

El Triásico de la Península Ibérica: Nuevos datos paleomagnéticos

J. DINARÉS-TURELL y J. M. PARES

*Institut de Ciències de la Terra «Jaume Almera»,
CSIC, Martí i Franquès s/n, 08028-Barcelona*

RESUMEN

En este trabajo se evalúan los resultados paleomagnéticos existentes en el Triásico de Iberia y se presentan nuevos resultados obtenidos en más de 220 muestras recogidas en 21 estaciones en el Triásico del Algarve (sur de Portugal) y la Meseta (sureste de España). El polo paleomagnético obtenido en la zona del Algarve (lat = 62°N, lon = 202°E, A95 = 9) refleja una rotación asociada a la evolución alpina del margen atlántico de Iberia. La comparación del paleopolo de la Meseta (lat = 54°N, lon = 178°E, A95 = 9) con los datos disponibles indica una rotación dextrógira progresiva de la placa Euroasiática desde finales del Paleozoico hasta el Triásico Medio, seguida de una rápida deriva hasta el Triásico Superior. Este episodio de deriva durante el Triásico Superior puede relacionarse con la apertura y extensión del Tethys hacia el Oeste.

Palabras Clave: Paleomagnetismo, Triásico, Placa Ibérica.

ABSTRACT

When overviewing available Triassic paleomagnetic data from the Iberian Plate it is noticed the necessity of a comprehensive study of the Triassic sediments surrounding the Hercynian Massif. This is justified by

its representativity of «stable Iberia» and by some inconsistencies of the present available data. A paleomagnetic study of over 220 samples, obtained from 21 sites from Triassic redbeds in the Algarve (S Portugal) and La Meseta (SE Spain), yields two paleomagnetic poles at lat = 62°N, lon = 202°E, A95 = 9 and lat = 54°N, lon = 178°E, A95 = 7 respectively. The Algarve paleopole reflects a rotation associated to the Alpine evolution of the Iberian Atlantic margin. The comparison of the La Meseta pole with available data indicates a progressive clockwise rotation of the Eurasian Plate from the Late Paleozoic to Middle Triassic, followed by rapid drift until the Upper Triassic. This late Triassic drift event may be related to the opening and spreading of the Tethys towards the west.

Key words: Paleomagnetism, Triassic, Iberian Plate.

INTRODUCCIÓN

La reconstrucción latitudinal de Pangea para el final del Paleozoico e inicios del Mesozoico continúa siendo objeto de debate. Existen cuatro grandes modelos de reconstrucción de la paleogeografía anterior a la desmembración de Pangea (Van der Voo, Mauk & French, 1976; Morel & Irving, 1981; Smith, Hurley & Briden, 1980; Hallam, 1983), algunos de ellos implicando importantes movimientos de desgarre entre Laurasia y Gondwana. La estratégica situación de la Península Ibérica configura a esta microplaca como una pieza clave en la evolución geodinámica de Pangea. Por esta razón, y también por la rotación levógira que describió la Placa Ibérica durante el Cretácico, desde los años sesenta se han efectuado numerosos estudios paleomagnéticos del Triásico de Iberia. El interés particular hacia los materiales triásicos reside en que constituyen un registro paleomagnético claramente anterior a la apertura del Golfo de Vizcaya y que las litologías son muy a menudo favorables para su estudio paleomagnético.

ANTECEDENTES DE ESTUDIOS PALEOMAGNÉTICOS EN EL TRIÁSICO IBÉRICO

Desde que Clegg *et al.* (1957) presentaron la evidencia para la rotación antihoraria de la placa Ibérica en base a resultados paleomagnéticos

obtenidos en rocas triásicas de Iberia y Eurasia han sido numerosos los estudios encaminados a la determinación de paleopolos mesozoicos que precisen ese movimiento (Dinarès-Turell & Parés, 1991). Los trabajos paleomagnéticos se centraron fundamentalmente en red-beds del Carbonífero, Pérmico y Triásico, aunque también se abordaron series volcánicas de esas edades (Van der Lingen, 1960; Schwartz, 1963; Van Dongen, 1967; Van der Voo, 1969; Van der Voo & Boessenkol, 1973).

En materiales triásicos, el trabajo de Van der Voo (1967) es el pionero. Se estudian pelitas triásicas provenientes de dos localidades situadas cerca de Alcázar de San Juan, en el borde de la meseta. Todas las muestras son desmagnetizadas por campos alternantes hasta 3.000 Oe, consiguiéndose desmagnetizar dos componentes. El componente de alta coercitividad es considerado como primario. La dirección media obtenida difiere de otros resultados en materiales triásicos ibéricos y tradicionalmente se ha considerado como aberrante. Así, el paleopolo resultante no ha sido considerado, por ejemplo, en la curva de deriva polar aparente sintetizada por Schott (1985), argumentando que el estudio estaba restringido a una área pequeña y que la desmagnetización había sido incompleta.

Van der Voo (1968) estudia 60 muestras de sedimentos del Triásico Inferior en una estructura anticlinal cerca de Atienza (Guadalajara). Solamente el 25 por 100 de las muestras presentan una dirección no similar al campo geomagnético actual. A pesar de ello, las direcciones son incoherentes entre ellas y no parecen ser de edad triásica.

Van der Voo (1969) estudia un conjunto de areniscas y pelitas rojas que describen un anticlinal en Garralda, en el Pirineo Occidental. Se analizan un total de 95 muestras utilizando la desmagnetización por campos alternantes y en algunas muestras el tratamiento térmico. Un 60 por 100 presenta magnetizaciones con las dos polaridades anteriores al plegamiento y probablemente de edad triásica.

Stauffer & Tarling (1971) estudian 19 muestras de tres localidades en pelitas triásicas que afloran en el sector de Reinosa, obteniendo resultados ambiguos que se pueden atribuir en parte a una estrategia de desmagnetización inadecuada (la mayoría de las muestras solamente se desmagnetizan hasta 300°C) y al limitado número de muestras estudiadas.

Vandenberg (1980) analiza un total de 78 muestras en tres localidades al sur de Santander y una situada al sureste de Gijón. Se trata de areniscas y lutitas atribuidas la tránsito Pérmico-Triásico. Después de un lavado térmico hasta 700°C se obtienen las direcciones características primarias, que se muestran bien agrupadas para las tres estaciones de

Santander, mientras que la divergencia de la dirección al sureste de Gijón es interpretada por el autor mediante la existencia del denominado bloque «Danois», el cual se habría movido independientemente entre Iberia y Europa. Otro hecho a resaltar es el elevado valor de la inclinación con respecto a otros resultados, que podría explicarse si la edad de los materiales muestreados fuese algo más moderna.

