

Resultados paleomagnéticos del Jurásico de Sierra Harana

Paleomagnetic results of Jurassic rocks from Sierra Harana

J. M. PARÉS, J. O. PASCUAL y M. GARCÉS

Instituto de Ciencias de la Tierra «Jaume Almera».
CSIC, Martí i Franquès s/n, 08028 Barcelona

V. GARCÍA-DUEÑAS y J. C. BALANYA

Departamento de Geodinámica. Universidad de Granada.
Campus Fuentenueva s/n, 18071 Granada

INTRODUCCION Y MARCO GEOLOGICO

Los estudios paleomagnéticos en las Cordilleras Béticas empiezan a ser hoy en día numerosos. Los trabajos realizados hasta el presente tienen en común el que todos ellos indican la existencia de rotaciones, algunas de ellas muy importantes en magnitud, y la mayoría en sentido horario. Los vectores paleomagnéticos determinados han sido utilizados para establecer diferentes modelos cinemáticos. La mayoría de ellos postulan que las rotaciones observadas son acomodadas por el movimiento de fallas de salto en dirección o bien, en otros y no tan numerosos casos, por cabalgamientos. A continuación presentaremos los resultados de un estudio paleomagnético realizado en dos unidades alóctonas, una del Subbético Interno y otra de la Dorsal. El objetivo planteado al iniciar esta investigación fue el determinar las características paleomagnéticas de los materiales elegidos y en segundo lugar establecer la existencia o no de rotaciones.

El área escogida es Sierra Harana, que se encuentra situada a unos 20 km al NNE de Granada, en el límite entre las zonas Internas y Externas de las Cordilleras Béticas (fig. 1). En esta sierra se han muestreado dos unidades: la Unidad de Sierra Harana y la Unidad de Cañamaya. Dichas unidades pertenecen respectivamente al Dominio Sudibérico (Subbético) y al Dominio de Alborán (Complejo de la Dorsal) (Balanyá y García-Dueñas, 1987). Ambas unidades están constituidas por materiales mesozoicos y cenozoicos, aunque sus formaciones litoestratigráficas son de distinta naturaleza.

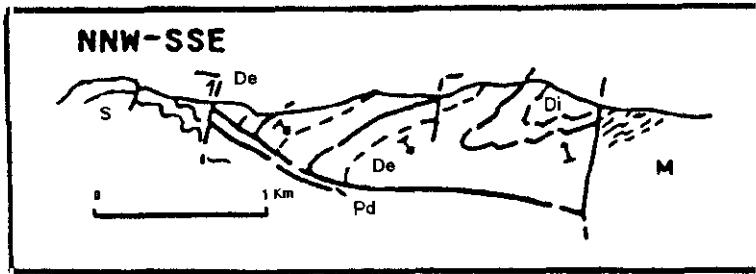


Figura 1.—Corte esquemático de Sierra Harana (de García-Dueñas y Navarro-Vilá, 1976 y Balanyá y García-Dueñas, 1988).

DATOS PALEOMAGNETICOS

Resultados de la Unidad de Sierra Harana

Las litologías muestreadas en esta unidad corresponden a calizas nodulosas de color pálido a rojizo, que abarcan el Bajociense y el Batoniense. La riqueza en ammonites ha permitido establecer en Sierra Harana una de las más completas secuencias del Batoniense en el Subbético (Sandoval, 1983). Es precisamente este control bioestratigráfico a lo largo de la sección, lo que ha conducido a algunos autores a desarrollar la magnetoestratigrafía para el Batoniense y Bajociense (Steiner et al., 1987).

