (6) (1996), 1264-1266  
ISSN:0213683X*

## Introducción

En la génesis de depósitos evaporíticos pocas veces se tienen en cuenta como proceso de transporte de sustancias en disolución y por tanto de aporte de materia a las aguas subterráneas; en este sentido destacan los trabajos de Williams (1970), Rouse & Sherif (1980), Burne *et al.* (1980), Purser *et al.* (1987), Magaritz (1987) y especialmente los de Sánchez Navarro *et al.* (1987) y Martínez Gil *et al.* (1989) para el contacto Ibérica/Ebro. Todos ellos constituyen excelentes ejemplos de movilización de sales que generan o contribuyen a la formación de depósitos evaporíticos.

Las características sedimentológicas y la especial ubicación de algunos de los depósitos evaporíticos miocenos ubicados en el sector Riojano de la Cuenca del Ebro indican que en su génesis han contribuido notablemente los flujos subterráneos; en este trabajo pretendemos caracterizar esos flujos y ponerlos en relación con los depósitos que generan.

## Situación geológica. Ubicación de los depósitos evaporíticos

En este sector encontramos dos unidades geológicas: las Sierras de Cameros (al S) y la Cuenca Terciaria del Ebro (al N) (ver figura 1). Las Sierras de Cameros

presentan una potente serie sedimentaria de unos 5000 m de espesor (Mas, *et al.*, 1993), posee una estructura de sinclinal laxo, presentando las mayores deformaciones en el borde N.E. donde los materiales del Weald se ponen en contacto con los materiales terciarios de la Cuenca del Ebro por medio de un frente de cabalgamiento de varias decenas de kilómetros de longitud (Guimera y Alvaro, 1990; Casas, 1992; Mas *et al.*, 1993) con una orientación que pasa de NW-SE a W-E.

La serie terciaria abarca desde el Oligoceno hasta el Mioceno superior. El espesor de los depósitos terciarios supera, en el llamado "Surco Riojano", los 4000-5000 m hecho comprobado por sondeos de investigación de manera que la discordancia de la base de la serie terciaria se sitúa entre 3000 y 5000 m por debajo de la superficie y se prolonga lateralmente más de 20 kilómetros bajo las unidades cabalgantes de Cantabria al N y Cameros al S. Estos materiales están poco deformados, y conforman a grandes rasgos un sinclinal laxo de escala kilométrica y dirección WNW-ESE que se denomina "Sinclinal de La Rioja Baja" (Casas, 1992).

La sedimentación evaporítica continental en este sector de la Cuenca del Ebro ha sido profusamente estudiada, destacando los siguientes trabajos: Pérez *et al.* (1989); Salvany (1989a, b; 1990);

Muñoz y Salvany (1990); Ortí y Salvany (1986a, b); Salvany y Ortí (1990).

El trabajo más interesante es el de Salvany *et al.* (1994) que ponen de manifiesto la existencia de depósitos evaporíticos marginales en el contacto entre la Cordillera Ibérica y la Depresión del Ebro depositados durante el final del Mioceno; se trata de las unidades de Ribafrecha, Autol, Grávalos y Ablitas, de las que las tres primeras son el objeto de este trabajo (ver figura 1). Las características más interesantes son la presencia de nódulos de sílex, meganódulos de yeso y yeso primario bioturbado que los autores explican como originadas por una precipitación bajo lámina de agua, como consecuencia de un aporte de aguas subterráneas cargadas de sulfato cálcico y sílice; si bien los autores no describen con precisión los flujos subterráneos.

## Funcionamiento hidrogeológico actual y durante el Mioceno

El funcionamiento hidrogeológico de la Sierra de Cameros y su contacto con la Cuenca del Ebro viene referido básicamente a dos acuíferos carbonatados, separados por una unidad margosa poco permeable y a un sustrato impermeable, que es común a toda la Cordillera Ibérica correspondiente al Triásico superior en

facies keuper (Coloma *et al.*, 1995).