El trabajo de Cogné (1983) en esquistos y areniscas rojas del Coll de Somport, en el Pirineo aragonés, está centrado en la relación de la deformación con las direcciones paleomagnéticas y, por tanto, es poco útil para las reconstrucciones paleocontinentales.

Turner, Ramos & Sopena (1984), y posteriormente Turner *et al.* (1989), son los primeros que estudian materiales triásicos con fines magnetoestratigráficos. Analizan materiales del Pérmico Superior y Buntsandstein de la Cordillera Ibérica. Los resultados muestran en general la presencia de tres componentes de magnetización. Una de las componentes es asignada como primaria, mientras que las otras dos son interpretadas como remagnetizaciones terciaria y actual, respectivamente. En otras ocasiones los materiales están completamente remagnetizados de manera más o menos compleja.

El trabajo de Schott (1985), parcialmente publicado en Schott & Peres (1987), analiza un elevado número de muestras de areniscas rojas del Pirineo y de la Cordillera Cantábrica. A pesar de la fuerte remagnetización de algunas muestras, las direcciones medias de carácter primario, junto con algunos de los datos presentados anteriormente, se pueden considerar como las representativas para el conjunto de los Pirineos y Cordillera Cantábrica.

En el estudio de Parés, Banda & Santanach (1988) en materiales triásicos de la Cadena Costera catalana se obtienen componentes primarias en las facies rojas del Buntsandstein y Muschelkalk, medio mientras que los tramos carbonatados parecen haberse remagnetizado completamente. Las direcciones primarias son usadas para determinar rotaciones estructurales en el margen noreste de la Península Ibérica. Además, se intuye un cambio paleolatitudinal durante el Triásico, dado el aumento de inclinación en los términos más superiores.

Otros estudios recientes en materiales triásicos tienen como objetivo determinar la configuración de rotaciones estructurales de unidades involucradas en los Pirineos (Schott & Pères, 1988; Bates, 1987, 1989; Rey, Turner & Ramos, 1992).

A pesar de los numerosos estudios realizados en el Triásico de Iberia, muchos de los estudios provienen de áreas de cuestionada autoctonía, no

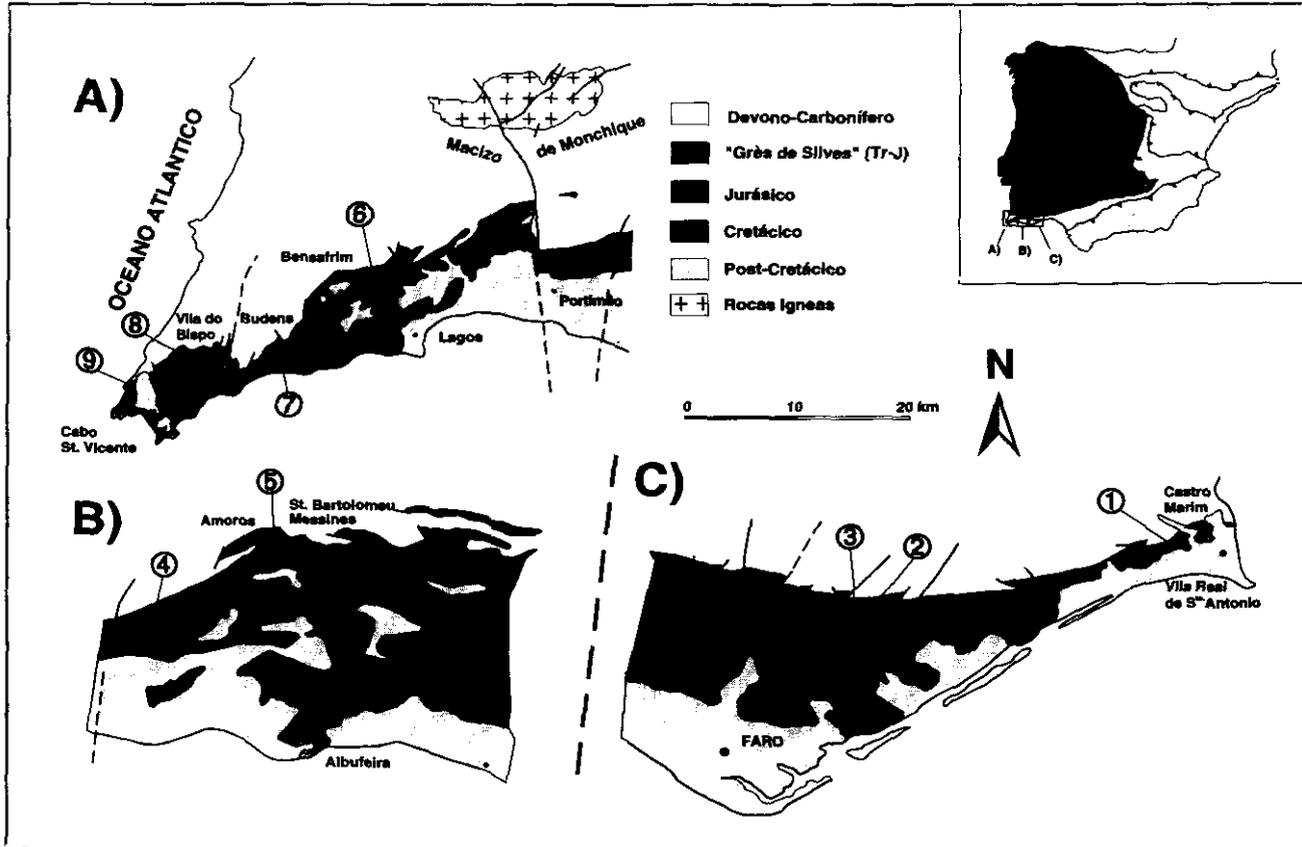


Fig. 1.—Esquema geológico y situación de las estaciones realizadas en la región del Algarve.
 Fig. 1.—Geological sketch map and location of the Algarve sampling sites.

representativas de la Placa Ibérica. Otros presentan un volumen pequeño de muestras, sus resultados son incoherentes o el proceso de desmagnetización es incompleto o inadecuado. Por este motivo han sido estudiadas paleomagnéticamente las zonas triásicas del Algarve y borde sureste del Macizo Ibérico.