Las muestras de caliza recogidas presentan magnetizaciones muy estables, y con altas intensidades de magnetización remanente natural (MRN), comprendidas entre 10^{-4} y 10^{-2} Am $^{-1}$. La desmagnetización térmica ha sido un método eficaz para eliminar las componentes secundarias, que son lavadas a 200 o 250° C, y presentan la dirección del campo geomagnético reciente (fig. 2 y 3). A partir de esta temperatura, los vectores de magnetización remanente a lo largo del lavado magnético, apuntan al origen de coordenadas, definiendo así la dirección de magnetización característica de estas muestras. La dirección media para este afloramiento está representada en la figura 3 juntamente con la dirección obtenida por Steiner *et al.* (1987) para los mismos materiales. En otro de los afloramientos estudiados, la situación es más compleja, a consecuencia del solapamiento de los espectros de estabilidad de los componentes magnéticos. En este caso, se observan trayectorias de desmagnetización que son curvadas y que también finalizan en el origen de coordenadas del diagrama de vectores (fig. 4a).

Este comportamiento revela la presencia de dos componentes magnéticos cuyos espectros de temperatura de desbloqueo están ampliamente solapados. Eventualmente, algunas muestras presentan *regresión lineal dirigida al origen del diagrama*, pero tal como veremos más adelante, incluso los vectores de alta temperatura no reflejan la dirección de magnetización característica. Este peculiar comportamiento de la desmagnetización requiere la utilización de métodos no habituales para el cálculo de la dirección de alta temperatura. Uno de los métodos más adecuados para la determinación del componente de alta temperatura, estriba en la estimación de la intersección de los planos que contienen los vectores de la desmagnetización. Efectivamente, si proyectamos estereográficamente los vectores de la desmagnetización para varias muestras (fig. 4b), observaremos que éstos describen planos de distinta orientación, pero que a temperatura creciente, los vectores están progresivamente más cerca entre sí. A su vez, los vectores de alta temperatura se localizan cerca de la dirección media de los dos afloramientos que no presentan componentes solapados mencionados anteriormente.

En conjunto, se puede concluir que la dirección paleomagnética para los materiales de la Unidad de Sierra Harana presenta una declinación hacia el W y negativa. Esta magnetización puede considerarse como de origen primario, en base a la comparación entre las direcciones calculadas con la dirección obtenida en el estudio magnetoestratigráfico mencionado.

Resultados de la Unidad de Cañamaya

En la Unidad de Cañamaya se muestrearon calizas nodulosas rojizas del Sinemuriense. Su comportamiento a lo largo de la desmagnetización es relativamente sencillo y se resuelve en dos componentes magnéticos. El componente de baja temperatura es eliminado a los 200° C, temperatura a partir de la cual se define la magnetización característica hasta los 550° C aproximadamente.

Las direcciones medias de magnetización está agrupadas según el eje SSW y son positivas. Los círculos de confianza está solapados entre ellos antes de abatir la estratificación a la horizontal. Una vez realizada esta operación (la sucesión está invertida) utilizando la dirección de capa como eje de rotación, aumenta la dispersión entre las direcciones y los círculos de confianza no presentan tanto solapamiento. Se observa además que las inclinaciones magnéticas son distintas entre ellas y, de otro lado, que los valores son algo anómalos para el Lias. Estos dos hechos no permiten determinar con certeza la edad de la magnetización, aunque presumiblemente es secundaria en base a la inclinación paleomagnética obtenida.

