

Fábricas magnéticas en materiales sin-diapíricos del encajante (N cuenca Vasco-Cantábrica)

Magnetic fabrics of syn-diapiric overburden sequences (N Basque-Cantabrian basin)

R. Soto¹, E. Beamud^{2,3}, E. Roca³, E. Carola³, Y. Almar⁴ y F. Escosa³

1 IGME. Unidad de Zaragoza. C/Manuel Lasala 44, 9B, 50006 Zaragoza. r.soto@igme.es

2 Lab. Paleomagnetisme CCI/TUB-ICTJA CSIC. ICT "Jaume Almera", Solé i Sabarís, s/n, 08028 Barcelona. betbeamud@ub.edu

3 Grup Geodinàmica i Anàlisi de Conques, Univ. Barcelona, Zona Univ. Pedralbes, 08028 Barcelona. eduardroca@ub.edu, eloicarola@gmail.com, fredescosa@gmail.com

4 ICT "Jaume Almera", CSIC, Solé i Sabarís, s/n, 08028 Barcelona. yleniaalmar@yahoo.es

Resumen: Este trabajo muestra los resultados obtenidos tras realizar el análisis de la Anisotropía de la Susceptibilidad Magnética (ASM) de 29 estaciones realizadas en margas, margas carbonatadas, areniscas finas y lutitas del intervalo Aptiense-Albiense. Las estaciones se localizan en el parte septentrional del sector central de la cuenca Vasco-Cantábrica. Quince estaciones se realizaron en los materiales sin-diapíricos de los diapiros de Bakio y Bermeo, concretamente en sus secuencias halocinéticas, y 14 estaciones en los materiales de la misma edad no afectados por los diapiros con el fin de comparar los resultados. Los parámetros Km, Pj y T muestran valores propios de materiales débilmente deformados y varían únicamente en función de la litología. La foliación magnética de prácticamente todas las estaciones es paralela a la estratificación, sugiriendo que responde a procesos de depósito y compactación. Mientras que la lineación magnética, contenida en el plano de estratificación, muestra diferencias de orientación en función de si la estación está en secuencias halocinéticas o no. En concreto, en el diapiro de Bakio, ésta se dispone de forma paralela a sus paredes sugiriendo un posible control de la misma durante el crecimiento del diapiro.

Palabras clave: ASM (Anisotropía de la Susceptibilidad Magnética), lineación magnética, tectónica salina, secuencias halocinéticas, diapiro de Bakio.

Abstract: This work shows the results obtained after the analysis of the Anisotropy of Magnetic Susceptibility (AMS) of 29 sites sampled on Aptian-Albian marls, marly limestones, fine sandstones and lutites. The study area is located on the northern part of the central sector of the Basque-Cantabrian basin. Fifteen sites were sampled on syn-diapiric rocks related to the Bakio and Bermeo diapirs, on their halokinetic sequences, whereas 14 sites were done on rocks from the same age but do not affected by diapir growth in order to compare them. The parameters Km, Pj and T show typical values of weakly deformed rocks and only vary in function of lithology. The magnetic foliation of almost all sites is parallel to bedding, suggesting it reflects depositional and compaction processes. Whereas the orientation of the magnetic lineation, always contained on the bedding plane, varies between sites sampled on the halokinetic sequences and the rest of sites. In detail, in the Bakio diapir, the magnetic lineation is parallel to the diapir flanks suggesting a possible control related to its growth.

Key words: AMS (Anisotropy of Magnetic Susceptibility), magnetic lineation, salt tectonics, halokinetic sequences, Bakio diapir.

INTRODUCCIÓN

El análisis de la Anisotropía de la Susceptibilidad Magnética (ASM) representa una excelente técnica ampliamente utilizada para describir la petrofábrica de cualquier tipo de roca (Tarling y Hrouda, 1993). En materiales deformados es muy útil ya que se puede usar tanto en ambientes compresivos como extensivos, incluso en ausencia de marcadores visibles de la deformación (Mattei et al., 1997).

