

ESTUDIO PRELIMINAR DE LOS MATERIALES COMPRENDIDOS EN EL TRÁNSITO EOCENO-OLIGOCENO EN EL BORDE SE DE LA CUENCA DEL EBRO

J.O.Pascual(1) y J.M.Parés(1)

(1) Institut de Ciències de la Terra (Jaume Almera) C.S.I.C., c/ Martí i Franquès s/n, 08028 BARCELONA.

RESUMEN

En el presente trabajo se expone básicamente el comportamiento y características magnéticas de una serie de unidades litológicas seleccionadas en el borde SE de la Cuenca del Ebro. Dado el carácter de estudio preliminar no se abordarán las cuestiones de identificación de magnetozonas ni de correlación magnetoestratigráfica. Así pues, hemos seleccionado una serie de afloramientos a lo largo de una sección estratigráfica que cubre el tránsito Eoceno-Oligoceno a fin de abarcar el máximo número posible de unidades litológicas distintas. Las magnetizaciones que presentan los materiales estudiados son primarias y permiten caracterizar polaridades normales e inversas a lo largo de la sección. La medida de la anisotropía de la susceptibilidad magnética refleja una fábrica sedimentaria en las areniscas de la unidad de San Genis que indicaría una dirección de paleocorrientes NW-SE.

Palabras clave: Paleomagnetismo, Anisotropía magnética, Cuenca del Ebro, Eoceno-Oligoceno, NE de España

ABSTRACT

In this study the characteristics and magnetic behavior of different litological units selected along the SE margin of the Ebro Basin, are presented. Thus, we have selected several sites along a stratigraphic section which covers the Eocene-Oligocene boundary for a study of the magnetic behavior. The limestones and sandstones magnetization is primary in origin and allow to characterize normal and revers polarities along the section. The anisotropy of the magnetic susceptibility shows a sedimentary fabric in the sandston of the San Genis unit, resulting from a NW-SE paleocurrent.

Key words: Paleomagnetism, Magnetic anisotropy, Ebro Basin, Eocene-Oligocene, NE Spain.

Pascual, J.O. y Parés, J.M. (1990): Estudio preliminar de los materiales comprendidos en el tránsito Eoceno-Oligoceno en el borde SE de la Cuenca del Ebro. *Rev. Soc. Geol. España*, 3: 323-333.

Pascual, J.O. and Parés, J.M. (1990): Preliminary study of the materials in Eocene-Oligocene boundary at the southeastern border of the Ebro Basin. *Rev. Soc. Geol. España*, 3: 323-333.

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este trabajo es dar a conocer los resultados de un estudio paleomagnético preliminar de los materiales en el tránsito Eoceno-Oligoceno de un pequeño sector del margen SE de la Cuenca del Ebro. El primer problema que se plantea previamente al desarrollo de cualquier trabajo es la caracterización de los rasgos del comportamiento magnético en diversas litologías: estabilidad, componentes magnéticos y sus direcciones, mineralogía magnética, etc. Una de las cuestiones que se aborda es la fiabilidad de las direcciones determinadas, es decir, la posible influencia de la fábrica sedimentaria en la orientación de la magne-

tización, para lo cual hemos analizado la anisotropía de la fábrica magnética.

Se ha centrado este trabajo preliminar en este área por dos motivos: (i) la excelente exposición de los materiales, así como su buen conocimiento desde el punto de vista bioestratigráfico (Anadón *et al.*, 1987; Agustí *et al.*, 1987; Arbiol y Saez, 1988) y (ii) por el hecho de disponer previamente de datos paleomagnéticos del Eoceno de áreas próximas (Banda *et al.*, 1986; Parés, 1988). Los afloramientos se han elegido de manera que de las distintas litologías que aparecen en la zona de trabajo queden representadas el máximo número de ellas. Se ha tenido en cuenta, entre otros criterios el grado de alteración de las rocas.



Fig.1.-Localización geográfica del área de estudio.
Fig.1.-Geographic location of the study area.

2. MARCO GEOLÓGICO

La Cuenca del Ebro se desarrolló durante el Paleógeno como una cuenca de antepaís de los Pirineos, aunque la Cordillera Ibérica y la Cadena Costera Catalana actuaron también como márgenes activos, dando lugar a una tectónica paleógena diferente en cada uno de los márgenes de la cuenca (Anadón *et al.*, 1985; Puigdefàbregas *et al.*, 1986).

Los surcos sedimentarios principales se hallan en el norte de la cuenca, donde el sustrato pre-Terciario alcanza unas profundidades comprendidas entre 3000 y 5000 metros (Riba *et al.*, 1983). Los sedimentos terciarios descansan horizontalmente en gran parte de la cuenca y están deformados principalmente a lo largo de los márgenes de la cuenca, donde los materiales están incorporados en los edificios estructurales circundantes: Pirineos, Cordillera Ibérica y Cordillera Costera Catalana.

Durante el Eoceno tuvieron lugar dos ciclos marinos, de transgresión-regresión (Anadón *et al.*, 1979), que dieron lugar a amplias plataformas. Desde el Eoceno superior más alto hasta el Mioceno medio, la Cuenca del Ebro fue un surco endorreico en el que se depositaron exclusivamente sedimentos no marinos. Desde los márgenes de la cuenca hacia sus sectores más interiores se desarrollaron importantes sistemas de abanicos aluviales y redes fluviales distributivas. A lo largo de los márgenes meridionales de la cuenca definidos por fallas activas, se depositaron las facies conglomeráticas proximales de algunos de estos sistemas. Relacionados con las partes distales y marginales de los depósitos aluvio-fluviales, se desarrollaron importantes depósitos lacustres y evaporíticos, formados en extensos

sistemas lacustres endorreicos (Riba *et al.*, 1971; Anadón *et al.*, 1985, 1986, 1987).

La zona de estudio se encuentra en el borde SE de la cuenca, entre la localidad de Igualada y el puerto de La Panadella (ver Fig. 1). Los afloramientos muestreados así como las series levantadas en cada uno de ellos quedan representados en las figuras 2 y 3. Tal como se indica en la figura 2(II) la base de la serie está constituida por los yesos de Odena (B) que, lateralmente y hacia el SW, pasan a las calizas coralinas de la Fm. Tossa (A), no representadas en la cartografía. Encima se encuentran las lutitas rojas y areniscas de San Genis (D), con esporádicos conglomerados o yesos que representan los materiales distales de los conglomerados de la Fm. S. Miquel. Por otro lado los conglomerados, areniscas y lutitas de la Sierra de Cantagalls (G) representan los materiales distales de Montserrat. Entre estos dos frentes aparecen los yesos y margas de Jorba (E), los yesos y margas de Clariana (F), las margas grises, areniscas y calizas de S. Gallart-Copons (H), las areniscas, calizas y margas de S. Jaume-Veciana (I) y las margas grises de Santa Coloma de Queralt (J). Hacia