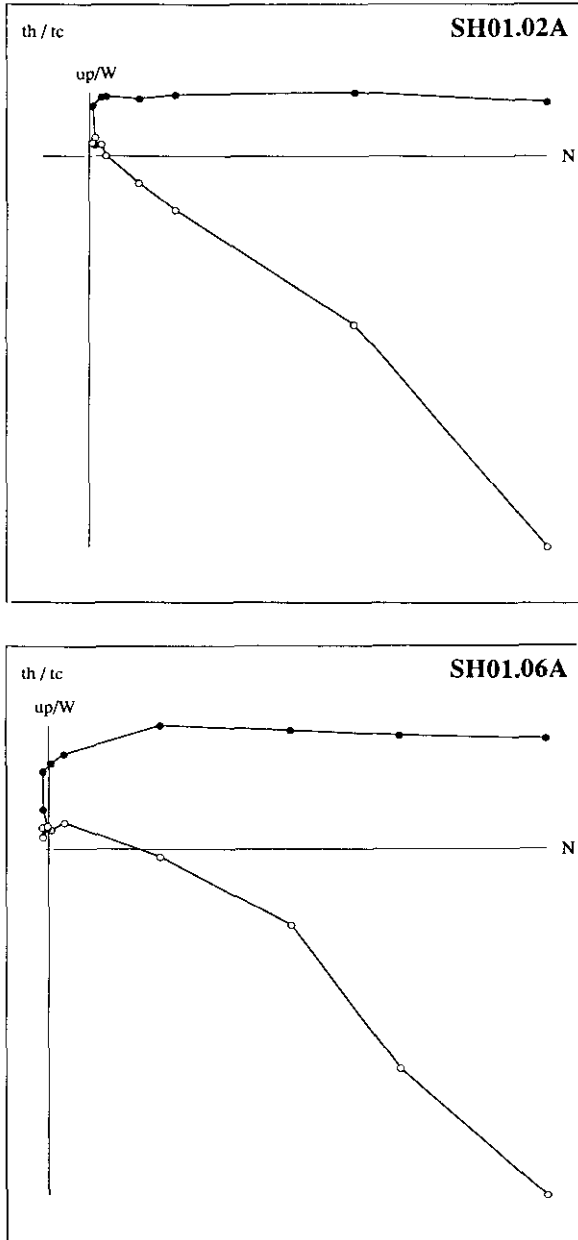


Figura 2.—Diagramas de desmagnetización de dos muestras de calizas rojas del Dogger de la Unidad de Sierra Harana. Los puntos (círculos) presentan el componente horizontal (vertical) de la magnetización. Coordenadas geográficas.