Los dos acuíferos principales son El acuífero carbonatado inferior compuesto por carnioles, calizas y calizas dolomíticas correspondientes a las formaciones Imón, Cortes de Tajuña y Cuevas Labradas, de 100-200 m de potencia; la base de esta unidad la constituyen los materiales impermeables (margo-evaporíticos) en facies Keuper y El acuífero carbonatado superior constituido por las unidades esencialmente calcáreas del Dogger y Malm en facies marinas que corresponden a las formaciones Chelva, Aldealpozo y Torrecilla en Cameros. Su potencia se sitúa en torno a los 300-400 m. Su límite inferior son los materiales margo-calcáreos del Grupo ABlanquejo y el superior los primeros términos de las facies Weald. Los dos acuíferos son cársticos, ambos presentan fisuración importante y el primero de ellos presenta doble porosidad; debido a la gran deformación y densidad de fracturas que presentan se hallan frecuentemente interconectados, de forma que se consideran como una sola unidad acuífera (=acuífero) al verificarse conexión hidráulica entre ellos (si bien esto no ocurre en la parte oriental de la cuenca del Alhama).

La principal componente de la recarga son las transferencias subterráneas procedentes del Weald que constituye un potente y extenso acuitardo -como atestiguan los datos de sondeos y las numerosas fuentes de pequeño caudal existentes-; otra componente de la recarga proviene de las pérdidas de agua que los ríos experimentan al atravesar materiales permeables; así el barranco de Rio-seco (afuente del Iregua) pierde parte de sus aguas en los materiales carbonatados del Dogger (Fm. Carbonatada de Chelva), de la misma manera que el Leza al atravesar materiales del Weald aguas arriba de Soto de Cameros, el Jubera pierde agua en el Jurásico entre Robres del Castillo y Jubera; el barranco de San Martín (afuente del Jubera) lo hace en el contacto entre los Grupos Enciso y Tera (facies Weald); el barranco de Cantares (intercuenca Alhama Cidacos) pierde sus aguas al atravesar los materiales jurásicos del frente de las sierras y el Añamaza pierde agua al atravesar materiales del Grupo Oncala aguas abajo de Dévanos y en el embalse de Valdegutur. La recarga por infiltración directa del agua de lluvia es poco importante dada la reducida extensión de afloramientos permeables.

La descarga del agua subterránea tiene lugar tanto en manantiales aislados como a lo largo de los ríos y barrancos (cursos efluentes); las más importantes se

