

Datos magnetotectónicos del Eoceno de la Cuenca de Jaca-Pamplona: resultados iniciales

Initial magnetotectonic reports on the Eocene of The Jaca-Pamplona Basin

J.C. Larrasoaña Gorosquieta (*) (**), E.L. Pueyo Morer (*) (**), J. del Valle de Lersundi, H. Millán Garrido (**), J.M. Parés (*), A. Pocoví Juan (**) y J. Dinarés Turell (***)

(*) Lab. de Paleomagnetismo, ICT «Jaume Almera» CSIC c/ Martí i Franqués s/n 08028 Barcelona.

(**) Dpto de Geología, Fac. de Ciencias, Univ. de Zaragoza. Pza S. Francisco s/n. 50009 Zaragoza.

(***) Paleomagnetic laboratory Fort Hoofddijk. Budapestlaan 17 3584 CD Utrecht. Netherlands

ABSTRACT

This paper presents the first magnetotectonic data of the central fringe of the Jaca-Pamplona Basin. These data have been obtained from 16 sites located in marls, turbidites and limestones of Eocene age. In the central and eastern sectors of the basin appear void, clockwise and counterclockwise rotations, that are involved in a trend of thrusts and folds detached within Eocene the turbidites. This fact suggests the superimposition of a counterclockwise rotation associated to this trend with the clockwise rotation linked to the South Pyrenean Basal thrust sheet. Otherwise, in the west part of the basin, the existence of both clockwise and void rotations suggest a more complex structural evolution than was previously realized from other geological data.

Key words: paleomagnetism, magnetotectonic, rotation, Eocene, Jaca-Pamplona Basin, Pyrenees.

*Geogaceta, 20 (5) (1996), 1058-1061
ISSN:0213683X*

Introducción

La cuenca de Jaca-Pamplona constituye el sector occidental de la cuenca surpirenaica situado entre el anticlinal de Boltaña y la alineación de diapiros navarros o falla de Pamplona. A grandes rasgos presenta una geometría de sinforme asimétrico vergente al S, en el que su flanco septentrional representa la elevación de la cobertera mesozoico-terciaria sobre el apilamiento antiformal de la zona axial y su flanco meridional marca la emersión frontal del cabalgamiento basal surpirenaico sobre la Cuenca del Ebro, a lo largo de las Sierras Exteriores Prepirenaicas. Su estratigrafía comprende el Triásico superior en facies Keuper, la serie marina depositada en el contexto de la cuenca de antepaís surpirenaica (que incluye al Mesozoico, Paleoceno y Eoceno inferior y medio), la serie regresiva de edad Eoceno medio y superior que marca el paso a una cuenca de piggy-back y los materiales continentales oligo-miocenos que registran las últimas fases de la evolución estructural de la cuenca.

En los últimos años, la realización de estudios paleomagnéticos en varios sectores de la vertiente meridional del Pirineo ha demostrado la existencia de rotaciones tectónicas asociadas al emplazamiento de las diferentes láminas surpirenaicas, con las implicaciones paleogeográficas y estructurales que ello con-

lleva (Bates, 1989; Dinarés *et al.*, 1991). Así, Hogan (1993) y Pueyo *et al.* (1994) corroboran y cuantifican en 18 y 47°, respectivamente, la máxima rotación horaria detectada en la cobertera del margen SE de la cuenca de Jaca-Pamplona (Sierras Exteriores Aragonesas), que ya había sido postulada por Puigdefábregas (1975) y Millán *et al.* (1992) en base a criterios paleogeográficos y estructurales.

El objetivo de este trabajo es la constatación de la extensión de dicho giro al resto de la cuenca, en relación a los distintos elementos estructurales que la configuran, a partir de los primeros datos paleomagnéticos obtenidos en los materiales eocenos de la misma.