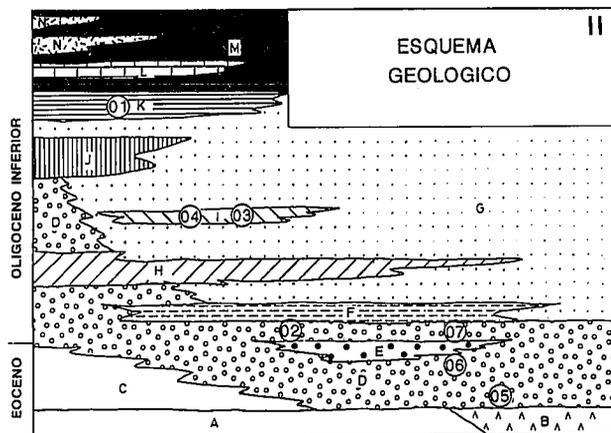
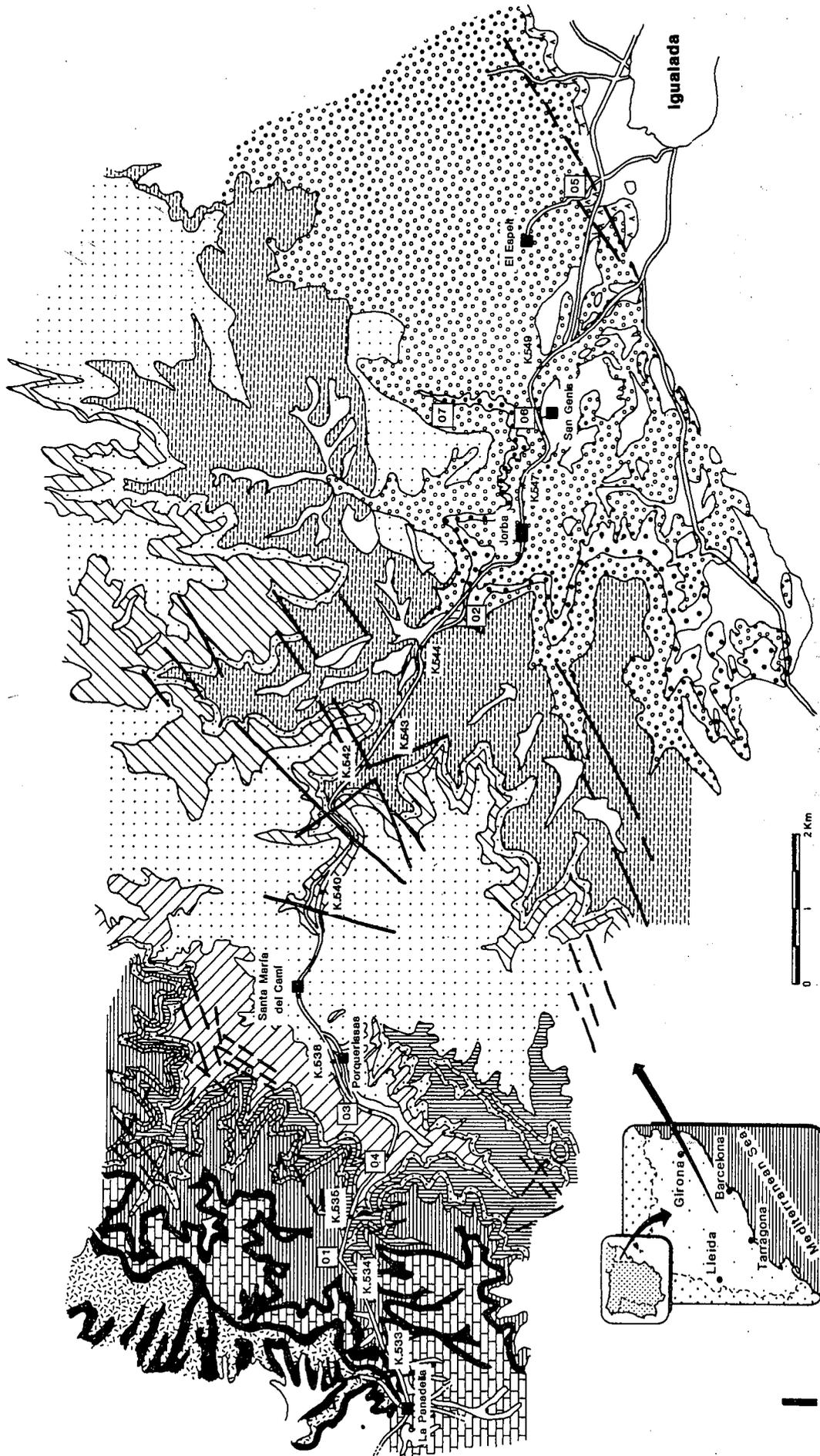


Fig.2.-Mapa (I) y esquema geológico (II) del área de estudio según B. Coldeforns (Inédito). A.- Calizas coralinas de la Fm. Tossa. B.- Yesos de Odena. C.- Conglomerados con intercalaciones de areniscas y lutitas rojas de la Fm. San Miquel. D.- Lutitas rojas y areniscas de San Genis, con esporádicos conglomerados y yesos. E.- Yesos y margas de Jorba. F.- Yesos y margas de Clariana. G.- Conglomerados, areniscas y lutitas de la Sierra de Cantagalls. H.- Margas grises, areniscas y calizas de S. Gallart-Copons. I.- Areniscas, calizas y margas de S. Jaume-Veciana. J.- Margas grises de Sta. Coloma de Queralt. K.- Calizas de Montmaneu. L.- Calizas de la Panadella. M.- Lutitas ocreas y areniscas feldespáticas de la Fm. Solsona. N.- Calizas de la Fm. Tarrega.

Fig.2.-Map (I) and geologic scheme (II) of studied area by B. Coldeforns (unpublished). A.- Coraline limestones from the Tossa Fm. B.- Odena gypsums. C.- Conglomerates with intercalations of red sandstone and siltstones from the San Miquel Fm. D.- Red siltstones and sandstones from San Genis with conglomerates and gypsums. E.- Gypsums and marls from Jorba. F.- Gypsums and marls from Clariana. G.- Conglomerates, sandstones and siltstones from Sierra de Cantagalls. H.- Grey marls, sandstones and limestones from S. Gallart-Copons. I.- Sandstones, limestones and marls from S. Jaume-Veciana. J.- Grey marls from Sta. Coloma de Queralt. K.- Montmaneu limestones. L.- Panadella limestones. M.- Ochre siltstones and feldespatic sandstones from Solsona Fm. N.- Tarrega Fm. limestones.



el techo de la zona se localiza el depocentro carbonatado de Montmaneu-La Panadella, representado por los materiales K y L, y los primeros niveles del depocentro carbonatado de Cervera-Talladell representados por calizas de la Fm. Tarrega (N). Entre ambos depocentros aparecen las lutitas ocre y areniscas feldespáticas de la Fm. Solsona (M) con paleocorrientes del norte que representan materiales distales de depósitos aluvio-fluviales de procedencia pirenaica.

3. ANÁLISIS PALEOMAGNÉTICO

3.1. Metodología

3.1.1. Trabajo de campo

Los testimonios han sido extraídos en el campo con un barrenador portátil lubricado con agua, equipado con brocas no magnéticas de corona adiamantada que permiten obtener testimonios de roca de 2,54 cm de diámetro y unos 10 cm de longitud. Se han orientado "in situ" con un instrumento que permite medir el azimut y la inclinación de las muestras. Esta orientación es necesaria para definir las direcciones magnéticas medidas en la muestra de roca en referencia a los ejes norte, este y vertical.

3.1.2. Trabajo de laboratorio

Para el análisis de laboratorio se cortaron todas las muestras a fin de obtener especímenes de 2,54 cm de diámetro y 2,2 cm de largo. La magnetización de todas las muestras se midió con un magnetómetro "fluxgate" rotativo (Molspin) y con un magnetómetro JR4 (Geofyzika Brno), según la intensidad magnética de la muestra. Para la susceptibilidad magnética se ha utilizado un Kappabridge KLY-2 (Geofyzika Brno), que permite medir también la anisotropía de susceptibilidad magnética (A.S.M.). Por lo que se refiere al lavado magnético de las muestras, se llevó a cabo mediante la desmagnetización térmica y la desmagnetización por campos alternantes. Las desmagnetizaciones térmicas se realizaron con un horno autoinductivo TSD-1 (Schonstedt), midiendo en cada paso la susceptibilidad para comprobar posibles cambios mineralógicos debidos al calentamiento. La desmagnetización por campos alternantes se realizó mediante un instrumento diseñado por el Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Canarias (C.S.I.C.). Los análisis de magnetización remanente isotérmica (MRI) se realizaron con un electroimán modelo N100 (Oxford Instruments Ltd.).