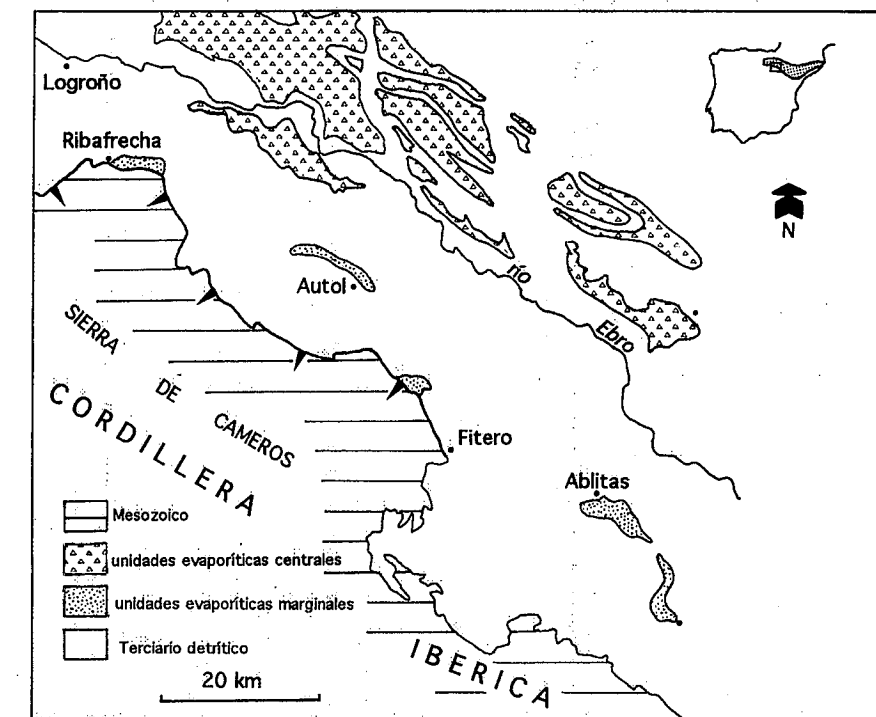


Fig. 1.- Distribución regional de afloramientos de evaporitas continentales en la parte occidental de la Cuenca del Ebro (modificado de Salvany *et al.*, 1994)

Fig. 1.- Regional distribution of the Tertiary nonmarine evaporite outcrops in the western Ebro Basin (after Salvany *et al.*, 1994)

producen a lo largo de los cauces de los ríos y barrancos en los puntos en que atraviesan el frente cabalgante al que se asocian los afloramientos de materiales permeables (a excepción de la zona occidental -Ortigosa- y oriental -cuenca media-alta del Añamaza-), estas zonas son las siguientes: río Iregua entre Pradillo y Panzares, río Leza entre Soto de Cameros y Leza de Río Leza, Jubera en Jubera, barranco de San Martín en Jubera, Río de Santa Engracia en Santa Engracia de Jubera, Cidacos en Arnedillo, Barranco de Cantares, Alhama y Añamaza en Baños de Fitero, otros puntos de descarga son: río Albercos en Ortigosa, río Alhama entre Cigudosa y San Felices y río Añamaza entre Añavieja y Valdegutur; además también se produce a través de manantiales de caudal más o menos importante, entre los que destacamos: fuentes de Montenegro de Cameros (35 l/s); fuentes de Ortigosa (75 l/s); manantial de San Pedro (50 l/s); manantial del Restauero (160 l/s); Túneles de los Moros (55 l/s); manantiales termales de Arnedillo (21 l/s) y Baños de Fitero (50 l/s) y manantiales de Añavieja-Dévanos (300 l/s).

Según cálculos efectuados por nosotros (Coloma, 1996) como media las descargas subterráneas asociadas al contacto Ibérica/Ebro suponen 37 hm<sup>3</sup>/año.

El funcionamiento hidrogeológico

durante el Mioceno es similar al actual, si bien la falta de una red fluvial profunda y estructurada haría que una parte importante del flujo subterráneo procedente de la Sierra de Cameros continuara su flujo a través de los materiales de la Depresión del Ebro, descargando sus aguas en áreas de rezume y lagos efímeros donde precipitarían las evaporitas. La Cuenca del Ebro era una depresión endorreica que daba lugar a la precipitación de evaporitas dentro de la misma por lo que tiene lugar un reciclaje de evaporitas del Keuper y Lias inferior demostrado mediante estudios isotópicos realizados por Birbaum & Coleman (1979) y Utrilla *et al.* (1991). La consideración de los flujos subterráneos como agentes de transporte de masa en disolución y por tanto implicados en ese reciclaje puede ayudar a explicar estos depósitos. Este hecho ha sido señalado en otros sectores del contacto Ibérica/Ebro por Sánchez Navarro *et al.* (1987) y Martínez Gil *et al.* (1989).

#### Aspectos hidroquímicos

Las aguas procedentes del acuífero carbonatado mesozoico presentan elevadas mineralizaciones, excepto en la cuenca del Iregua que son mucho más bajas, con un residuo seco superior a 1000 mg/l, predominando composiciones sulfatadas

cálcicas, originada por la presencia de materiales anhídricos solubles dentro de las formaciones del Lias, además de en el Keuper. Algunos puntos presentan un carácter clorurado sódico, especialmente las surgencias termales de Baños de Fitero y Arnedillo, donde las salinidades alcanzan 5000 y 7000 mg/l respectivamente.