Metodología y resultados

En este trabajo se ha realizado el análisis de más de 150 muestras provenientes de 16 estaciones de muestreo ubicadas en las turbiditas, calizas de plataforma y margas que caracterizan el Eoceno marino de la cuenca de Jaca-Pamplona (Fig. 1). La desmagnetización térmica de las muestras a intervalos de 50° y/o 20° C y la medida de la Magnetización Remanente Natural (MRN) durante dicho proceso se ha realizado respectivamente con un horno TSD-1 y con un magnetómetro criogénico de tres ejes GM-400. También se ha efectuado un seguimiento de la susceptibilidad magnética (K) durante el tratamiento térmico

y varios ensayos de Magnetización Remanente Isotérmica (MRI).

Todas las muestras analizadas han mostrado un comportamiento magnético similar, habiéndose comprobado, gracias a los ensayos de MRI, la presencia de minerales magnéticos de baja coercitividad (tipo magnetita o sulfuros de hierro) como portadores de la magnetización (Fig. 2A). La MRN inicial, que oscila entre 0,2 y 11 E-4 A/m, desciende progresivamente durante la desmagnetización hasta quedar por debajo de la resolución del magnetómetro, o bien incrementar finalmente su valor como respuesta a la formación de nuevas fases magnéticas en el horno, detectadas por el aumento de la susceptibilidad magnética que se observa a partir de los 250° C (Fig. 2B). La desmagnetización de la MRN, cuya evolución espacial se ha representado tanto en diagramas ortogonales de desmagnetización como en proyección estereográfica (Fig. 2C), ha permitido detectar varias componentes: a) el campo geomagnético actual y/o una componente viscosa que se define entre 20° y 100-200° C y que no aparece en todas las muestras. b) una componente de temperatura intermedia (entre 100-150° y 250-340° C), de intensidad y orientación variables. c) una componente característica, definida entre 250-340° y 400-460° C.

La dirección característica para cada muestra ha sido obtenida utilizando el método