Los datos obtenidos en el laboratorio se han representado en diagramas ortogonales de Zijderveld (As y Zijderveld, 1958) para poder distinguir las diferentes componentes ferromagnéticas primarias y secundarias.

Estos diagramas permiten, asimismo, establecer los intervalos de la desmagnetización que definen dichas componentes.

3.2. Análisis de la desmagnetización

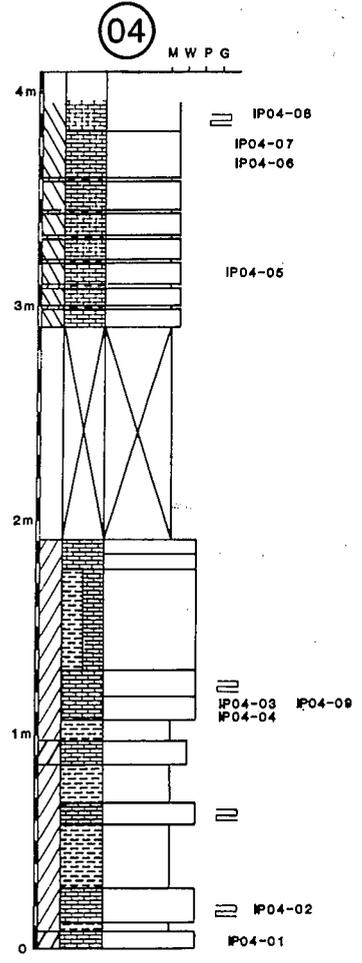
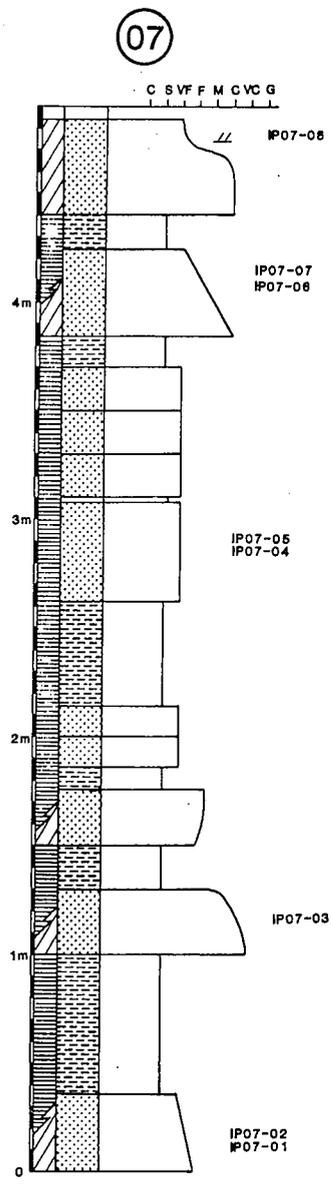
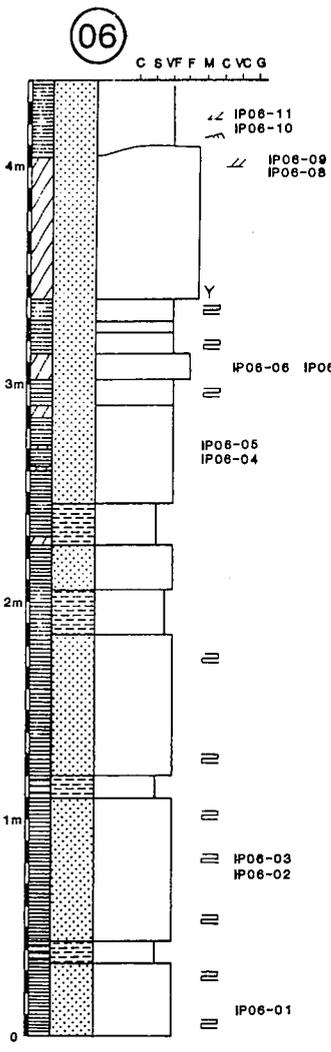
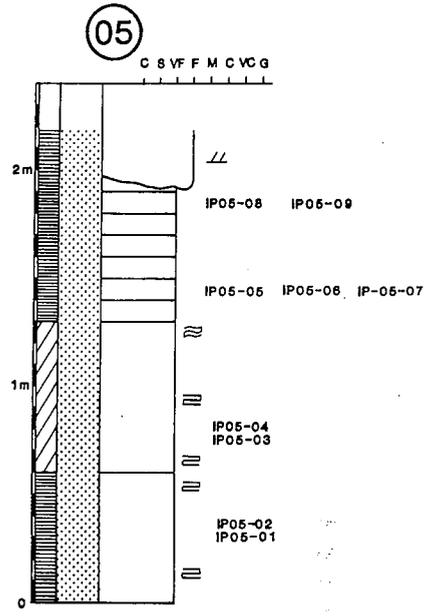
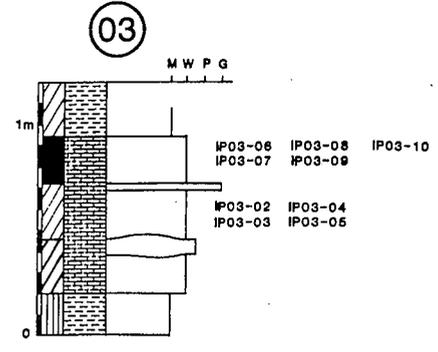
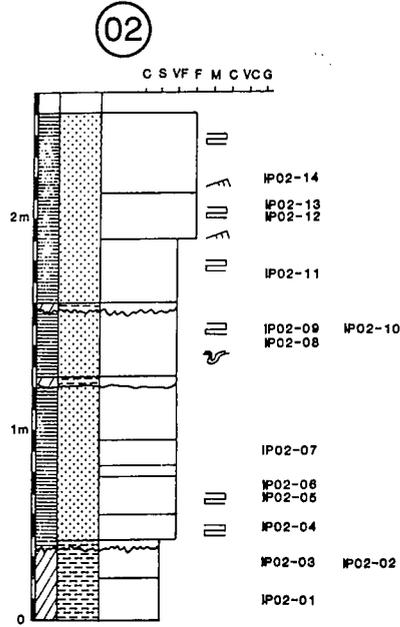
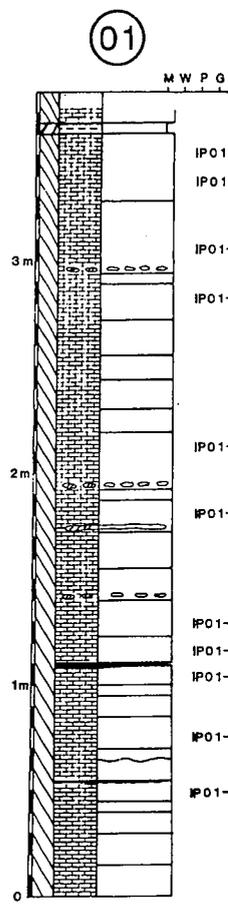
Las medidas de la magnetización remanente natural (MRN) de un total de 128 muestras da tres grandes grupos (Fig. 4). Un primer grupo de baja intensidad, entre los $7 \cdot 10^{-6}$ y $8 \cdot 10^{-5}$ A/m en el cual solo tenemos calizas. En segundo lugar, un grupo de intensidad intermedia que oscila entre los 10^{-4} y $6 \cdot 10^{-4}$ A/m en el que se encuentran todas las litologías muestreadas (lutitas grises, calizas y areniscas de grano fino y grueso) y por último, un tercer grupo de alta intensidad que varía entre los $6 \cdot 10^{-4}$ y los $5 \cdot 10^{-3}$ A/m y que está reservado, casi exclusivamente, a las areniscas de grano fino.