MARCO GEOLÓGICO Y MUESTREO

En el Algarve, los depósitos triásicos forman una estrecha franja de orientación Este-Oeste que se extiende desde el río Guadiana, al Este, hasta el Cabo de San Vicente, al Oeste (Fig. 1). Los materiales buzan moderadamente hacia el Sur y en general se disponen en discordancia sobre un substrato metamórfico del Devónico y Carbonífero. Este conjunto de materiales detríticos rojos de la base del Mesozoico se conoce como el «Grès de Silves» (Choffat, 1887) y ha sido estudiado en detalle por Palain (1975, 1977). Este autor diferencia, por debajo de unas dolomias y limolitas con fauna hettangiense y de carácter regional, una unidad basal (AA) de areniscas y conglomerados en su parte inferior con dominio de limolitas en la parte superior, y una unidad superior (AB) con diferentes términos (AB1, AB2, AB3) de areniscas y lutitas. Según este autor, la parte superior del término AB1 se ha podido datar como Triásico Superior (Palain, 1968) por lo que parece que la mayor parte del «Grès de Silves» es de esta edad. En el sector del Algarve se han muestreado nueve estaciones paleomagnéticas (generalmente en el término AB1) distribuidas a lo largo de toda la franja del afloramiento (Fig. 1).

En el borde sureste del Macizo Ibérico afloran de manera continua materiales fundamentalmente detríticos que apenas están afectados por deformaciones tectónicas. Reposan discordantes sobre un substrato paleozoico y son recubiertos por los sedimentos carbonáticos jurásicos (Sopeña *et al.*, 1983, 1988). En la franja de afloramientos que se extiende al este de Bailén se han muestreado un total de nueve estaciones (Fig. 2). En el sector de Alcázar de San Juan se muestrearon tres estaciones (Fig. 2).

Las muestras paleomagnéticas se recogieron directamente en el campo mediante una perforadora portátil a gasolina lubricada con un circuito abierto de agua y equipada con una broca no magnética con corona adiamantada. Los testigos de roca de 2,54 cm de diámetro y unos 10 cm de longitud son orientados *in situ* con un instrumento al que se acopla una brújula que permite medir el azimut y la inclinación de las muestras para poder así referenciar los vectores paleomagnéticos medidos según las

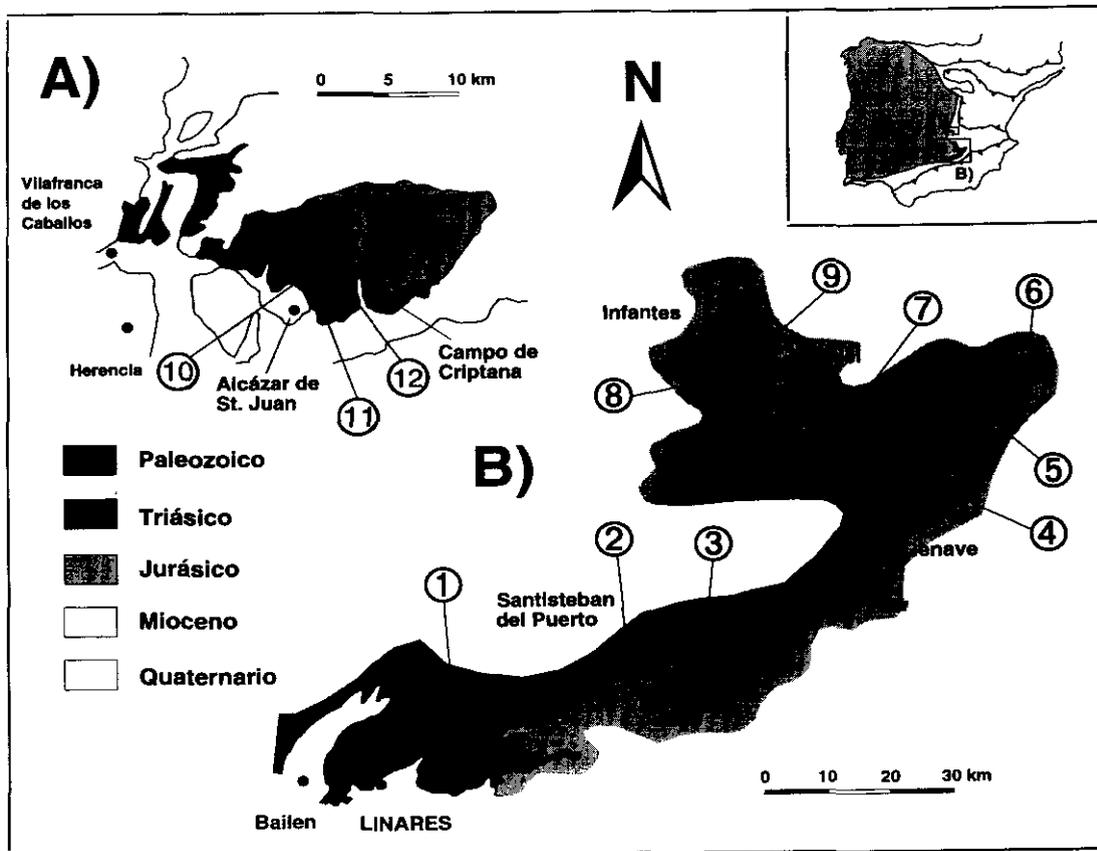


Fig. 2.—Esquema geológico y situación de las estaciones realizadas en la zona de la Meseta.
 Fig. 2.—Geological sketch map and location of the Meseta sampling sites.