De entre todas sus aplicaciones, recientemente se ha demostrado su éxito para caracterizar flujos diapíricos y/o la deformación interna relacionada con la evolución

de cuerpos diapíricos salinos en materiales del interior de estructuras salinas (Soto et al., 2014; Santolaria et al., 2015). Siguiendo esta línea de investigación, en este trabajo aplicamos el estudio de la ASM a las rocas sin-diapíricas mayoritariamente del encajante del diapiro de Bakio (cuenca Vasco-Cantábrica, N España). El objetivo final es analizar cómo la fábrica magnética en este tipo de materiales responde al crecimiento del diapiro, estudio no realizado previamente.

CONTEXTO GEOLÓGICO

El área de estudio se sitúa en el margen N del sector central de la cuenca Vasco-Cantábrica (Fig. 1). La

cuenca Vasco-cantábrica, en el Pirineo Occidental, se formó durante el Mesozoico en relación a la apertura del Atlántico Norte (García-Mondéjar, 1996) y se invirtió a partir del final del Cretácico Superior hasta el Eoceno en el contexto de la orogenia Pirenaica (Gómez et al., 2002).

La zona de estudio se caracteriza por la presencia de varios diapiros (diapiro de Bakio, Bermeo, Guernica y Mungia) formados por sales y lutitas Triásicas (facies Keuper) y flanqueado por materiales Aptienses-Albienses sin-diapíricos definidos como secuencias halocinéticas (ver definición en Giles y Lawton, 2002) por Ferrer et al. (2014) y Poprawski et al. (2016), entre otros (Fig. 2). En concreto, el diapiro de Bakio presenta una orientación NNE-SSW y su estructura Mesozoica se ha preservado sin apenas reactivación terciaria (Poprawski et al., 2016). Ésta es una de las razones de elegirlo para analizar cómo sus materiales sin-diapíricos responden, en términos de su petrofábrica, al crecimiento del diapiro.

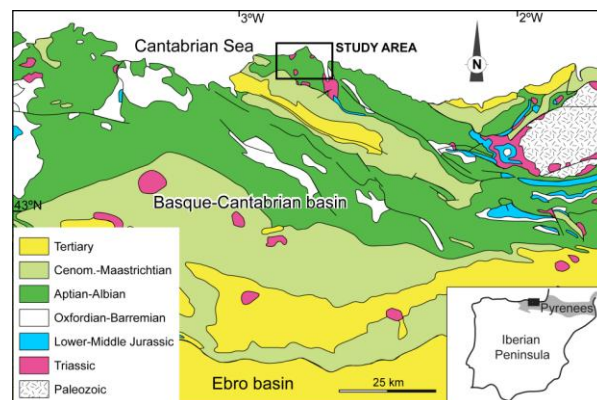


FIGURA 1. Situación de la zona de estudio.