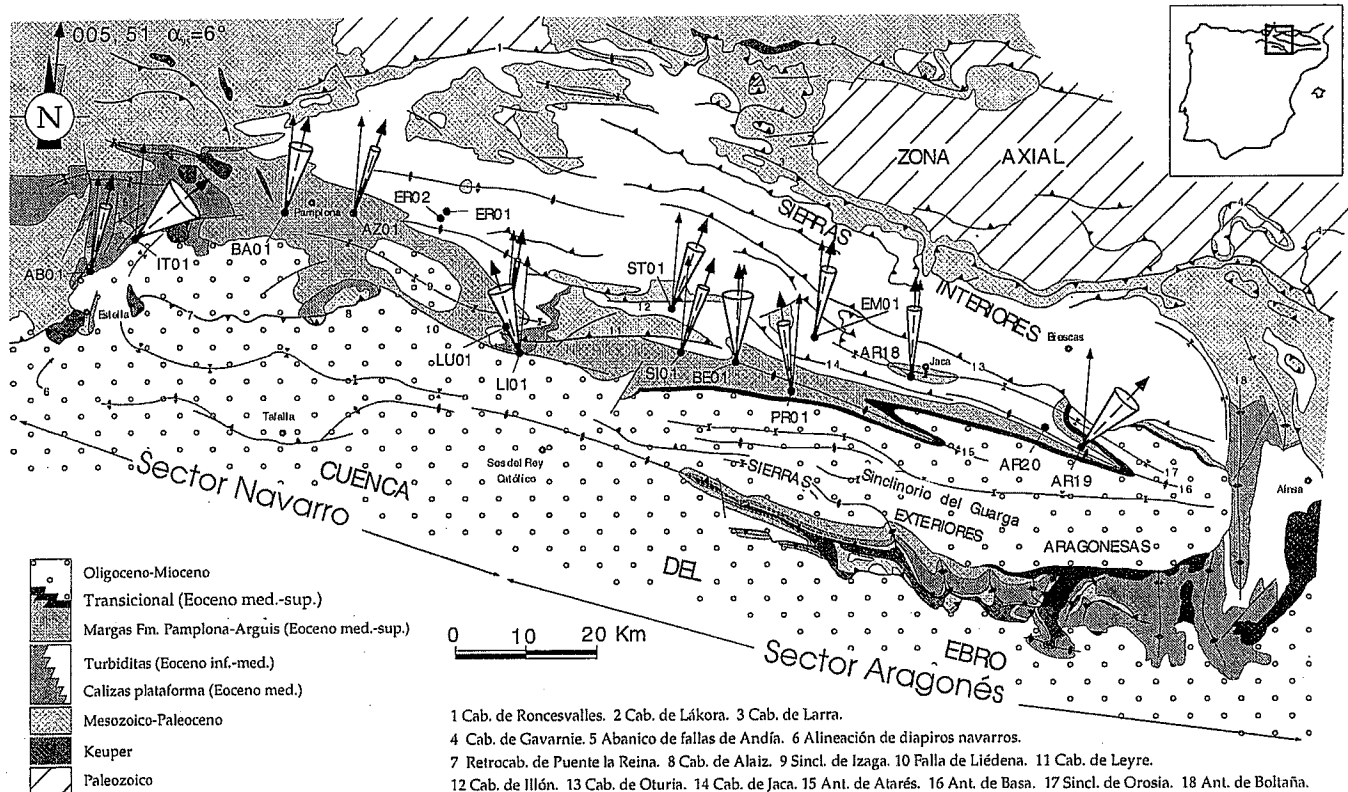


Fig. 1.- Esquema geológico de la zona estudiada, en el que se han situado las estaciones de muestreo analizadas. Para cada estación se ha representado, la dirección paleomagnética calculada (flecha gruesa), el ángulo de confianza α_{95} (cono), y la dirección Eocena de referencia (005,51) (flecha fina).

Fig. 1.-Geological sketch of the study area and location of the sampling sites. The obtained paleomagnetic direction (thick arrow), the confidence angle α_{95} (cone) and the Eocene reference direction (005,51) (thin arrow), have been represented for each site.

de Kirschvink (1980) (Análisis de Componentes Principales), y los métodos de Bailey & Hall (1982) (Círculos de desmagnetización de direcciones secundarias) y de Sheepers & Zijdeveld (1992) (Rutina de apilamiento) cuando el primer método no ha dado resultados satisfactorios.

El carácter primario de las direcciones características calculadas está avalado por la existencia de polaridades normales e inversas, el paso del test del pliegue realizado en algunas de las estaciones (Fig. 3) y la similitud entre el valor medio de las inclinaciones obtenidas y la inclinación de referencia.

Discusión y conclusiones

La detección de rotaciones tectónicas asociadas a cinturones de cabalgamientos se realiza comparando las direcciones primarias calculadas para dichas zonas móviles con la dirección de referencia obtenida en una zona estable. La dirección de referencia eocena utilizada en este trabajo ($D=005, I=51; \alpha_{95}=6^\circ$), ha sido la calculada por Dinarés *et al.* (1991) a partir del paleopolo Eoceno de la placa europea (Westphal *et al.*, 1986) cuya declinación ha sido corroborada en el bloque inferior de las Sierras Exteriores Aragonesas ($D=005, I=38; \alpha_{95}=8^\circ$) por Pueyo *et al.* (1996 en rev.),

ya que no existe ningún paleopolo Eoceno de referencia para la placa ibérica.

Así, las rotaciones detectadas en este trabajo muestran valores variables entre -22° y 47° (considerándose, por convenio, el signo negativo como rotación antihoraria y el signo positivo como rotación horaria, ambos respecto a la referencia). Con el fin de discriminar cuales de ellas son estadísticamente significativas se ha aplicado el método propuesto por Demarest (1983), que considera los valores de los conos de confianza y la diferencia angular existente entre cada dirección calculada y la de referencia. En la Tabla 1 se muestran, junto con los datos paleomagnéticos previos, las rotaciones obtenidas, que aparecen representadas gráficamente en la Figura 1.