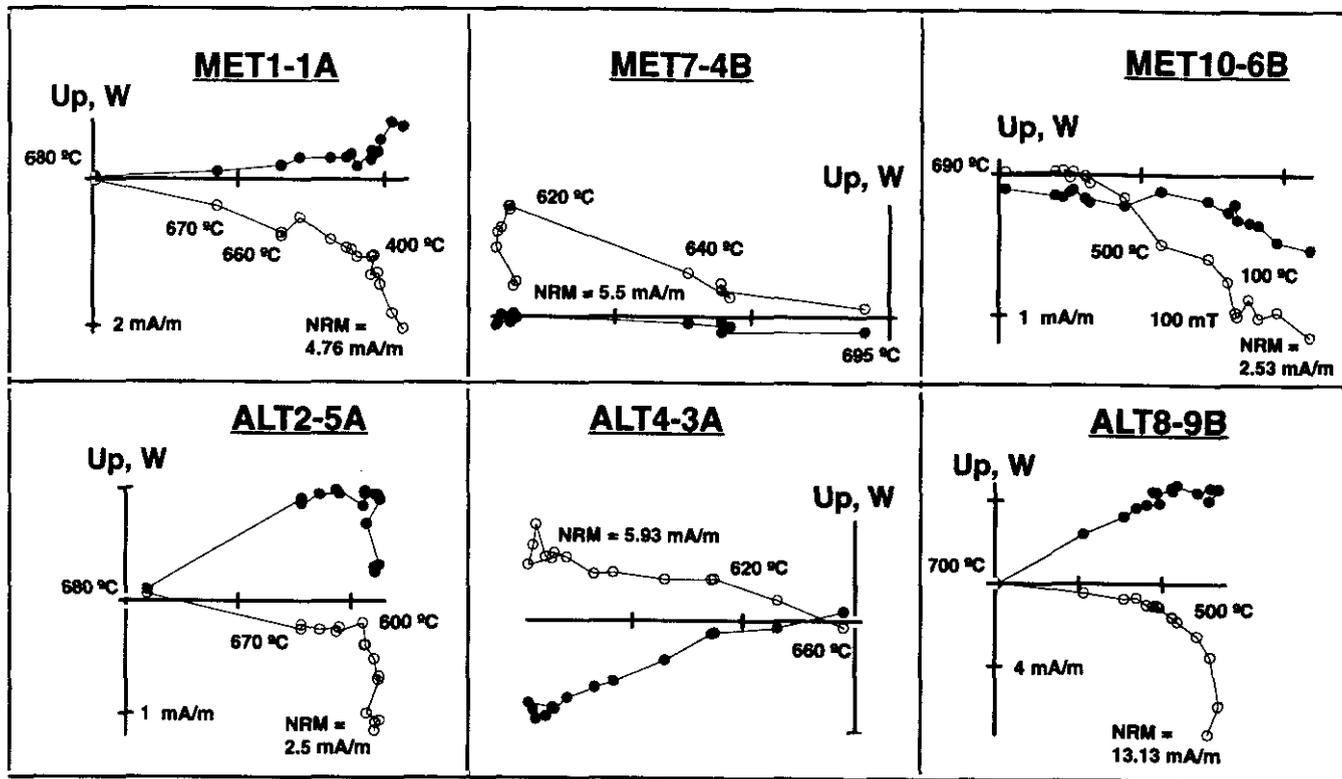


Fig. 3.—Diagramas ortogonales de desmagnetización típicos (después de la corrección tectónica) de muestras del Algarve (ALT) y de la Meseta (MET). Los símbolos rellenos (vacíos) corresponden a proyecciones sobre el plano horizontal (vertical).

Fig. 3.—Tectonic corrected demagnetization diagrams for representative samples of the Algarve (ALT) and the Meseta (MET) sites. Full (open) circles represent projections on the horizontal (vertical) planes.

coordinadas geográficas. Se recogieron un total de 240 muestras repartidas en 21 estaciones.

Para el análisis de laboratorio se cortaron los testigos de roca en especímenes de 2,54 cm de diámetro y 2,2 cm de largo. La magnetización remanente natural (MRN) de las muestras se midió en un magnetómetro cryogénico de tres ejes (Cryogenic Consultants Ltd.). La susceptibilidad magnética se ha medido con un Kappabridge KLY2 (Geofyzika Brno). La desmagnetización térmica progresiva de las muestras se ha realizado en un horno autoinductivo TSD-1 (Schondstet).

Las muestras recogidas —areniscas y lutitas rojas— fueron desmagnetizadas térmicamente mediante un mínimo de 10 pasos a temperaturas incrementales para eliminar las magnetizaciones menos estables y determinar así la orientación de la dirección paleomagnética triásica. En algunas ocasiones se han aplicado ocho pasos de desmagnetización por campos alternantes antes de iniciar la desmagnetización térmica. Las direcciones magnéticas características (ChRM) se han calculado mediante análisis de componente principal (Kirschvink, 1980) y se les ha aplicado la estadística de Fisher (1953) para calcular las direcciones medias.

RESULTADOS PALEOMAGNÉTICOS

Las medidas de la magnetización después de cada tratamiento térmico durante la desmagnetización se representan en diagramas ortogonales de Zijderveld (As & Zijderveld, 1958), los cuales permiten distinguir las diferentes componentes de magnetización. Estos diagramas permiten, asimismo, establecer los intervalos de la desmagnetización que definen dichas componentes y que suelen estar representados por los tramos lineales en las proyecciones en el plano horizontal y vertical, respectivamente. En la figura 3 se han representado diagramas representativos de la desmagnetización de sedimentos triásicos del Algarve y de la Meseta. Se observa el desbloqueo de dos componentes de desmagnetización. La primera componente es desbloqueada hasta una temperatura de 600°C y se trata de una componente secundaria de origen reciente y/o de una magnetización viscosa adquirida durante el muestreo o almacenamiento. La componente característica (ChRM) se desbloquea a partir de 600°C hasta temperaturas de 700°C, con lo cual se puede deducir que reside en hematites. Hay que señalar la presencia de las dos polaridades en la componente característica. Las direcciones medias calculadas para cada estación se presentan en la Tabla 1 y en la figura 4. A pesar de que no