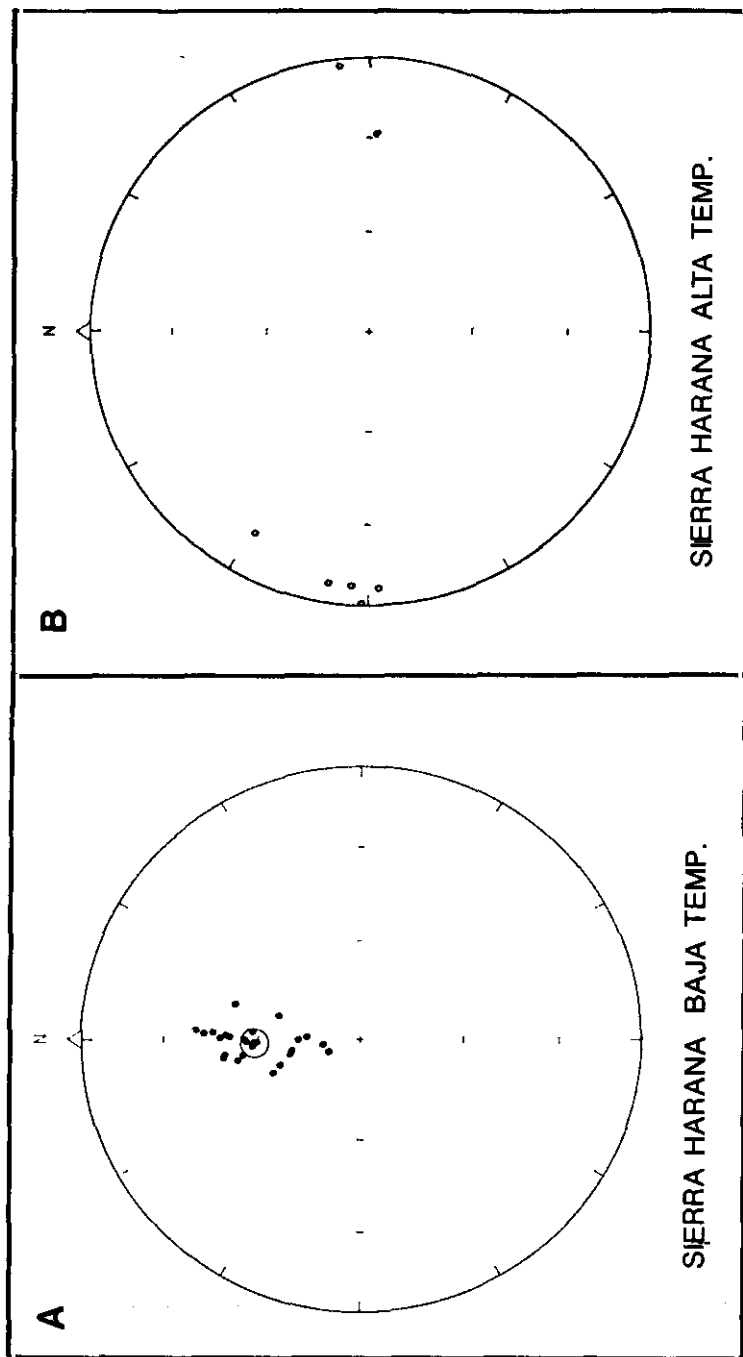
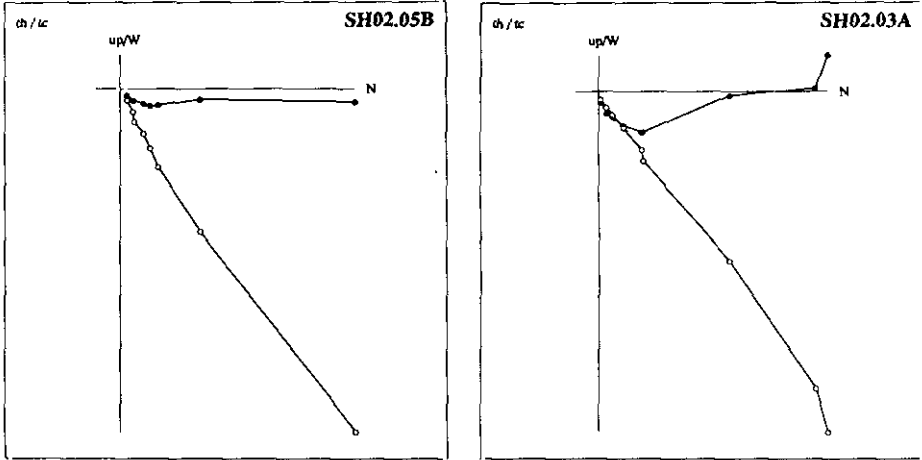


Figura 3.—Proyección estereográfica de las direcciones de magnetización característica de baja (A) y alta (B) temperatura para las calizas de la Unidad de Sierra Harana.

A



B

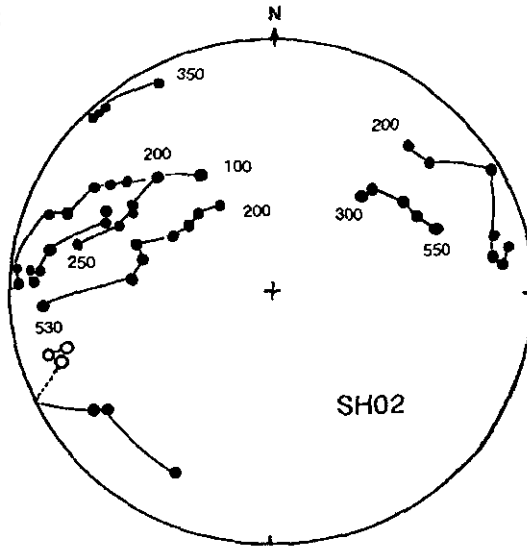


Figura 4.—(A) Diagramas de desmagnetización de dos muestras de calizas rojas de la Unidad de Sierra Harana (fig. 2 para simbología). Coordenadas geográficas. (B) Proyección estereográfica de los vectores de la desmagnetización progresiva de muestras de caliza de la misma unidad. Obsérvese que los vectores de cada muestra se disponen a lo largo de círculos mayores.