En la zona central y oriental de la cuenca (que incluye al denominado sector aragonés y la parte oriental del sector navarro), se observa un conjunto de pliegues y cabalgamientos de rumbo WNW-ESE despegados dentro de las turbiditas (Millán *et al.* 1994) que tienden a decrecer en número y complejidad hacia el E. Este hecho implicaría un aumento hacia el W del acortamiento asociado a dichas estructuras, y por tanto una rotación antihoraria de los materiales en ellas involucrados. Los datos paleomagnéticos obtenidos en dicho sector muestran (Tabla 1), sin embargo, tanto la au-

sencia de rotaciones en algunas estaciones (AR18, EM01, BE01, LU01) como la existencia de rotaciones significativas en sentido horario (ST01 con 17° , SI01 con 15° y AR19 con 39°) y antihorario (LI01 con -22° y PR01 con -12°). Una hipótesis que podría explicar este hecho pasaría por considerar que todo el sinclínorio del Guarga y el conjunto de estructuras anteriormente comentadas están involucrados en el emplazamiento rotacional horario de la lámina cabalgante basal surpirenaica, despegada en un nivel estructuralmente inferior (Keuper). Dicho emplazamiento rotacional horario, demostrado en las Sierras Exteriores Aragonesas (Pueyo *et al.*, 1994, Pueyo *et al.* 1995 y Millán *et al.*, 1996), habría modificado en mayor o menor grado las rotaciones antihorarias asociadas a las estructuras despegadas en las turbiditas eocenas.

En lo que se refiere al sector occidental, se han obtenido tanto valores nulos de rotaciones (AB01, BA01) como valores significativos en sentido horario (IT01 con 47° y AZ01 con 14°). Estos datos no parecen concordar con la rotación antihoraria que se podría esperar en la zona a partir, tanto del movimiento sinistro atribuido clásicamente a la falla de Pamplona (Froué, 1989; Del Valle, 1994), como del efecto de freno que la ausencia de Keuper en la zona situada al NE de Tafalla

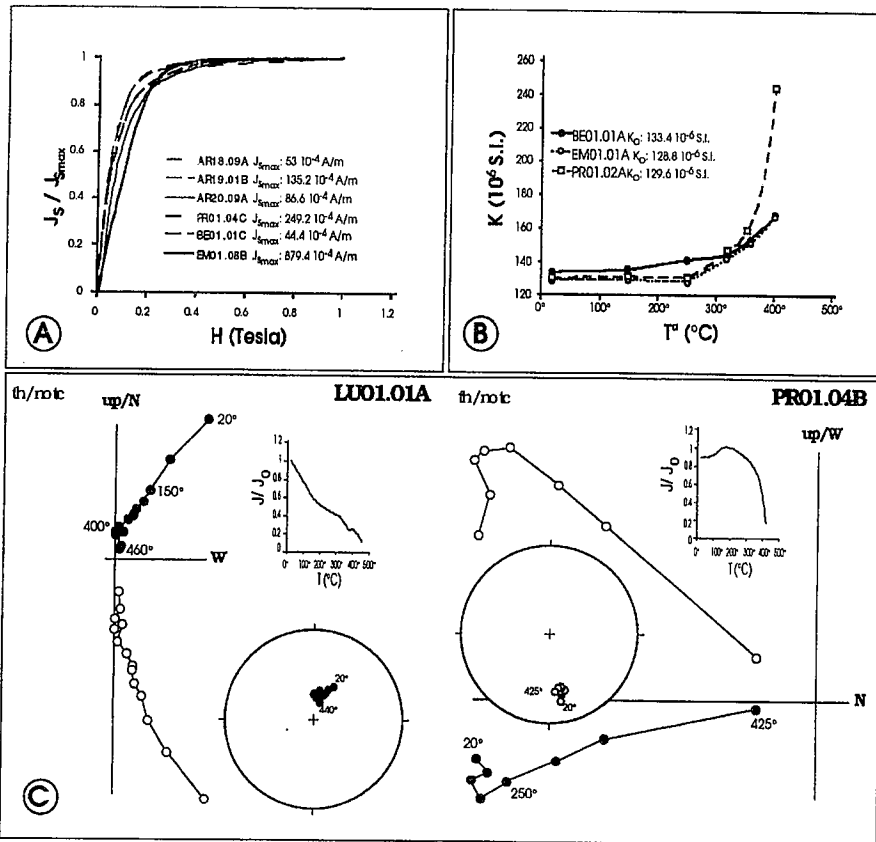


Fig. 2.- A) Curvas de adquisición de Magnetización Remanente Isotérmica (MRI) de varias muestras representativas. B) Variación de la Susceptibilidad Magnética (K) con la temperatura de varias muestras significativas. C) Representación de la evolución de la Magnetización Remanente Natural (MRN) durante la desmagnetización de dos muestras significativas.