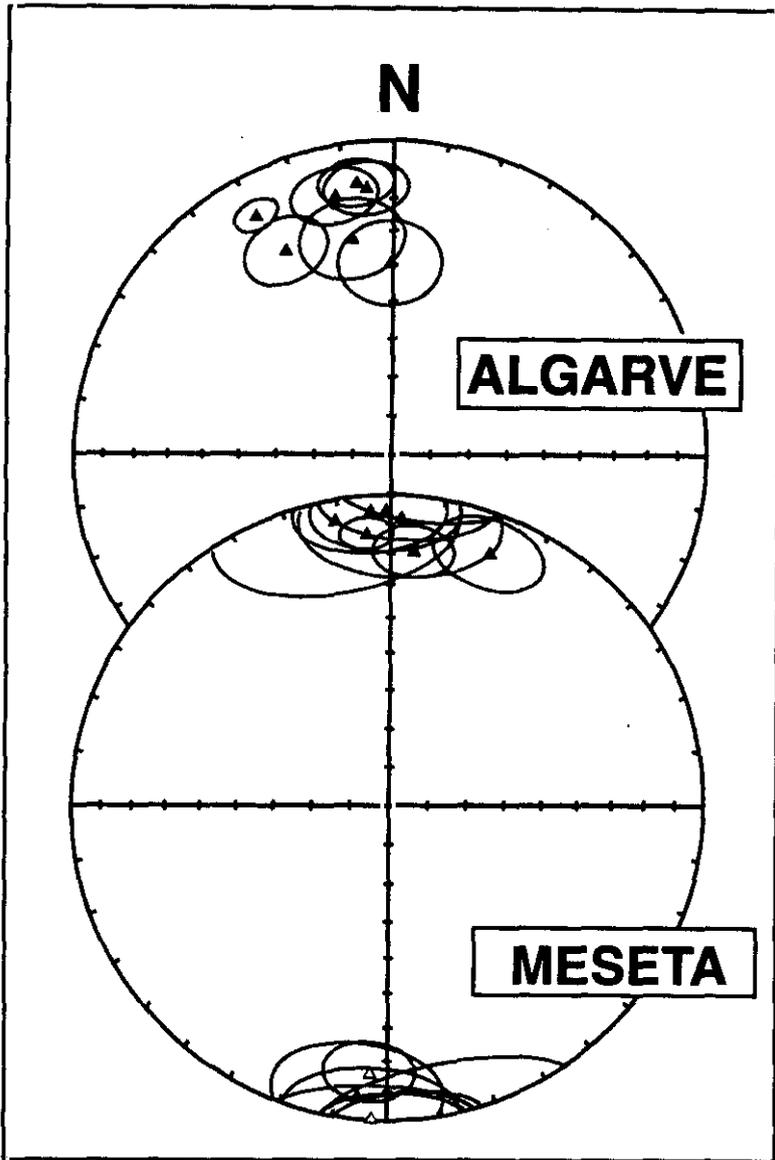


Fig. 4.—Proyección estereográfica de las direcciones medias obtenidas en cada estación con las elipses del 95% de confianza. Símbolos rellenos (vacíos) representan proyecciones en el hemisferio inferior (hemisferio superior). Las direcciones se indican en la tabla 1.

Fig. 4.—Equal-area projection of the mean directions of magnetization obtained from each site, with 95% confidence circles. Full symbols: downward magnetization directions. Open symbols: upward magnetization directions. Site mean directions indicated in table 1.

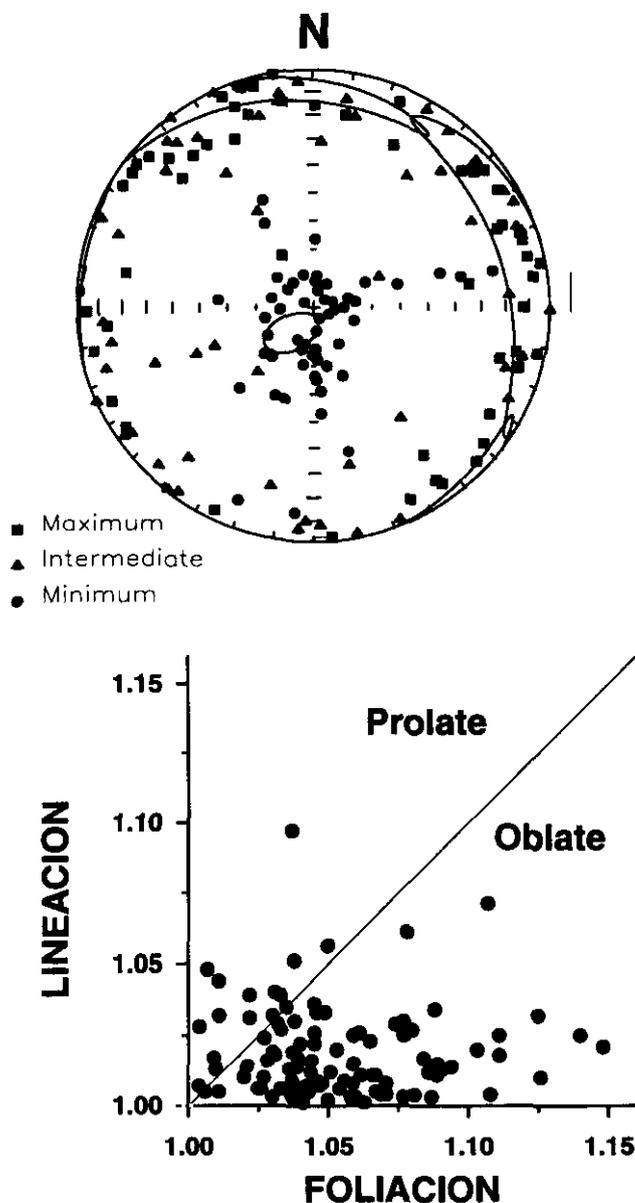


Fig. 5.—Proyección estereográfica (después de abatir la estratificación a la horizontal) de las direcciones principales de la susceptibilidad magnética y del diagrama de Flinn correspondiente a las muestras del Algarve.

Fig. 5.—Bedding corrected stereographic projections of principal susceptibility directions and Flinn diagram for the Algarve samples.

existe una prueba del pliegue concluyente, debido a la similitud de buzamientos en la zona del Algarve, y a la práctica inexistencia de éstos en la Meseta, las siguientes observaciones permiten asegurar una edad primaria para la magnetización: 1) presencia de inversiones geomagnéticas. La prueba de la inversión (McFadden & McElhinny, 1990) es positiva de clase C a nivel de estaciones; 2) las direcciones medias difieren significativamente del campo geomagnético actual tanto antes como después de la corrección tectónica, y 3) alta estabilidad magnética de los sedimentos analizados.

La anisotropía de la susceptibilidad magnética (ASM) se ha medido en un conjunto de muestras representativas de los dos sectores estudiados para así determinar la posibilidad de un efecto de la deformación, por otro lado no evidente en el campo, sobre las direcciones paleomagnéticas o en su defecto determinar el carácter primario (sedimentario) de la fábrica (Dinarès-Turell, McClelland & Santanach, 1991). Los resultados de ambas áreas (Figs. 5, 6) muestran elipsoides de tipo aplanado con los ejes mínimos subparalelos al polo del plano de estratificación que es típico de fábricas de origen sedimentario. En estos casos, un agrupamiento de los ejes máximos puede correlacionarse con las direcciones de la paleocorriente. Analizando los datos de forma global se distinguen dos direcciones preferentes en la zona del Algarve (NNW-SSE y ENE-WSW) y una dirección dominante en la Meseta (NE-SW).