En este sentido si tenemos en cuenta la concentración de sulfato cálcico y la aportación media de las surgencias podemos evaluar la cantidad de sulfato cálcico evacuado actualmente hacia la Cuenca del Ebro en 17.000 tm/año. Durante el Mioceno gran parte de estos aportes se harían de manera subterránea hacia la cuenca del Ebro, contribuyendo considerablemente a la sedimentación evaporítica.

Por otra parte los elevados contenidos en sílice que presentan las aguas (especialmente las termales) es coherente con la existencia de nódulos de sílice en los depósitos evaporíticos descritos por Salvany *et al.* (1994).

### Conclusiones

El drenaje subterráneo de la Sierra de Cameros tiene lugar mediante dos acuíferos carbonatados profundos, separados por una unidad margosa poco permeable cuyo sustrato impermeable corresponde al Triásico superior en facies Keuper.

Actualmente la descarga del agua subterránea tiene lugar tanto en manantiales aislados como a lo largo de los ríos y barrancos (cursos efluentes) siendo del orden de 37 hm<sup>3</sup>/año. Durante el Mioceno el funcionamiento hidrogeológico es similar al actual, si bien la falta de una red fluvial profunda y estructurada haría que una parte importante del flujo subterráneo procedente de la Sierra de Cameros continuara su flujo a través de los materiales de la Depresión del Ebro, descargando sus aguas en áreas de rezume y lagos efímeros donde precipitarían las evaporitas.

Las aguas procedentes del acuífero carbonatado mesozoico presentan en general elevadas mineralizaciones y composición sulfatada cálcica, originada por la presencia de materiales anhídricos solubles dentro de las formaciones del Lias, además de en el Keuper. La cantidad de sulfato cálcico evacuado actualmente hacia la Cuenca del Ebro es del orden de 17.000 tm/año lo que da idea de la importancia de las aguas subterráneas en la génesis de los depósitos evaporíticos mar-

ginales de la Sierra de Cameros. Los elevados contenidos en sílice que presentan las aguas (especialmente las termales) es coherente con la existencia de nódulos de sílice en los depósitos evaporíticos.

### Agradecimientos

A la DGICYT por financiar el Proyecto PB89-0344 dentro del cual se incluye este trabajo. P. Coloma es becario del Instituto de Estudios Riojanos (IER).