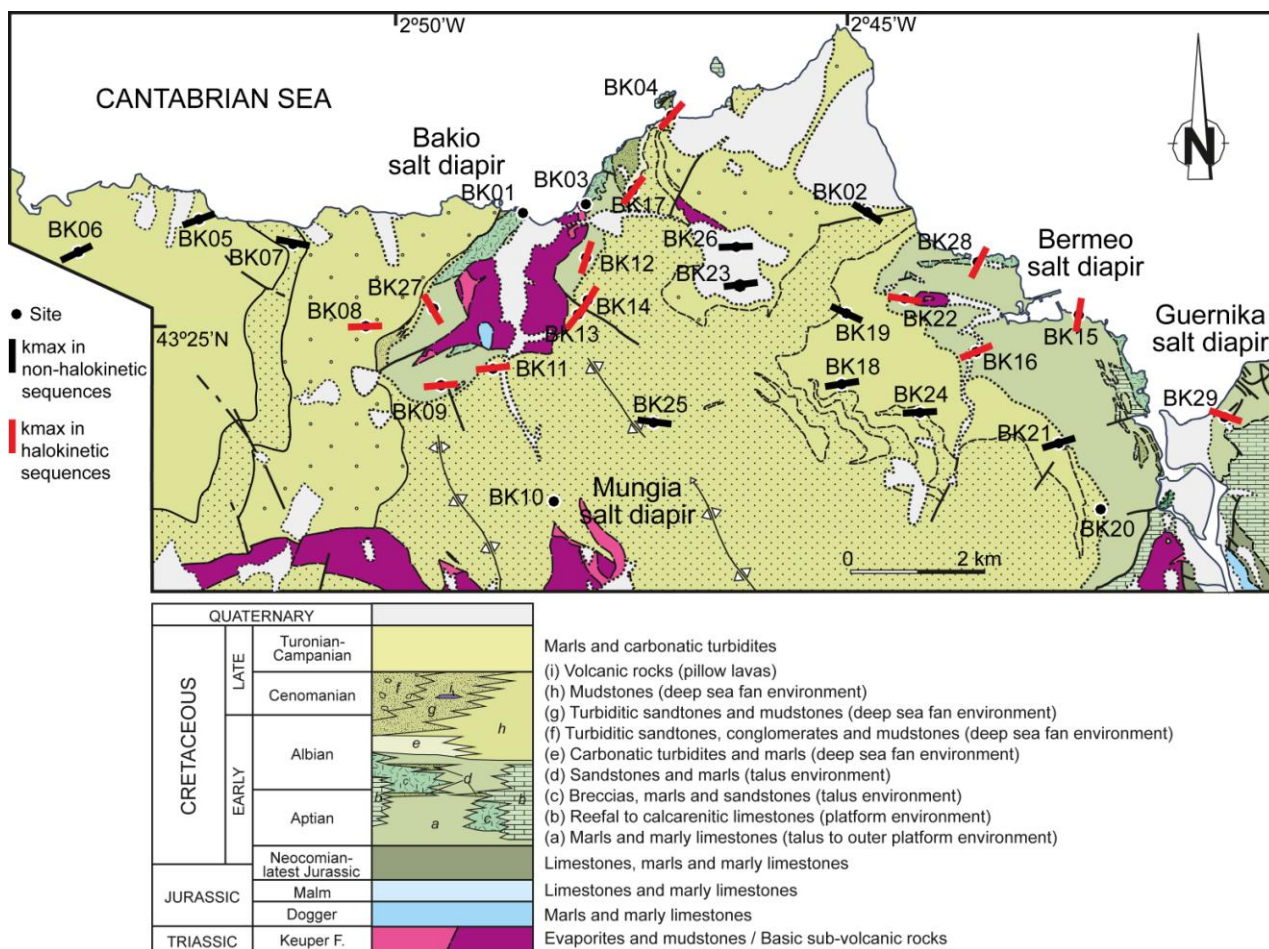


FIGURA 2. Mapa geológico de la zona de estudio con la orientación de la lineación magnética (después de la corrección tectónica). Modificado de Mapa Geológico del País Vasco a escala 1:25.000 (EVE).

METODOLOGÍA

En este trabajo se ha analizado la ASM de 29 estaciones. Todas ellas se realizaron en margas, margas carbonatadas, areniscas finas y lutitas del intervalo Aptiense-Albiense. Del total de estaciones, 11 estaciones se realizaron en las secuencias sin-diapíricas al diapiro de Bakio, 4 en las secuencias sin-diapíricas al diapiro de Bermeo (situado al E del diapiro de Bakio) y 14 estaciones en los materiales de la misma edad no afectados por los diapiros (Fig. 2).

El análisis de la ASM se realizó en un susceptibilímetro Kappabridge KLY-3 del Laboratorio de Fábricas Magnéticas de la Universidad de Zaragoza. El análisis estadístico para obtener la magnitud y orientación de los ejes del elipsoide magnético, los parámetros Pj (grado de anisotropía) y T (parámetro de forma del elipsoide) se realizó siguiendo el método de Jelinek (Jelinek, 1977).

RESULTADOS

Los valores de la susceptibilidad magnética (Km) varían entre 50 y 412×10^{-6} SI. Los elipsoides magnéticos son predominantemente oblatos y el grado de anisotropía Pj varía en función de la litología de las estaciones muestreadas (Fig. 3), independientemente de si están o no en las secuencias halocinéticas de los cuerpos diapíricos estudiados. Así, mientras las margas y areniscas finas muestran un comportamiento similar con Pj variables de hasta 1.100 como media por

estación, las margas carbonatas muestran valores más bajos (Fig. 3). Para todas las litologías muestreadas, el grado de anisotropía Pj es bajo, típico de sedimentos débilmente deformados.

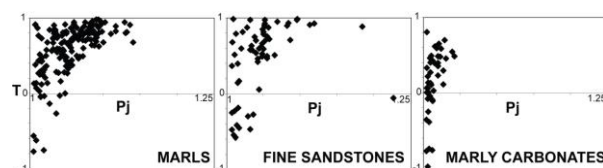


FIGURA 3. Gráficos Pj-T por litologías.