Los parámetros estadísticos de las direcciones medias del Algarve (Dec/Inc = 346/23, $\alpha_{95} = 10.7$, $k = 33$) y SE del Macizo Ibérico (Dec/Inc = 3/10, $\alpha_{95} = 6.4$, $K = 57.7$) permiten establecer una diferencia angular significativa de unos 15° entre las declinaciones paleomagnéticas de estos dos dominios triásicos. Consecuentemente, los paleopolos obtenidos: a) no representan el mismo campo geomagnético; b) indican rotaciones de bloques, o bien, c) son una combinación de ambos factores. Al comparar los paleopolos obtenidos con la curva de paleodirecciones triásicas para la Península Ibérica (Fig. 7), se observa que el paleopolo del Macizo Ibérico encaja razonablemente en la curva de paleodirecciones de la Península Ibérica, mientras que los datos del Algarve, reflejan una desviación importante respecto a los valores esperados. Van der Voo (1993), al hacer una revisión de los datos paleomagnéticos disponibles para Europa y América del Norte, pone en evidencia que los polos paleomagnéticos presentan un cambio en paleolongitud y paleolatitud desde el Pérmico Superior hasta el Jurásico Inferior, describiendo una cúspide alrededor de 200 ma. Este aspecto queda ilustrado en la figura 7 donde la curva oscura representa las declinaciones y paleolatitudes para Iberia,

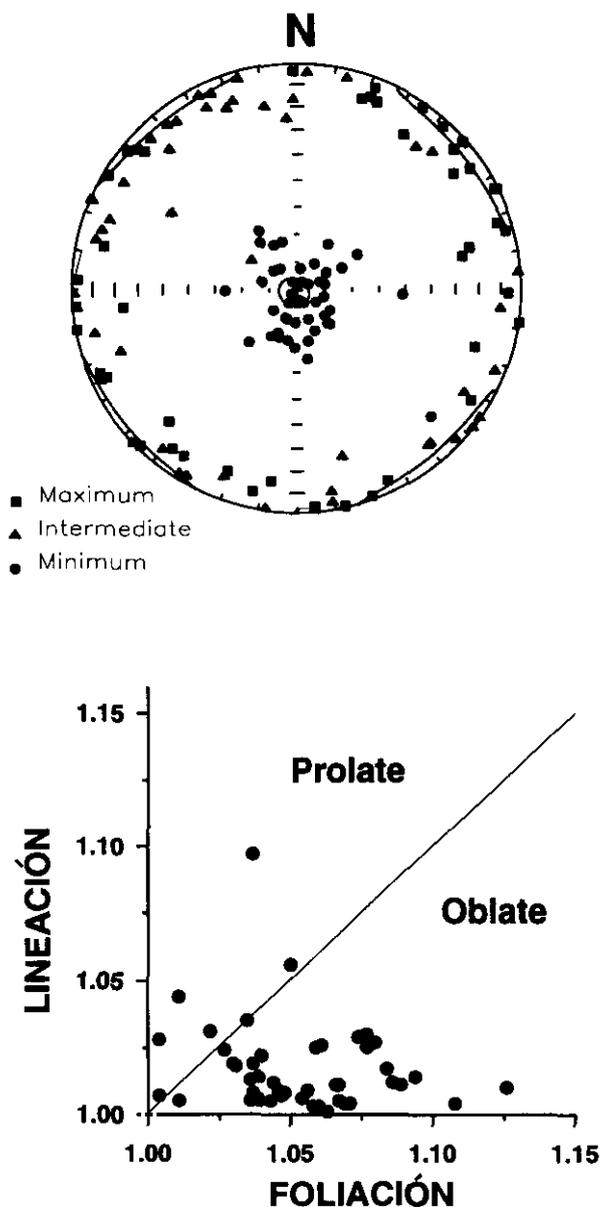


Fig. 6.—Proyección estereográfica (después de abatir la estratificación a la horizontal) de las direcciones principales de la susceptibilidad magnética y del diagrama de Flinn correspondiente a las muestras de la Meseta.

Fig. 6.—Bedding corrected stereographic projections of principal susceptibility directions and Flinn diagram for the Meseta samples.

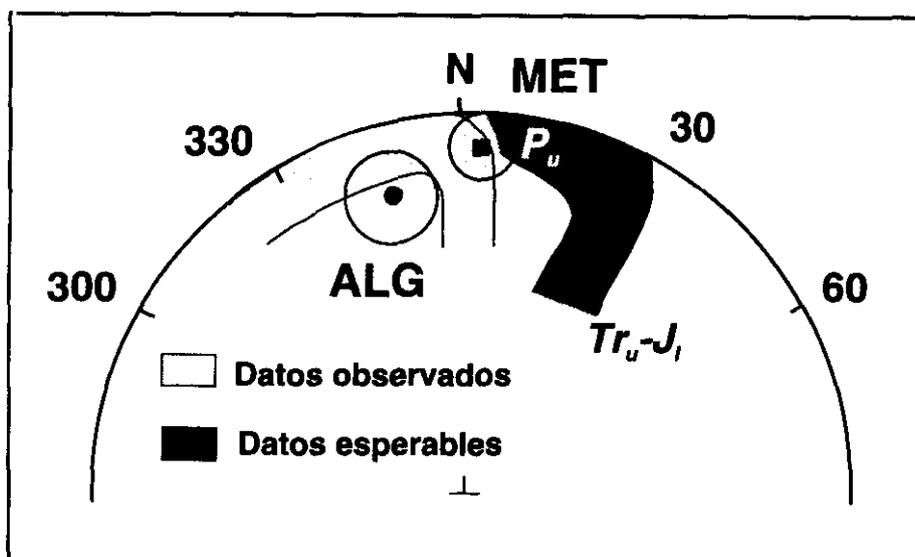


Fig. 7.—Proyección estereográfica de las declinaciones y paleolatitudes observadas (curva con sombreado claro) y esperables (curva con sombreado oscuro). Los valores predcidos se basan en palcopolos de Europa estable (datos extraídos de Van der Voo, 1993). Los paleopolos del Algarve (ALG) y sureste del Macizo Ibérico (MET) están proyectados como círculo y cuadrado, respectivamente, con sus conos de confianza. Las curvas abarcan el período desde el Pérmico Superior (P_u) hasta el Jurásico Inferior (J₁).