Fig. 2.- A) Acquisition curves of Isothermal Remanent Magnetization (IRM) for some representative samples. B) Variation of Magnetic Susceptibility (K) versus temperature for some significant samples. C) Evolution of the Natural Remanent Magnetization (MRN) during demagnetization for two significant samples.

EST.		n/N	A&I (acc)	α_{95}	K	η	A&I (dcc)	β
SECTOR ARAGONÉS	AR19	9/11	189, 49	13°	17	2	044, 59	+39
	AR20	10/10	001, 03	34°	3	1	---	---
	AR18	10/10	183, -42	6°	61	2	003, 43	-2
	PR01	11/11	174, -38	5°	104	1	173, -41	-12
	EM01	7/11	008, -22	6°	111	1	012, 23	+7
	BE01	11/11	350, 34	13°	13	1	002, 44	-3
SECTOR NAVARRO	SI01	9/9	020, 40	5°	128	1	020, 54	+15
	ST01	9/9	202, -39	6°	118	1	202, -35	+17
	LI01	9/9	221, 84	11°	21	1	343, 12	-22
	LU01	9/9	005, 69	2°	600	1	010, 43	+5
	ER01	10/10	223, 73	>35°	<5	3	---	---
	ER02	10/11	296, 60	>35°	<5	2	---	---
SECTOR NAVARRO	AZ01	10/10	188, -50	4°	116	1	199, -57	+14
	BA01	9/11	022, 39	10°	26	1	014, 63	+9
	IT01	9/9	021, 36	21°	11	1	052, 51	+47
	AB01	10/10	198, -48	5°	81	1	193, -57	+8

Tabla 1- Datos paleomagnéticos: EST: estación, n/N: número de muestras utilizadas/número de muestras, A&I (acc): declinación e inclinación sin corrección tectónica, α_{95} : ángulo de confianza, K: parámetro de precisión, η : número de métodos utilizados, A&I (dcc): declinación e inclinación con corrección tectónica, β : rotación calculada (*: rotaciones no significativas). En la estación ST01 (test del pliegue) se dan los datos sin corrección tectónica de los dos flancos y el dato corregido una vez restituida la estratificación.

Table 1- Paleomagnetic data: EST: site, n/N: number of used samples/number of samples, A&I (acc): declination and inclination before tectonic correction, α_{95} : confidence angle, K: precision parameter, η : number of methods applied, A&I (dcc): declination and inclination after tectonic correction, β : obtained rotation (*: not significant rotations). In ST01 site (fold test) data of both limbs without tectonic correction are given, as well as corrected data with bedding correction.

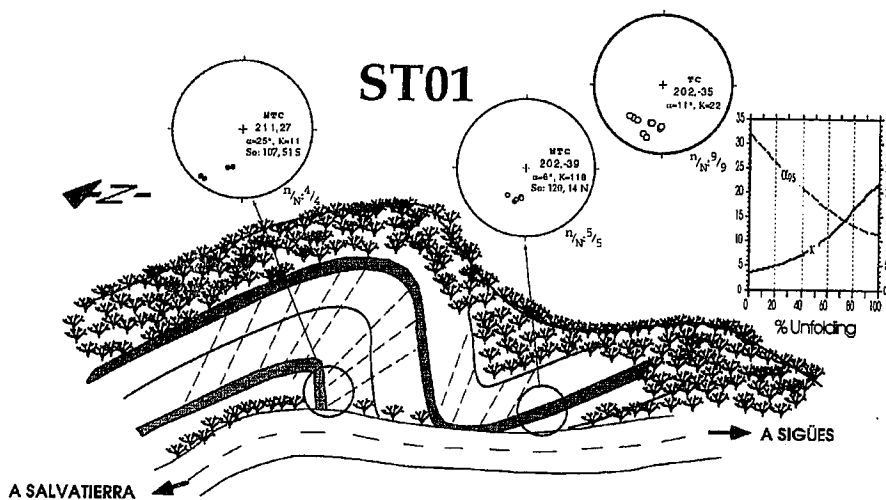


Fig. 3.- Test del pliegue de la estación ST01. Se ha representado un esquema de campo del afloramiento con las direcciones obtenidas para cada flanco. Se observa que los valores de K y α_{95} son óptimos restituyendo la estratificación.