La mayoría de los elipsoides magnéticos presentan una foliación magnética paralela a la estratificación con los ejes menores del elipsoide magnético kmin bien agrupados. La lineación magnética, definida por los ejes mayores del elipsoide magnético kmax, está contenida en el plano de estratificación en la mayoría de estaciones. Únicamente 3 estaciones analizadas presentan un elipsoide magnético oblató sin lineación magnética definida (estaciones BK01, BK10 y BK20; Fig. 4), típico de elipsoides magnéticos que reflejan únicamente una fábrica sedimentaria. Finalmente, la estación BK03 presenta un elipsoide magnético prolato y una foliación magnética no coincidente con el plano de estratificación (Fig. 4) y se ha descartado para posteriores interpretaciones estructurales.

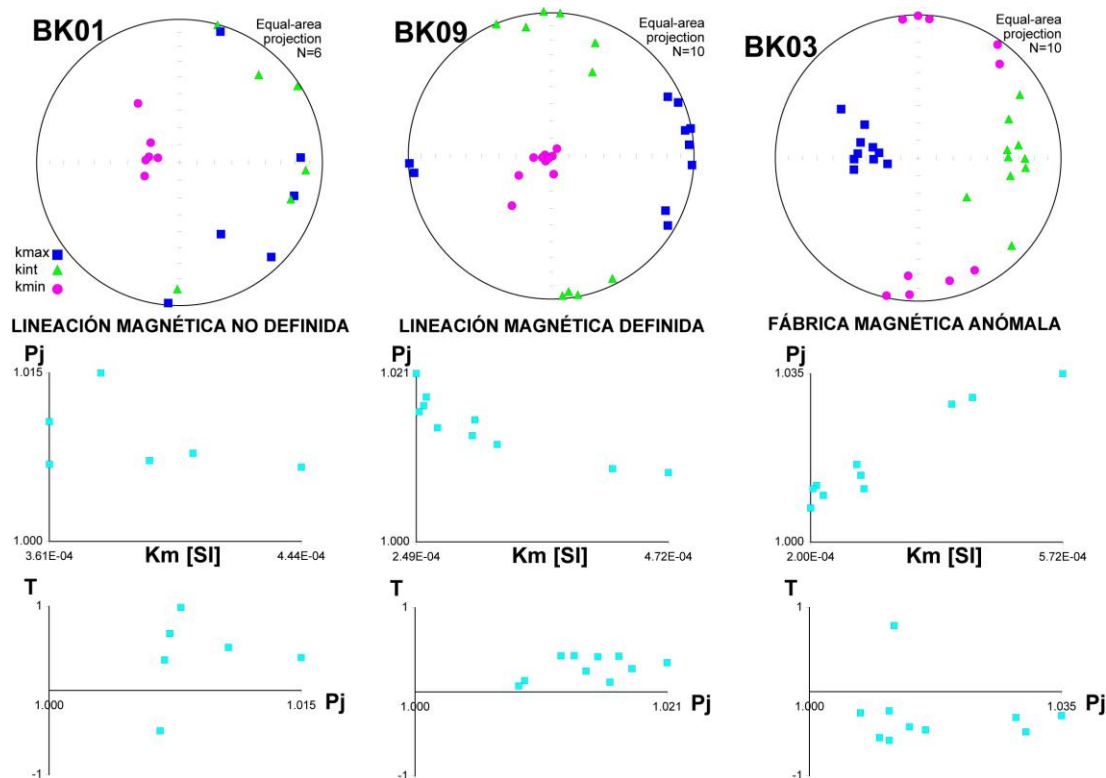


FIGURA 4. Estereogramas (después de la corrección tectónica), gráficos Km-Pj y Pj-T de las estaciones BK01, BK09 y BK03.