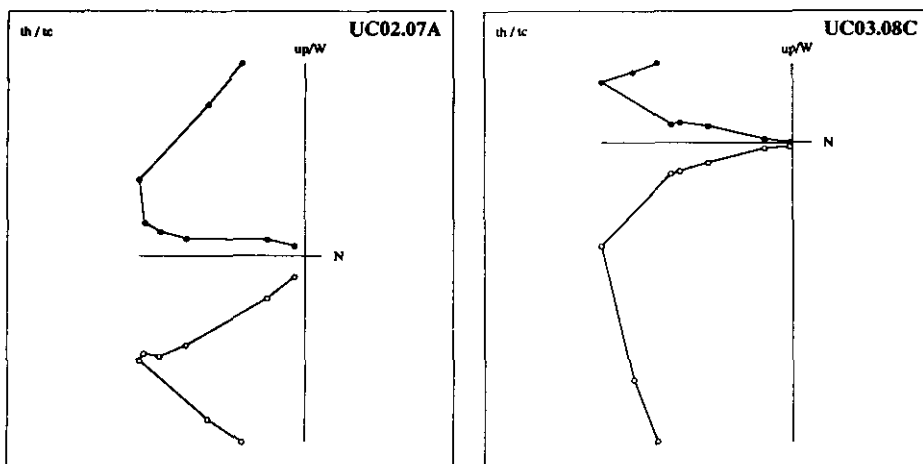
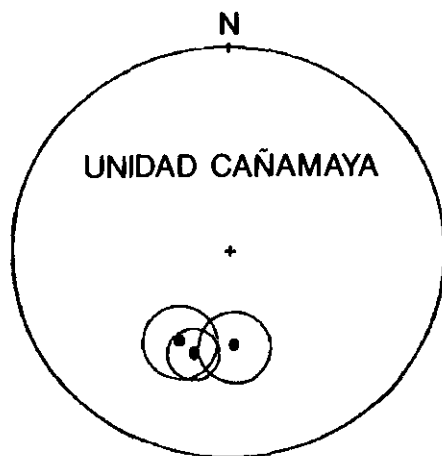
A**B**

Figura 5.—(A) Diagramas de desmagnetización de dos muestras de calizas rojas de la Unidad de Cañamaya (fig. 2 para simbología). Coordenadas geográficas. (B) Proyección estereográfica de las direcciones medias de magnetización característica de los afloramientos de la Unidad de Cañamaya, antes de restituir la estratificación.

IMPLICACIONES GEODINAMICAS

Recapitulando los resultados de Sierra Harana, disponemos de los siguientes datos:

- a) Direcciones paleomagnéticas del Dogger-Malm (primarias) con una declinación media de N090 en el Subbético (Unidad de Sierra Harana).
- b) Direcciones presumiblemente secundarias en la Dorsal (Unidad de Cañamaya) y por lo tanto más jóvenes que las anteriores, con una declinación de N194 (antes de restituir la estratificación a la posición normal).

Existe otro dato de interés en el Subbético a tener en cuenta para la interpretación de las direcciones de Sierra Harana: los resultados paleomagnéticos de Sierra Gorda, situada a unos 50 km al W de Granada. En esta localidad aflora una sección de calizas pelágicas del Malm que ha sido objeto de un estudio magnetoestratigráfico (Ogg *et al.*, 1984). La dirección paleomagnética obtenida en dicho estudio y los datos aportados por Platzman y Lowrie (1992) indican que es congruente con la dirección de referencia de la placa Ibérica para el Jurásico superior. Por lo tanto, una de las posibilidades es que la unidad subbética de Sierra Gorda no haya experimentado ninguna rotación significativa desde el Jurásico. El vector paleomagnético determinado en la Unidad de Sierra Harana presenta una diferencia angular de unos 130° respecto a la dirección de referencia. En la Unidad de Cañamaya es difícil de precisar el ángulo entre el valor paleomagnético y el de referencia. Ello responde a dos hechos: 1) la edad de la magnetización no está bien determinada, con lo cual se desconoce la dirección de referencia a considerar y 2) la sucesión está invertida, con lo cual existe una mayor incertidumbre por lo que se refiere al eje de rotación para desplegar la estructura. En cualquier caso, y sin perjuicio de cual fuere la edad de la magnetización, la declinación es importante y por lo tanto también lo es el grado de rotación, sea cual fuere el mecanismo.