En la susceptibilidad inicial también se diferencian tres grandes grupos (Fig. 5). Un primer grupo de baja susceptibilidad, entre $80 \cdot 10^{-6}$ y $64 \cdot 10^{-6}$ (S.I.), en el que entran casi exclusivamente las calizas. En segundo lugar un grupo de susceptibilidad intermedia, entre $72 \cdot 10^{-6}$ y $280 \cdot 10^{-6}$ en el que tenemos todas las litologías muestreadas (calizas, lutitas grises, y areniscas de grano fino y grueso) y en tercer lugar, un grupo de susceptibilidad alta, entre los $296 \cdot 10^{-6}$ y $456 \cdot 10^{-6}$ reservado exclusivamente a las areniscas de grano fino.

↖ RIPPLES	⊖ SILEX
↗ LAM. CRUZADA	▨ CALIZA
≡ LAM. PARALELA	▤ ARENISCA
≈ LAM. ONDULADA	▧ LUTITA
∞ LAM. CONVOLUTE	■ MAT. ORGANOGENO
C CLAY	▢ ALTERNANCIA Cm-Dm
S SILT	▧ PASO PROGRESIVO
VF VERY FINE	▧ CUBIERTO
F FINE	▧ GRIS
M MEDIUM	▧ GRIS OSCURO
C COARSE	▧ OCRE
VC VERY COARSE	■ NEGRO
G GRAV.	▧ MARRON
M MUDSTONE	▧ MARRON OSCURO
W WACKSTONE	▧ ROJO
P PACKSTONE	▧ ROJO OSCURO
G GRANSTONE	

Fig.3.-Columnas estratigráficas levantadas en la zona de estudio (I) junto con la terminología utilizada (II). El número que cada columna tiene en el techo, coincide con el número del mapa geológico de la figura 2(I).

Fig.3.-Stratigraphic sections of the studied area (I) and its terminology (II). The number of the sections coincide with the outcrop numbers on the geological map (Fig. 2(I)).



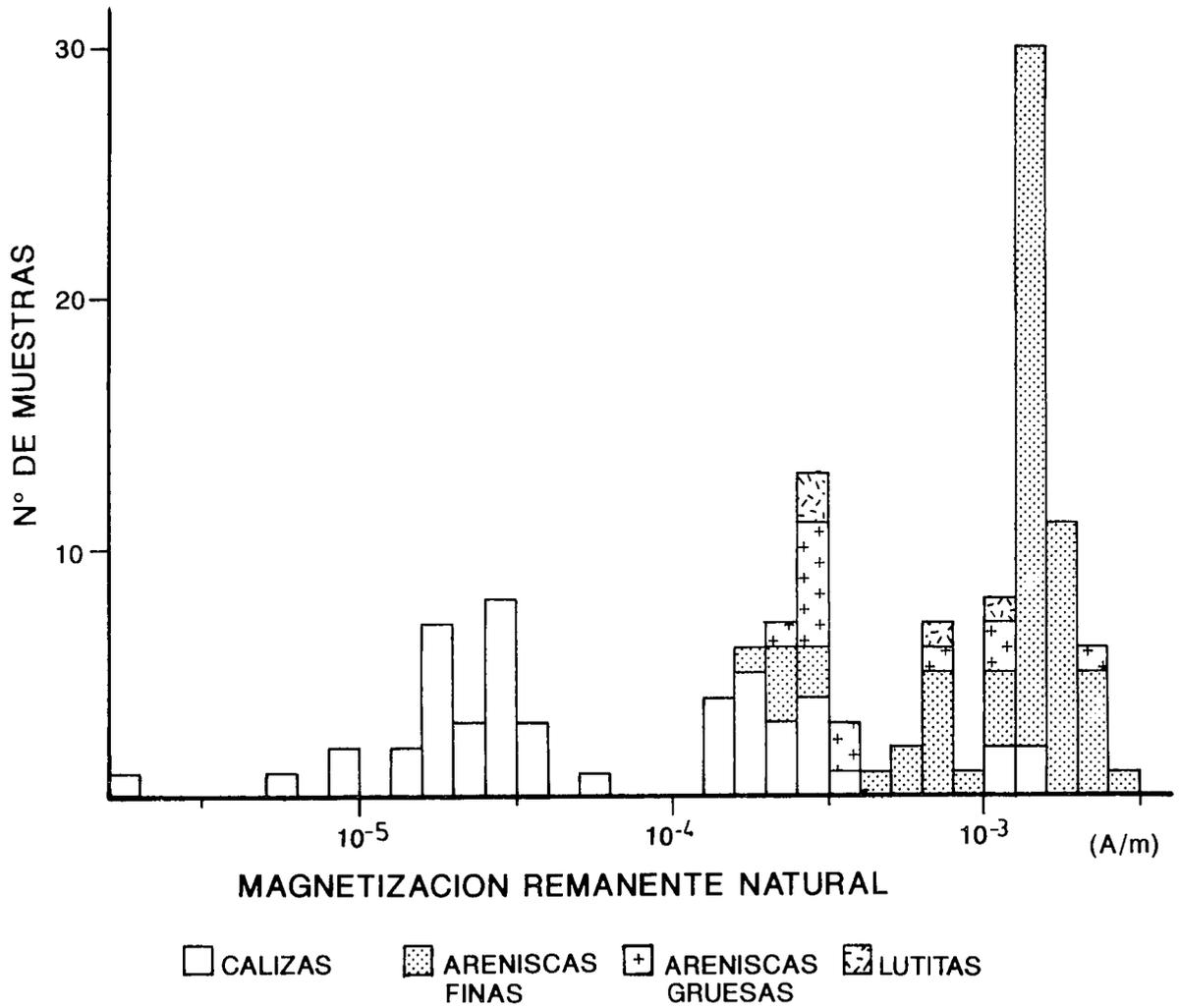


Fig.4.-Histograma de la magnetización remanente natural (MRN).
 Fig.4.-Histogram of the natural remanent magnetization. (NRM)