La lineación magnética no muestra una orientación preferente común en todas las estaciones realizadas (Fig. 3). Así, las estaciones realizadas en las secuencias halocinéticas del diapiro de Bakio muestran una orientación preferente NE-SW en las estaciones más septentrionales del flanco oriental de dicho diapiro a ENE-SWS en las estaciones más meridionales de dicho flanco. Esta orientación es paralela a la directriz del diapiro como se observa en la Figura 3. En las secuencias halocinéticas del diapiro de Bermeo, sólo la estación BK22 muestra una lineación magnética paralela a la orientación E-W de dicho diapiro. El resto de estaciones, realizadas en materiales Aptienses-Albienses de la zona de estudio no afectados por el crecimiento de los diapiros salinos, muestra una dirección de la lineación magnética variable (Fig. 3), pero que no coincide con la orientación que aparece en las estaciones realizadas en las secuencias halocinéticas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La foliación magnética obtenida en todas las estaciones, excepto en la estación BK03, se interpreta de origen sedimentario debido a procesos de depósito y compactación. Respecto a la lineación magnética obtenida en las estaciones que no se encuentran en las secuencias halocinéticas se interpreta que podría estar relacionada con la dirección de extensión reinante en la cuenca sedimentaria en el momento o ligeramente posterior al depósito de los materiales muestreados y/o teniendo en cuenta la presencia de esquistosidad incipiente en los materiales muestreados, que ésta haya sido modificada posteriormente durante la compresión Terciaria.

Respecto a las estaciones realizadas en las secuencias halocinéticas, para el caso del diapiro de Bakio, la orientación de la lineación magnética se dispone de forma paralela a las paredes de dicho diapiro (Fig. 2). En este tipo de contextos, la orientación de la lineación magnética podría reflejar la deformación que se produce en las secuencias halocinéticas de forma contemporánea al crecimiento del diapiro. Así, una de las características de las secuencias halocinéticas es que se forman por plegamiento forzado (“drape folding”) durante el crecimiento pasivo del diapiro (Giles y Lawton, 2002). Sin embargo, un análisis de cuáles son los principales portadores de la fábrica magnética es necesario para poder dar validez a los resultados obtenidos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado gracias a los proyectos DGES coordinados CGL2014-54118-C2-1-R y CGL2014-54118-C2-2-R. Agradecemos la revisión de Belén Oliva-Urcia.

REFERENCIAS

- Ferrer, O., Arbués, P., Roca, E., Giles, K., Rowan, M.G., De Matteis, M. y Muñoz, J.A. (2014): Effect of Diapir Growth on Synkinematic Deepwater Sedimentation: The Bakio Diapir (Basque-Cantabrian Basin, Northern Spain). *AAPG Annual Convention and Exhibition, Houston, USA*.
- García-Mondéjar, J. (1996): Plate reconstruction of the Bay of Biscay. *Geology*, 24(7): 635-638.
- Giles, K.A. y Lawton, T.F. (2002): Halokinetic sequence stratigraphy adjacent to the el Papalote diapir, northerastern Mexico. *AAPG Bull.*, 86: 823-840.
- Gómez, M., Vergés, J. y Riaza, C. (2002): Inversion tectonics of the northern margin of the Basque Cantabrian Basin. *Bull. Soc. Géol. France*, 173: 449-459.
- Jelinek, V. (1977): *The statistical Theory of Measuring Anisotropy of Magnetic Susceptibility of Rocks and its Application*. Geofyzika, Brno, 88 p.
- Mattei, M., Sagnotti, L., Faccenna, C. y Funicello, R. (1997): Magnetic fabric of weakly deformed clay-rich sediments in the Italian peninsula: Relationship with compressional and extensional tectonics. *Tectonophysics*, 271: 107-122.
- Poprawski, Y., Basile, C., Jaillard, E., Gaudin, M., y Lopez, M. (2016): Halokinetic sequences in carbonate systems: An example from the Middle Albian Bakio Breccias Formation (Basque Country, Spain). *Sedimentary Geology*, 334: 34-52.
- Santolaria, P., Casas, A.M. y Soto, R. (2015): Anisotropy of magnetic susceptibility as a proxy to assess internal deformation in diapirs: case study of the Naval salt wall (Southern Pyrenees). *Geophys. J. Int.*, 202: 1207-1222.
- Soto, R., Beamud, E., Oliva-Urcia, B., Roca, E., Rubinat, M. y Villalaín, J.J. (2014): Applicability of magnetic fabrics in rocks associated with the emplacement of salt structures (the Bicornb-Quesa and Navarrés salt walls, Prebetics, SE Spain). *Tectonophysics*, 629: 319-334.
- Tarling, D.H. y Hrouda, F. (1993): *The Magnetic Anisotropy of Rocks*. Chapman and Hall, London, 217 p.