Estas rotaciones, en base a su magnitud y a que son distintas para las dos unidades superpuestas (U. Sierra Harana y U. Cañamaya) pueden atribuirse a dos grandes procesos que han tenido lugar en las Béticas: en primer lugar, parte de la rotación puede relacionarse con los cabalgamientos, es decir habría una primera etapa de rotación sincrónica a los cabalgamientos. En segundo lugar, otra parte de la rotación sería atribuible a las estructuras posteriores que han afectado a los cabalgamientos: sistema de fallas extensionales y fallas de salto en dirección. No existen de momento datos que permitan atribuir que grado de rotación es asimilable a un proceso u a otro, ya que para ello se requeriría, entre otras cosas,

el determinar las direcciones paleomagnéticas en los materiales neógenos involucrados en los distintos procesos.

En todo caso, el hecho relevante, observado en la zona subbética (Osete *et al.*, 1988), y también en el extremo nor-oriental del edificio bético, en Mallorca y Menorca, es la presencia de rotaciones horarias, sincompresivas al menos parte de ellas y que están asociadas a distintas unidades alóctonas. Estos hechos, independientemente del proceso de rotación en detalle, indican una tectónica compleja, con la superposición de varias etapas y que el entendimiento y la aplicación de las observaciones paleomagnéticas a la evolución cinemática, es sólo posible si se consideran las características estructurales particulares de la zona de estudio.

REFERENCIAS

- Balanyà, J. C., V. García-Dueñas (1987): «Les directions structurales dans le Domaine d'Alborán de part et d'autre du Déroit de Gibraltar». *C. R. Acad. Sc.*, París, 304, 304: 929-933.
- (1988): «El cabalgamiento cortical de Gibraltar y la tectónica de Béticas y Rif». *Simposios del II Congreso de España*. Granada, pp. 35-44.
- García-Dueñas, V., F. Navarro-Vilá (1976): «Alpujarrides, Malaguides et autres allochtones au Nord de la Sierra Nevada (Cordillères Bétiques, Andalousie)». *Bull. Soc. géol.*, France, t. XVIII, 3, 641-648.
- Ogg, J. G., M. B. Steiner, F. Oloriz, J. M. Tavera (1984): «Jurassic magnetostratigraphy, 1. Kimmeridgian-Tithoniam of Sierra Gorda and Carcabuey, southern Spain». *Earth Planet. Sci. Lett.*, 71, 147-162.
- Osete, M. L., R. Vegas, R. Freeman (1988): «Preliminary paleomagnetic results from the Subbetic Zone (Betic Cordillera, southern Spain): kinematic and structural implications». *Phys. Earth Planet. Int.*, 52, 283-300.
- Platzman, E., W. Lowrie (1992): «Paleomagnetic evidence for rotation of the Iberian Peninsula and the external Betic Cordillera, Southern Spain». *Earth Planet. Sci. Lett.*, 108, 45-60.
- Sandoval, J. (1983): *Bioestratigrafía y paleontología (Stephanocerataceae y Perisphinctaceae) del Bajocense y Bathonense en las Cordilleras Béticas*. Tesis Doctoral, Universidad Granada, 613 pp.
- Steiner, K. M., J. Ogg, J. Sandoval (1987): «Jurassic magnetostratigraphy 3. Bathonian-Bajocian of Carcabuey, Sierra Harana and Campillo de Arenas (Subbetic Cordillera, Southern Spain)». *Earth Planet. Sic. Lett.*, 82, 357-372.