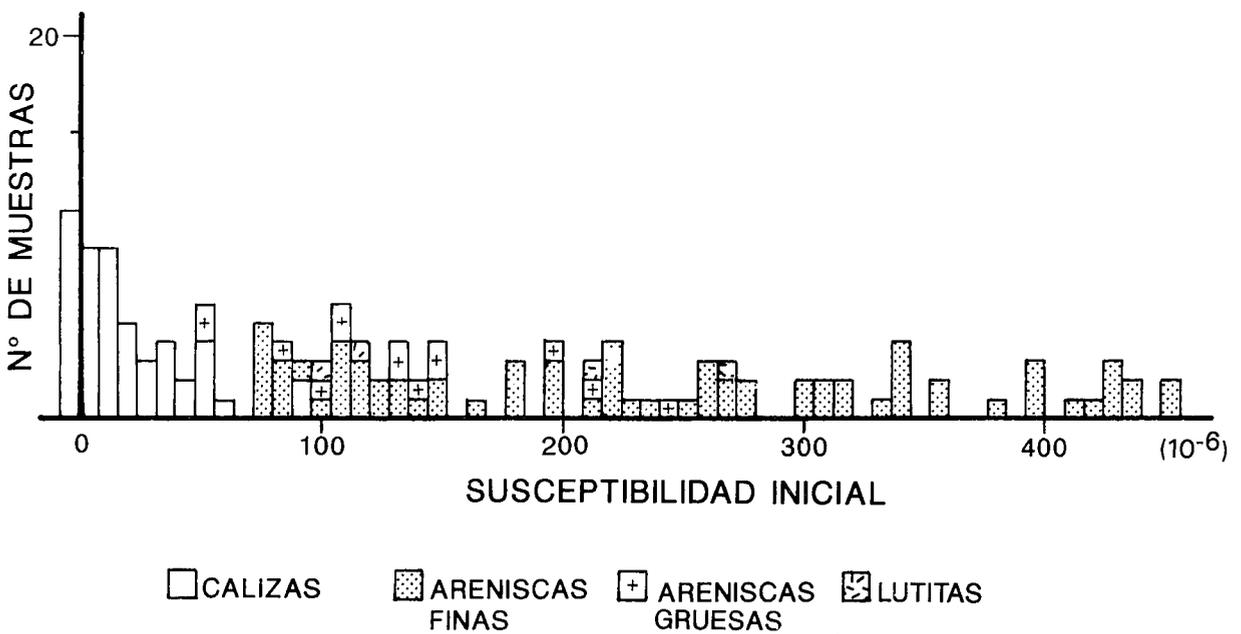


Fig.5.-Histograma de la susceptibilidad inicial.
 Fig.5.-Histogram of the bulk susceptibility.

Por lo tanto del estudio de la MRN y de la susceptibilidad inicial se obtienen tres grandes grupos. Un primer grupo de baja MRN y baja susceptibilidad que corresponde prácticamente a las calizas, un grupo de alta MRN y alta susceptibilidad que corresponde prácticamente a las areniscas de grano fino y un grupo intermedio representado por una amplia gama de las litologías muestreadas.

Del estudio paleomagnético de los materiales muestreados se pueden agrupar las litologías y su comportamiento magnético en dos grandes grupos:

(I) Las calizas presentan dos componentes magnéticos. Un componente secundario de baja temperatura, que podría corresponder a una magnetita (pudiendo ser rica en titanio o bien de grano grueso o un sulfuro de hierro, ya que los tres elementos dan lugar a un espectro de temperatura de Curie similar), y un componente principal de alta temperatura (250°-450°C) y baja coercividad (hasta 27,7 mT) que correspondería a una magnetita más estable (Fig. 6). Para el estudio de las calizas se puede utilizar tanto la desmagnetización térmica como la de campos alternantes ya que la magnetita pura es un mineral con una temperatura de Curie de 578°C y con una coercividad baja (0,2 - 0,3 T), estando estas características dentro de las posibilidades de los dos procedimientos. Los diagramas de MRI permiten determinar las diferentes fases ferromagnéticas existentes en la roca. En los diagramas de MRI correspondientes a las calizas, la curva llega a alcanzar la saturación alrededor de los 0,1 T (Fig. 7). Teniendo en cuenta este dato y el hecho de que el espectro coercitivo presenta un pico a los 0,1 T, es evidente la exis-

tencia de una fase de baja coercividad relacionable con la magnetita.

(II) En las areniscas se han observado dos componentes (Fig. 8). Un componente secundario de baja temperatura y baja coercividad de las mismas características que el componente de baja temperatura de las calizas, y un componente más estable con una temperatura de bloqueo por encima de los 600°C y alta coercividad que corresponde a hematites. El procedimiento de desmagnetización apto para el estudio de las areniscas es el térmico, ya que mediante los campos alternantes no se llega a alcanzar un valor suficientemente alto de campo magnético como para superar la alta coercividad de la hematites (1,5 T o más). En los diagramas de MRI aparece una curva que no llega a alcanzar la saturación (Fig. 9). El espectro coercitivo presenta dos altos, uno alrededor de los 0,2 T y otro en los 0,8 T, hecho del que se infiere la presencia de un componente de baja coercividad (0,2 T) atribuible a la magnetita, y un componente de una coercividad de más de 1 T que, por comparación con los resultados obtenidos en los diagramas de desmagnetización, sería una hematites.

3.3. Direcciones paleomagnéticas

Para cada uno de los especímenes se ha seleccionado el intervalo de temperaturas que define la magnetización característica. Mediante el método de Kirschvink (Kirschvink, 1980) sobre el análisis de los componentes principales, hemos calculado la dirección de los diferentes componentes magnéticos.

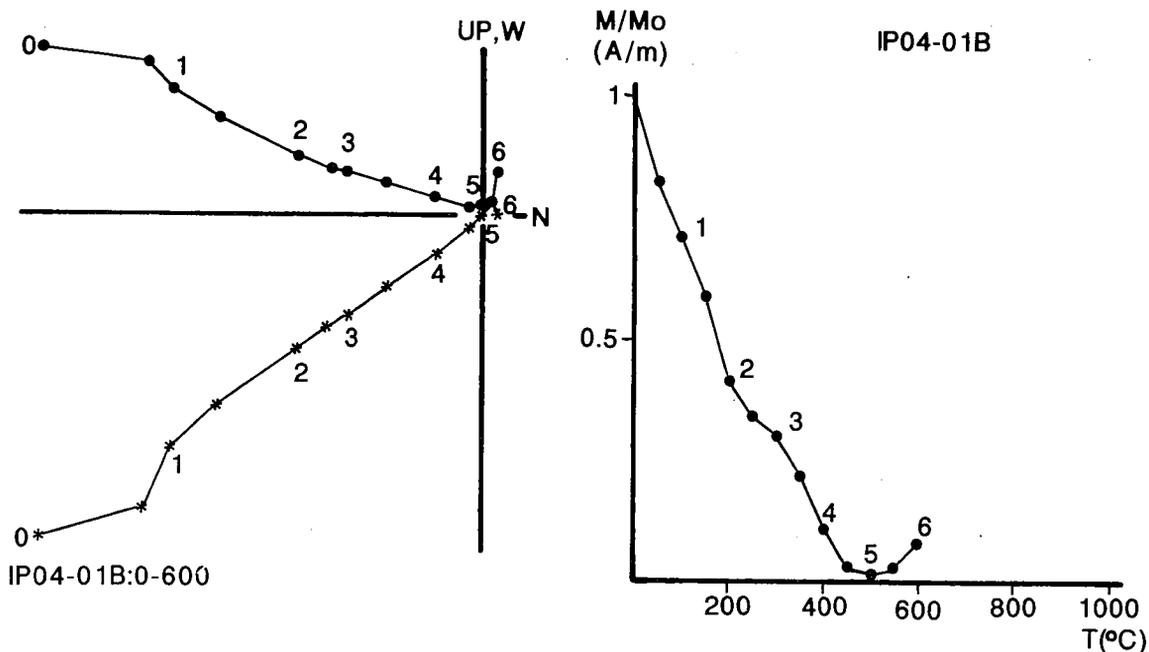


Fig.6.-Desmagnetización térmica de una muestra de caliza con su diagrama ortogonal correspondiente en donde los puntos en negro representan la proyección del plano horizontal, y las asteriscos la del plano vertical.

Fig.6.-Thermal demagnetization of a limestone sample with its orthogonal diagram. Black dots represent the horizontal plane projection and the asterisks the vertical plane.