### Referencias

- Birbaum, S.J. & Coleman, M. (1979): *Chemical Geology*, (25): 511-531.
- Burne, A.M.; Bauld, J. & De Deckker, P. (1980): *Journal In Sedimentary Petrology*, 50, 281-293.
- Casas Sainz, A.M. (1992): *Zubía, monográfico* núm. 4, 220 pp.
- Coloma, P. (1996): *Jornadas sobre las Aguas Subterráneas en las Cuencas del Ebro, Júcar e Internas de Cataluña y su papel en la Planificación Hidrológica*, 5 pp. Lleida.
- Coloma, P.; Sánchez Navarro, J.A. y Martínez Gil, F.J. (1995): *Geogaceta*, 18, 68-71.
- Coloma, P., Martínez Gil, F.J. y Sánchez Navarro, J.A. (1995): *Hidrogeología y Recursos Hidráulicos*, XX, 171-178.
- De Miguel, J.L.; Martínez Gil, F.J.; Sánchez Navarro, J.A. y San Román, J. (1989): *10th IAS Regional Meeting in Sedimentology*. Budapest, pp.70-71.
- Guimera, J. y Alvaro, M. (1990): *Bull. Soc. Géol. de France*, 6 (II), 339-348.
- Magaritz, M. (1987): *Chemical Geology*, 62, 239-250.
- Martínez Gil, F.J.; Sánchez Navarro, J.A.; De Miguel, J.L. y San Román (1989): In: *Sistemas lacustre neógenos del margen ibérico de la cuenca del Ebro*. Secret. Public. Univ. de Zaragoza, pp. 57-80.
- Mas, J.R.; Alonso, A. y Guimera, J. (1993): *Rev. Soc. Geol. España*, 6 (3-4), 129-144.
- Muñoz, A. y Salvany, J.M. (1990): En: Ortí, F. y Salvany, J.M., eds., *Formaciones evaporíticas de la Cuenca del Ebro y Cadenas periféricas, y de la Zona de Levante*. Universitat de Barcelona, pp. 123-127.
- Ortí, F. (1990): En: Ortí, F. y Salvany, J.M., eds., *Formaciones evaporíticas de la Cuenca del Ebro y Cadenas periféricas, y de la Zona de Levante*. Universitat de Barcelona, pp. 62-66.
- Ortí, F. Y Salvany, J.M. (1986a): *Programa de investigación de las formaciones evaporíticas de Navarra. Memoria Proyecto Gobierno de Navarra: vol. I Estudio Geológico*, 121 p.; vol. II Estudio geoeconómico, 126 p.; 2 anejos.
- Ortí, F. Y Salvany, J.M. (1986b): *Abstract VII Regional Meeting of Sedimentology* I.A.S. Krakov, 135-137.
- Ortí, F.; Rosell, L.; Utrilla, R.; Inglés, M.; Pueyo, J. y Pierre, C. (1988): *II Congreso Geológico de España*. Comunicaciones (I), 421-424.
- Purser, B.H.; Soliman, M. & Rabet, A. (1987): *Red Sea Sedimentary Geology*, 53, 247-267.
- Pérez, A.; Muñoz, A.; Pardo, G. y Villeña, J. (1989): *Acta Geológica Hispánica*, 24, 243-257.
- Rouse, J.E. & Sherif, N. (1980): *Nature*, 285, 470-472.
- Salvany, J.M. (1989 a): *Las formaciones evaporíticas del Terciario continental de la Cuenca del Ebro en Navarra y La Rioja. Litoestratigrafía, petrología y sedimentología*. Tesis Doctoral inédita, Universitat de Barcelona, 397 pp.
- Salvany, J.M. (1989 b): *Acta Geológica Hispánica*, v.24, pp. 231-241.
- Salvany, J.M. (1990): En: Ortí, F. y Salvany, J.M., eds., *Formaciones evaporíticas de la Cuenca del Ebro y Cadenas periféricas, y de la Zona de Levante*. Universitat de Barcelona, pp.106-116.
- Salvany, J.M. Y Ortí, F. (1990): En: Ortí, F. y Salvany, J.M., eds., *Formaciones evaporíticas de la Cuenca del Ebro y Cadenas periféricas, y de la Zona de Levante*. Universitat de Barcelona, pp. 294-297.
- Salvany, J.M., Muñoz, A. y Pérez, A. (1994): (lower Miocene). Spain. *Journal of Sedimentary Research*, v. A64, no 2, pp. 190-203.
- Sánchez Navarro, J.A.; De Miguel, J.L. y Martínez Gil, F.J. (1987): *II Congreso de Geoquímica de España*. Soria. pp. 3-8.
- Sánchez Navarro, J.A.; San Román, J.; De Miguel, J.L. y Martínez Gil, F.J. (1990): *Geogaceta*, 8, pp. 115-118.
- Sánchez Navarro, J.A.; San Román, J.; De Miguel, J.L.; Pérez, A.; y Martínez Gil, F.J. (1992): *Geogaceta*, 11, pp. 122-124.
- Utrilla, R.; Ortí, F.; Pierre, C. & Pueyo, J. J. (1991): *Rev. Soc. Geol. España*, 4, 353-360
- Williams, R.E. (1970): *A.A.P.G. Bulletin*, 54(VII), 1290-1295.