Fig. 7.—Equal-angle projection of observed (white shaded curve) and extrapolated (dark shaded curve) declinations and paleolatitudes for Iberian data. The extrapolated/predicted values derive from the stable European paleopoles (Van der Voo, 1993). Algarve (ALG) and SE Iberian Massif (MET) mean paleopoles are plotted as circle and square with their respective confidence cone. The curves span from Upper Permian (P_u) to Lower Jurassic (J₁).

calculadas a partir de los polos europeos de referencia; mientras la curva clara muestra las declinaciones y paleolatitudes observadas para las localidades triásicas de Iberia (Van der Voo, 1993). El desplazamiento entre ambas curvas es debido a la rotación Cretácica de Iberia relativa a Eurasia y, por tanto, mediante una rotación horaria de unos 35° de la curva clara, en otras palabras cerrando el golfo de Vizcaya, se conseguiría una sobreposición de ambas curvas.

El valor de la inclinación paleomagnética del Algarve refleja una latitud más elevada que los del Macizo Ibérico, mientras que la declinación indica una rotación antihoraria respecto a los valores esperados. Estos datos paleomagnéticos confirman la edad triásica superior para el «Grès de Silves» y permiten calcular una paleolatitud para ese período de 12° N.

Site	<i>Db</i>	<i>Ib</i>	<i>Da</i>	<i>Ia</i>	<i>C/S</i>	<i>N+R</i>	<i>k</i>	α_{95}
ALT1	357	-1	359	39	11/11	10	16,8	12,1
ALT2	333	-22	332	28	16/19	14+2	15,7	9,6
ALT4	347	-6	347	17	14/19	11+4	18,5	9,1
ALT5	352	-7	352	14	15/13	10	39,6	7,8
ALT7	354	21	349	31	13/15	11	15,7	11,9
ALT8	331	0	330	11	15/19	17	59,0	4,7
ALT9	355	5	354	16	13/16	15	19,8	8,8

Polo paleomagnético del Algarve (ALT): lat = 62°N, lon = 202°E, A95 = 9

MET1	355	13	355	13	10/9	9	90,7	5,4
MET2	349	7	349	7	19/16	6+1	7,1	24,4
MET3	186	-8	186	-8	8/15	7	13,8	16,9
MET4*	163	14	163	14	9/13	3	16,8	31,0
MET5	2	8	2	8	10/11	9	7,7	19,9
MET6*	162	22	162	22	11/10	10	4,2	27,0
MET7	184	-16	184	-16	8/7	4	95,0	9,5
MET8	193	-1	193	-1	9/8	8	12,2	16,5
MET9	5	19	5	19	9/8	6	62,2	8,6
MET10	359	5	359	5	13/8	6+1	18,6	14,4
MET11	21	14	21	14	9/8	5	42,9	11,8
MET12	356	5	356	5	7/5	5	28,1	14,7

Polo paleomagnético de La Meseta (MET): lat = 54°N, lon = 178°E, A95 = 7

Tabla 1: Direcciones medias de la componente ChRM antes (b) y después (a) de la corrección tectónica. D/I: Declinación/Inclinación; C/S, número de muestras recogidas en el campo y número de especímenes usados en los cálculos estadísticos; N + R, número de direcciones normales e inversas; K, parámetro de precisión; α_{95} , 95% de confianza sobre la dirección media. Las estaciones marcadas con asterisco no han sido usadas en los cálculos debido a un error alto en la media ($\alpha_{95} > 20$).

Table 1: Mean directions for the ChRM component before (b) and after (a) bedding correction. D and I are declination and inclination; C/S are the number of cores obtained in the field and the number of specimens used in statistics respectively; N + R are the number of normal and reversed directions; K is the precision parameter; α_{95} is the confidence interval at the 95% level. Sites noted with * are not used in the statistics.

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de los nuevos datos paleomagnéticos son: (1) la magnetización registrada en los materiales triásicos del borde sureste del Macizo Ibérico es anterior a la del Algarve; (2) las declinaciones obtenidas en Algarve reflejan una rotación antihoraria respecto a las

registradas en los depósitos del Macizo Ibérico; (3) colectivamente, los datos del Pérmico y Triásico de la Península Ibérica y placa Euroasiática ponen de manifiesto una deriva latitudinal considerable hacia el Norte en el Triásico Medio-Superior. Esta característica ha sido observada también en la curva de deriva polar de la Placa norteamericana.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la lectura crítica de los revisores. Investigación financiada por los proyectos PB91-0096 (DGICYT) y C11*-CT94-0114 (EC).

NOTA BIBLIOGRÁFICA:

- AS, J. A. & ZUIDERVELD, J. D. A. (1958): «Magnetic cleaning of rocks in palaeomagnetic research», *Geophys. J. Roy. Astr. Soc.*, 1: 308-319.
- BATES, M. P. (1987): *Palaeomagnetic studies of fold and thrust geometry in the Southern Pyrenees*, Thesis, Dep. of Earth Sciences, Univ. of Leeds, 474 pp.
- (1989): «Palaeomagnetic evidence for rotations and deformation in the Noguères Zone, Central Southern Pyrenees, Spain», *J. Geol. Soc. London*, 146: 459-476.
- CHOFFAT, P. (1887): «Recherches sur les terrains secondaires au sud du Sado», *Com. Trab. Geol. Portugal*, 1: 22-312.
- CLEGG, J. A.; DEUTSCH, E. R.; EVERITT, C. W. & STUBBS, P. H. S. (1957): «Some recent palaeomagnetic measurements made at Imperial College, London», *Academic Physics*, 6: 219-231.
- COGNÉ, J. F. (1983): «Étude paléomagnétique et deformation inverse de l'aimantation de séries naturelles déformés. Les schistes rouges des Alpes Maritimes et du Col de Somport (Pyrénées occidentales) Thèse 3^{ème} cycle, Univ. Rennes, 108 pp.
- DINARÉS-TURELL, J. & PARÉS, J. M. (1991): «Revisión de los datos paleomagnéticos del Jurásico y Cretácico de la placa ibérica», *III Coloquio del Cretácico de España*, Morella (Castellón), Resúmenes de las comunicaciones, p. 25.
- DINARÉS-TURELL, J.; MCCLELLAND, E. & SANTANACH, P. (1991): «Significado de la fábrica magnética de algunas rocas sedimentarias de las unidades sudpirenaicas», *Rev. Soc. Geol. España*, 4 (1-2): 179-186.
- FISHER, R. A. (1953): «Dispersion on a sphere», *Proc. R. Soc. London*, A-217: 295-305.
- HALLMAN, A. (1983): «Supposed Permo-Triassic megashear between Laurasia and Gondwana», *Nature*, 301: 499-502.
- KIRSCHVINK, J. L. (1980): «The least-squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data», *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 62, 699-718.
- McFADDEN, P. L. & McELHINNY, M. W. (1990): «Classification of the reversal test in palaeomagnetism», *Geophys. J. Int.*, 103: 725-729.
- MOREL, P. & IRVING, E. (1981): «Paleomagnetism and the evolution of Pangea», *J. Geophys. Res.*, 86: 1858-1872.
- PALAIN, C. (1968): «Preuves paléontologiques de l'existence de Keuper au Portugal dans la province de l'Algarve», *C. R. Acad. Sci. Paris*, 267: 694-696.