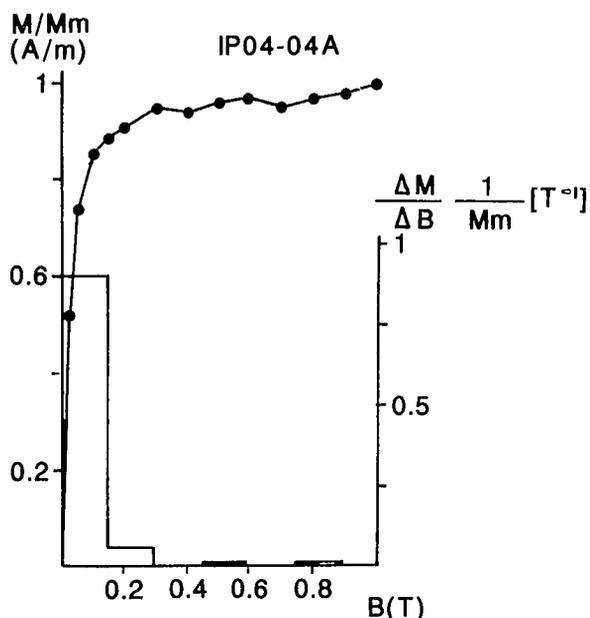


Fig.7.-Diagrama de representación de la MRI para una muestra de caliza donde se observa como la curva llega a alcanzar la saturación alrededor de los 0,2 T.

Fig.7.-IRM representation diagram for a limestone sample where the curve reaches the saturation around 0,2 T.

En la figura 10 la característica principal de la población es la presencia de polaridades tanto normales como inversas, hecho característico del lapso de tiempo al que pertenecen los materiales y en general de todo el Cenozoico. El hecho de encontrar las dos polarida-

des dentro del área de estudio, refleja la estabilidad de la magnetización característica. Las direcciones medias de los dos grupos de polaridades, normales e inversas, son $D=10$ $I=45$ y $D=206$ $I=-51$ respectivamente, estando por tanto distribuidas aproximadamente sobre un eje NNE - SSW. Estos valores de inclinación son parecidos a los encontrados en los materiales del Eoceno medio situados más al NE del margen estudiado ($D=22,7$, $I=51,8$) (Parés, 1988; Parés *et al.*, 1988) y también con los valores encontrados en el sinclinal de Rípol ($D=157$, $I=-52,6$) (Burbank y Puigdefábregas, 1985). La declinación obtenida en esta última área no la podemos comparar con la que hemos calculado en el presente estudio, ya que se trata de una unidad alóctona involucrada en la estructura pirenaica.

4. ANISOTROPÍA DE LA SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA

La magnetización inducida (M) de un material sometido a un campo magnético externo (H) viene dada por $M = k * H$, siendo k la susceptibilidad magnética. Geométricamente puede ser descrita como un elipsoide con los tres ejes principales (K_{max} , K_{int} y K_{min}). Son diversos los autores que han investigado la anisotropía de la susceptibilidad magnética produciendo fábricas sedimentarias en laboratorio y analizando fábricas naturales (Rees, 1961, 1965, 1968; Hamilton, 1967; Rees *et al.*, 1968; Hamilton y Rees, 1971).

Generalmente la orientación de las partículas magnéticas depende de la gravedad terrestre, la fuerza de la corriente deposicional, la inclinación del plano de estratificación, la forma de las partículas sedimentarias

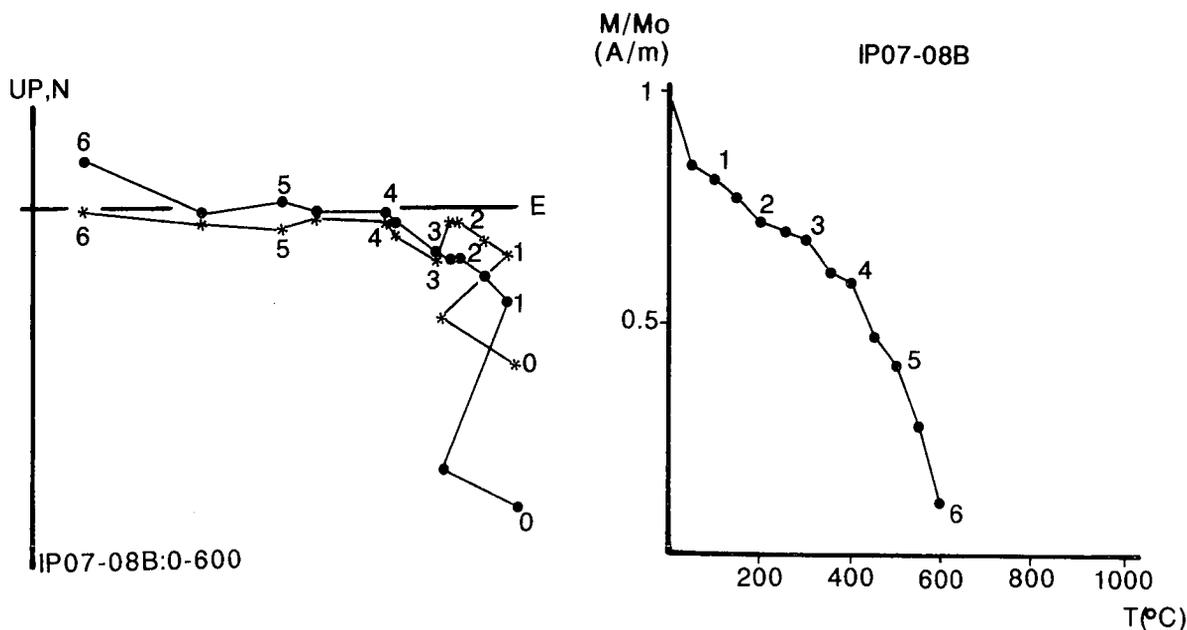


Fig.8.-Desmagnetización térmica de una muestra de arenisca con su diagrama ortogonal correspondiente en donde los puntos en negro representan la proyección del plano horizontal, y las asteriscos la del plano vertical.

Fig.8.-Thermal demagnetization of a sandstone sample with its orthogonal diagram. Black dots represent the horizontal plane projection and the asterisks the vertical plane.

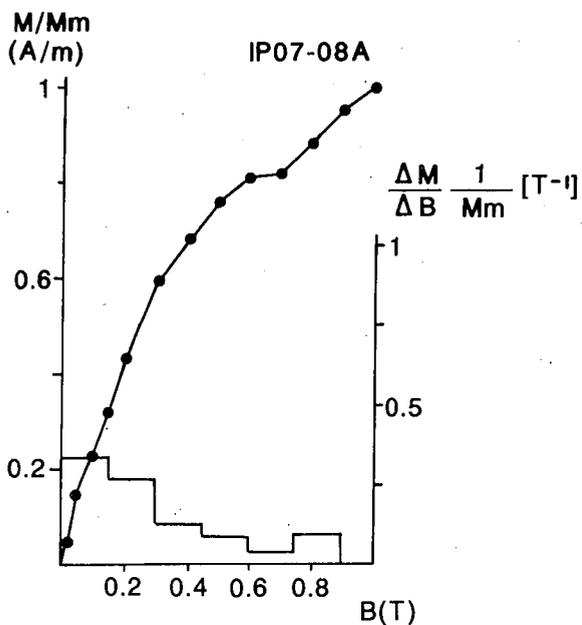
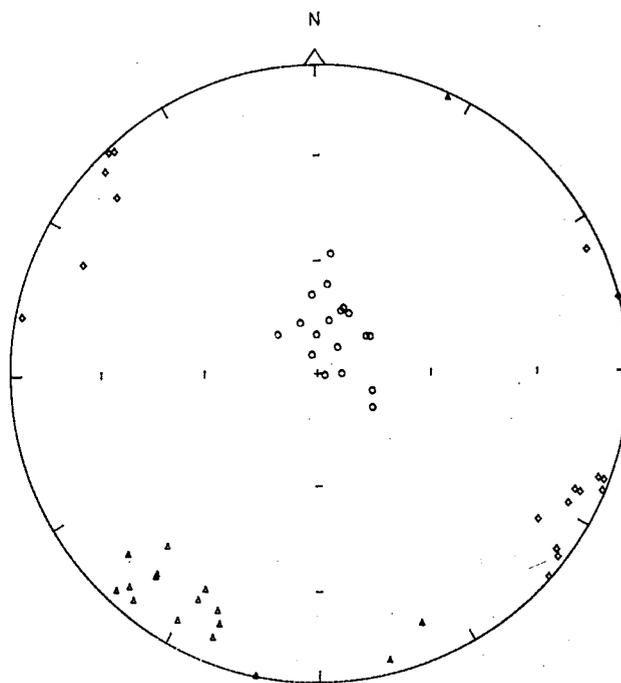