Fig. 3.- Fold test of ST01 site. A field sketch and a stereonet with paleomagnetic directions for each limb have been represented. K and α_{95} show optimum values after bedding correction.

habría producido en el emplazamiento del cabalgamiento de Alaiz (Del Valle, 1994). Sin embargo, los datos obtenidos si que parecen ser compatibles con el modelo genético propuesto por Gil y Liesa (1994) para el abanico de fallas de Andía. Según dicho modelo, el grado de extensión diferencial que se observa en dicho sistema estaría relacionado con la rotación horaria asociada a la formación del pliegue cónico de Puente la Reina, y por tanto con el cabalgamiento de Alaiz, que cubija la Cuenca de Pamplona (Del Valle, 1994). Aunque los resultados obtenidos no permiten todavía descartar ni afirmar ninguna de las dos hipótesis, si que parecen apuntar, en cualquier caso, que la actuación del cabalgamiento basal surpirenaico en el sector navarro y de la falla de Pamplona puede ser más compleja de la postulada hasta ahora en base a criterios geológicos.

Agradecimientos

Investigación financiada por el proyecto PB93-1218 DGICYT (MEC) por una beca de investigación de la comunidad Foral de Navarra al primero de los firmantes y por una beca FPU (MEC) al segundo de los firmantes

Referencias

- Bailey, R.C. y Halls, H.C. (1984). *J. Geophys. Res.*, 54, 174-182
- Bates, M.P. (1989). *J. Geol. Soc. London*, 146, 459-476.
- Del Valle, J. (1994). *Docum. Interna*, Gob. de Navarra.
- Demarest, H. H. (1983). *J. Geophys. Res.*, 88: 4321-4328.
- Dinarés, J.; Mc Clelland, E. y Santanach, P. (1991). *Thrust tectonics*. ed. K.R. Mc Clay, Chapman & Hall, 265-276
- Froute, J. Y. (1989). *Thèse Doctoral*, Univ. Pau. 220 p.
- Hogan, P. (1993). Ph. D. *Thesis*, Univ. Southern California., 208 pp.
- Gil, I. y Liesa, C. (1994). *II Cong. del G.E.Terciario*. Coms.: 117-120.
- Kirschvink, J.L. (1980). *Geophys. J.R. Astron. Soc.*, 62, 699-718
- Millán (1996). *Tesis Doctoral*, Universidad Zaragoza. 330 pp.
- Millán, H.; Martínez Peña, B.; Aurell, M.; Pocoví, A.; Arenas, C.; Pardo, G.; Melendez, A. (1994). *II Cong. G.E. Terciario*, Guía de Excursiones: 135-248.
- Millán Garrido, H.; Parés, J.M.; Pocoví, A. (1992). *III Cong. Geol. España*, 2: 140-149.
- Pueyo, E. L.; Millán, H.; Pocoví, A.; Parés, J. M. (1996, en rev.). *Earth Planet. Sci. Lett.*
- Pueyo E.L.; Millán, H.; Pocoví, A.; Parés, J.M. (1995) *XIII Cong. del G.E.Sediment.* (Teruel) Coms.: 105-106.
- Pueyo, E.L.; Parés, J.M.; Millán, H.; Pocoví, A. (1994) *II Cong. del G.E.T.(Jaca)* Coms.: 185-188.
- Puigdefábregas, C. (1975). *Pirineos*, 104: 1-188.
- Scheepers, P.J.J. y Zijdeveld, J.D.A. (1992). *Geophys. Res. Lett.*, 19(14), 1519-1522
- Westphal, M.; Bazhenov, M. L.; Lauer, J. P.; Pechersky D. M; Sibuet J. C. (1986). *Tectonophysics*, 123 :37-83.