- PALAIN, C. (1975): *Une série détritique terrigène. Les "Grès de Silves": Trias et Lias inférieur du Portugal*, Thèse Univ. Nancy, 503 pp.
- (1977): «Age et paleogeographique de la base mesozoique (serie des "Grès de Silves") de l'Algarve, Portugal meridional», *Cuad. Geol. Iber.*, 4: 259-268.
- PARÉS, J. M.; BANDA, E. & SANTANACH, P. (1988): «Paleomagnetic results from the southeastern margin of the Ebro Basin (NE Spain): Evidence for a Tertiary clockwise rotation», *Phys. Earth Planet. Int.*, 52: 267-282.
- REY, D.; TURNER, P. & RAMOS, A. (1992): «Paleomagnetic evidence of distributed deformation in central Spain», *Annales Geophysicae*, 1, 10: C27.
- SCHOTT, J. J. (1985): *Paléomagnétisme des séries rouges du Permien, du Trias et du Crétacé inférieur dans les Chaînes pyrénéo-cantabrique, et nord-ouest ibérique*, Implications géodynamiques. Thèse Doct. Etat, Univ. Strasbourg I, 382 pp.
- SCHOTT, J. J. & PERES, A. (1988): «Paleomagnetism of Permo-Triassic red beds in the western Pyrennes: evidence for strong clockwise rotations of the Paleozoic units», *Tectonophysics*, 156: 75-88.
- (1987): «Paleomagnetism of the Lower Cretaceous red beds from northern Spain: evidence for a multistage acquisition of magnetization», *Tectonophysics*, 139: 239-253.
- SCHWARZ, E. J. (1963): «A paleomagnetic investigation of Permo-Triassic red beds and andesites from the Spanish Pyrenees», *J. Geophys. Res.*, 68: 3265-3271.
- SMITH, A.; HURLBY, A. M. & BRIDEN, J. (1980): *Phanerozoic palaeocontinental World Maps*, Cambridge: Cambridge University Press.
- SOPENA, A.; VIRGILI, C.; ARCHE, A.; RAMOS, A. & HERNANDO, S. (1983): «El Triásico», en *Libro Jubilar J. M. Rios, Geología de España*, vol. 2, 47-62, Madrid: Inst. Geol. Min. España.
- SOPENA, A.; LÓPEZ-GÓMEZ, J.; ARCHE, A.; PÉREZ-ARLUCEA, M.; RAMOS, A.; VIRGILI, C. & HERNANDO, S. (1988): «Permian and Triassic rift basins of the Iberian Peninsula», en W. Mnspeizer (Editor), *Triassic-Jurassic Rifting. (Development in Geotectonics, 22B)*, Elsevier, Amsterdam, 757-786.
- STAUFFER, K. W. & TARLING, D. H. (1971): «Age of the Bay of Biscay: New paleomagnetic evidence», en *Histoire Structurale du Golfe de Gascogne*, ed. Technip, II, 2, 1-18.
- TURNER, P.; RAMOS, A. & SOPENA, A. (1984): «Datos paleomagnéticos del Pérmico y Triásico de la Cordillera Ibérica», *Primer Congreso Español de Geología*, vol. III: 289-301.
- TURNER, P.; TURNER, A.; RAMOS, A. & SOPENA, A. (1989): «Palaeomagnetism of Permo-Triassic rocks in the Iberian Cordillera, Spain: acquisition of secondary and characteristic remanence», *J. Geol. Soc. London*, 146: 61-76.
- VAN DER LINGEN, G. J. (1960): «Geology of the Spanish Pyrenees, north of Canfranc, Huesca Province», *Estud. Geol.*, 16: 205-242.
- VAN DER VOO, R. (1967): «The rotation of Spain: paleomagnetic evidence from the Spanish Meseta», *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 3: 393-416.
- (1968): «Geology and paleomagnetism of lower Triassic sediments in an anticlinal structure east of Atienza (Guadalajara prov., Spain)», *Geol. Minjbow*, 47: 186-190.
- (1969): «Paleomagnetic evidence for the rotation of the Iberian Peninsula», *Tectonophysics*, 7: 5-56.
- (1993): «Paleomagnetism of the Atlantic, Tethys and Iapetus oceans», *Cambridge University Press*, 411 pp.

- VAN DER VOO, R. & BOESSENKOOL, A. (1973): «A Permian paleomagnetic result from the Western Pyrenees delineating the plate boundary between the Iberian Peninsula and stable Europe», *J. Geophys. Res.*, 78: 5118-5127.
- VAN DER VOO, R.; MAUK, F. J. & FRENCH, R. B. (1976): «Permian-Triassic continental configurations and the origin of the Gulf of Mexico», *Geology*, 4: 177-180.
- VANDENBERG, J. (1980): «New palaeomagnetic data from the Iberian Peninsula», *Geol. Mijnbow*, 59 (1): 49-60.
- VAN DOGEN, P. G. (1967): «The rotation of Spain: paleomagnetic evidence from the eastern Pyrenees», *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 3: 417-432.

Manuscrito recibido: 27 junio 1994

Manuscrito aceptado: 14 abril 1995