Fig.9.-Diagrama de representación de la MRI para una muestra de arenisca donde la curva no llega a alcanzar la saturación.
Fig.9.-IRM representation diagram for a sandstone sample where the curve does not reach the saturation.

IP02

TILT CORRECTED
Number of samples: 18



◇ K max.
▽ K int.
○ K min.

Fig.11.-Representación de los ejes principales del elipsoide de la anisotropía de susceptibilidad magnética después de restituir la estratificación a la horizontal. Los ejes Kmin son perpendiculares al plano de estratificación. Se observa además que los ejes Kmax y Kint se encuentran agrupados según dos ejes, NW-SE y NE-SW respectivamente, revelando una dirección de la paleocorriente según NW-SE.

Fig.11.-Representation of the mean axis to the ellipsoid of the magnetic susceptibility anisotropy after tectonic correction. The Kmin axes are perpendicular to the bedding. Also, the figure displays that the Kmax and Kint axes cluster around two axes, NW-SE and NE-SW respectively, showing a NW-SE paleocurrent direction.

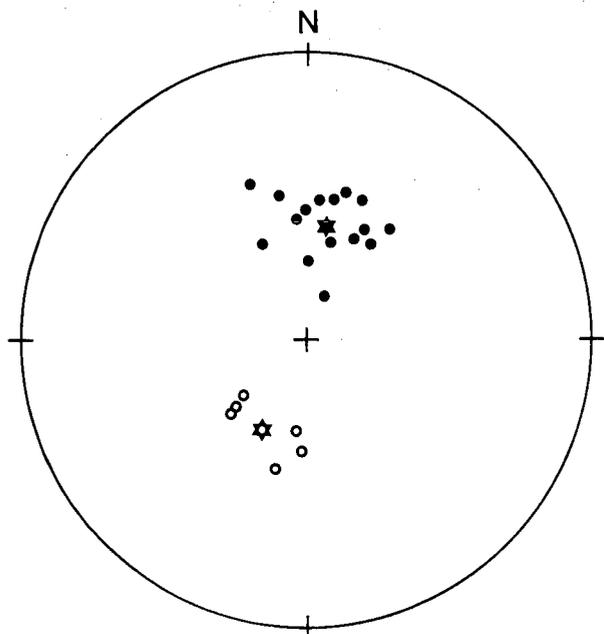


Fig.10.-Representación estereográfica de las direcciones características de los diferentes afloramientos, en donde se observa un agrupamiento alrededor de una dirección NNE-SSW. Los puntos en negro representan direcciones en el hemisferio inferior (polaridades normales), los círculos direcciones en el hemisferio superior (polaridades negativas), la estrella negra la dirección media de las polaridades normales y la estrella blanca la dirección media de las polaridades negativas.

Fig.10.-Stereographic representation of the characteristic directions from the different outcrops. A NNE-SSW direction grouping is observed. Black dots represent lower hemisphere directions (normal polarities), the circles upper hemisphere directions (reversed polarities), the black star represent the mean normal polarity and the white star the mean reversed polarity.

y la fuerza del campo geomagnético (Hamilton *et al.*, 1968). Los experimentos de laboratorio llevados a cabo por los autores citados, muestran que la gravedad terrestre y las fuerzas hidrodinámicas son mucho más eficientes que la influencia del campo geomagnético en la deposición de la partícula en las areniscas de grano fino. Los dos procesos, gravedad y hidrodinámica, dan lugar a una alineación preferente de los ejes cortos de los granos perpendicular a la estratificación y de los ejes máximos e intermedios uniformemente dispersados definiendo un plano de foliación magnética perpendicular al eje mínimo. No obstante, bajo un flujo acuoso, la fábrica magnética de los sedimentos depositados se caracteriza por un plano de foliación ligeramente imbricado respecto a la estratificación. En el plano de foliación magnética, los ejes Kmax presentan una prefe-

rencia estadística a alinearse con la dirección de la paleocorriente, dando lugar a una lineación magnética. En depósitos turbidíticos, ha sido observada una disposición similar de la anisotropía, con los ejes Kmax orientados paralelamente a la dirección de flujo del sedimento (Crimes y Oldershaw, 1967).

En las muestras estudiadas hemos observado que, efectivamente, los ejes de susceptibilidad mínima son perpendiculares a los planos de estratificación. En la figura 11 se observa además que los ejes Kmax y Kint se encuentran agrupados según dos direcciones, NW-SE y NE-SW respectivamente, revelando pues una dirección de la paleocorriente según NW-SE.

El hecho de encontrar una fábrica primaria deposicional como la descrita, con los ejes Kmin perpendiculares a la estratificación y los ejes Kmax y Kint contenidos en la misma, no significa que la magnetización remanente sea de origen deposicional. Para ello es necesario comparar la fábrica magnética con la dirección de la magnetización remanente natural (MRN), ya que en la práctica lo que se encuentra es una anisotropía de la susceptibilidad en los sedimentos de tamaño de grano pequeño y que corresponde a una fracción de tamaño de grano diferente al de la remanencia (Turner, 1980). La casi coincidencia de los ejes principales de susceptibilidad máxima con la dirección de la remanencia, sería un buen indicador de que la magnetización es de tipo deposicional. En cambio, en las areniscas estudiadas, la dirección media de la magnetización remanente ($D=10 I=45$, $D=206 I=-51$), no guarda ninguna relación con las direcciones de la anisotropía de la susceptibilidad magnética.

5. CONCLUSIONES

Del estudio de las características magnéticas de las litologías seleccionadas en el área de estudio y las rela-

ciones estratigráficas de las muestras extraídas se desprende que:

— Las calizas y las areniscas analizadas son portadoras de una magnetización estable. Aunque presentan componentes magnéticas secundarias, éstas son fácilmente eliminables mediante desmagnetización térmica o por campos alternantes.

— De los diferentes estudios magnetoestratigráficos realizados para el Terciario (Lowrie *et al.*, 1982; Tauxe *et al.*, 1983; Aubry, 1985; Lowrie, 1986), se desprende que éste período muestra una alternancia de polaridades normales e inversas sin un dominio claro de unas u otras (Cox, 1982). La presencia de polaridades normales e inversas en el área de estudio, es concurrente con la escala magnetoestratigráfica del Terciario.

— La inclinación magnética media es comparable con la obtenida en previos estudios (Burbank y Puigdefábregas, 1985; Parés, 1988; Parés *et al.*, 1988). La medida de la anisotropía de la susceptibilidad magnética refleja que las direcciones de magnetización característica no están afectadas por la fábrica sedimentaria.

De las características y propiedades magnéticas de los materiales estudiados se desprende la viabilidad del establecimiento de columnas magnetoestratigráficas en este sector de la cuenca del Ebro, tarea que se lleva a cabo actualmente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la ayuda prestada por V. Soler y J.C. Carracedo del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Canarias del C.S.I.C. (La Laguna, Tenerife), donde se llevaron a cabo parte de las mediciones, así como a P. Anadón, B. Colldeforns y C. Puigdefábregas por el asesoramiento estratigráfico y sedimentológico de la zona estudiada.

BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, J., Anadón, P., Arbiol, S., Cabrera, L., Colombo, F. y Sáez, A. (1987): Biostratigraphical characteristics of the Oligocene sequences of North-Eastern Spain (Ebro and Campins Basins). *München Geowiss. Abh.*, (A), 10: 35-42.
- Anadón, P., Cabrera, L., Colombo, F., Marzo, M. y Riba, O. (1986): Syntectonic intraformational unconformities in alluvial fan deposits, Eastern Ebro Basin margin (NE Spain). In: *Foreland basins* (P.A. Allen y P. Homewood, Eds.), I.A.S. Sp. Publ. 8: 259-271.
- Anadón, P., Cabrera, L., Guimerá, J. y Santanach, P. (1985): Paleogene strike-slip deformation and sedimentation along the Southeastern margin of the Ebro Basin. In: *Strike-slip deformation, basin formation and sedimentation* (K.T. Biddle y N. Christie-Blick, Eds.), Soc. Econ. Paleont. Min. Sp. Publ. 37: 303-318.
- Anadón, P., Colombo, F., Esteban, M., Marzo, M., Santanach, P. y Solé Sagrañes, M. (1979): Evolución tectónica de los Catalánides. *Acta Geol. Hisp.*, 14: 242-270.
- Anadón, P., Vianey-liaud, M., Cabrera, L. y Hartenberger, J.L. (1987): Gisements à vertébrés du paléogène de la zone orientale du bassin de l'Ebre et leur apport à la stratigraphie. *Paleontologia i Evolució*, 21: 117-131.
- Arbiol, S. y Sáez, A. (1988): Sobre la edad oligocénica inferior del yacimiento de Santpedor (Cuenca del Ebro, provincia de Barcelona). *Acta Geol. Hisp.*, 23: 47-50.
- As, J.A. y Zijderfeld, J.D.A. (1958): Magnetic cleaning of rocks in paleomagnetic research. *Geophys. Jour. Roy. Astr. Soc.*, 1: 308-319.
- Aubry, M.P. (1985): Northwestern European Paleogene magnetostratigraphy, biostratigraphy, and paleogeography: Calcareous nannofossil evidence. *Geology*, 13: 198-202.
- Banda, E., Parés, J.M. y Freeman, R. (1986): La técnica del paleomagnetismo. Estudio piloto en los bordes de la cuenca balear. *Estudios Geol.*, 42: 147-165.
- Burbank, D.W. y Puigdefábregas, C. (1985): Chronologic investigations of the south Pyrenean basins: preliminary

- magnetostratigraphic results from the Ripoll basin. *6th European Regional Meeting*, Leida, Abstract, 66-69.
- Cabrera, L.I. (1983): *Estratigrafía y sedimentología de las formaciones lacustres del tránsito Oligoceno-Mioceno del SE de la Cuenca del Ebro*. Tesis Univ. Barcelona. 443 p.
- Cox, A. (1982): Magnetostratigraphic time scale. In: *A Geologic Time Scale* (W.B. Harland et al., Eds.), Cambridge Univ. Press, Cambridge, 63-84.
- Crimes, T.P. y Oldershaw, M.A. (1967): Palaeocurrent Determinations by Magnetic Fabric Measurement on the Cambrian Rocks of St. Tudwal's Peninsula, North Wales. *Jour. Geol.*, 5: 217-232.
- Hamilton, N. (1967): Laboratory Redeposition Studies - an Appraisal of Apparatus and Technique. In: *Methods in Palaeomagnetism* (D.W. Collinson, K.M. Creer y S.K. Runcorn, Eds.), Elsevier, Amsterdam, 596-603.
- Hamilton, N. y Rees, A.I. (1971): The Anisotropy of Magnetic Susceptibility of the Franciscan Rocks of the Diablo Range, Central California. *Geol. Rundschau.*, 60: 1103-1124.
- Hamilton, N., Owens, W.H. y Rees, A.I. (1968): Laboratory Experiments on the Production of Grain Orientation in Shearing Sand. *Jour. Geol.*, 76: 465-472.
- Lowrie, W. (1986): Magnetic stratigraphy of the Eocene/Oligocene boundary. In: *Terminal Eocene Events* (Ch. Pomeroy y I. Premoli-Silva, Eds.), Elsevier, Amsterdam, 357-362.
- Lowrie, W., Alvarez, W., Napoleone, G., Perch-Nielsen, K., Premoli-Silva, I. y Toumarkine, M. (1982): Paleogene magnetic stratigraphy in Umbrian pelagic carbonate rocks: The Contessa sections, Gubbio. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 93: 414-432.
- Kirschvink, J.L. (1980): The least-squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data. *Geophys. Jour. Roy. Astr. Soc.*, 62: 699-718.
- Parés, J.M. (1988): *Dades paleomagnètiques del NE de la placa Ibèrica: implicacions tectòniques*. Tesis Univ. Barcelona. 378 p.
- Parés, J.M., Banda, E. y Santanach, P. (1988): Paleomagnetic results from the southeastern margin of the Ebro Basin (northeastern Spain): evidence for a Tertiary clockwise rotation. *Phys. Earth Planet. Interiors*, 52: 267-282.
- Puigdefàbregas, C., Muñoz, J.A. y Marzo, M. (1986): Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequences in the southern foreland basin. In: *Foreland basins* (P.A. Allen y P. Homewood, Eds.), I.A.S. Sp. Publ. 8: 319-336.
- Rees, A.I. (1961): The effect of water currents on the magnetic remanence and anisotropy of susceptibility of some sediments. *Geophys. Jour. Roy. Astr. Soc.*, 5: 251.
- Rees, A.I. (1965): The use of the anisotropy of magnetic susceptibility in the estimation of sedimentary fabric. *Sedimentology*, 4: 257-271.
- Rees, A.I. (1968): The Production of Preferred Orientation in a Concentrated Dispersion of Elongated and Flattened Grains. *Jour. Geol.*, 76: 457-465.
- Rees, A.I., Rad, U. von y Shepard, F.P. (1968): Magnetic Fabric of Sediments from the La Jolla Submarine Canyon and Fan, California. *Mar. Geol.*, 6: 145-178.
- Riba, O. et al. (1971): Mapa geológico de España, a escala 1/200.000. Síntesis de la cartografía existente. Memoria y Hoja n.º 33 "Lérida". *I.G.M.E.*, 31 p.
- Riba, O., Reguant, S. y Villena, J. (1983): Ensayo de síntesis estratigráfica y evolutiva de la Cuenca terciaria del Ebro. In: *Libro Jubilar J.M. Rios*, II, 131-159. I.G.M.E. Madrid.
- Tauxe, L., Tucker, P., Petersen, N.P. y LaBrecque, J.L. (1983): The magnetostratigraphy of Leg 73 sediments. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 42: 65-90.
- Turner, P. (1980): *Continental red beds*. In: *Developments in Sedimentology*, Elsevier, Amsterdam. 29: 562 p.

Recibido el 20 de marzo de 1990
Aceptado el 28 de junio de 1990