

# Variaciones de la anisotropía de la susceptibilidad magnética en turbiditas albienses de la Cuenca Vasco-Cantábrica

*Anisotropy of magnetic susceptibility variations in albian turbidites from the Basque-Cantabrian basin.*

J.M. Badillo, A. Aranguren, J. Cuevas y J.M. Tubía

Departamento de Geodinámica. Facultad de Ciencias. Universidad del País Vasco. Apartado 644. 48080 Bilbao

## ABSTRACT

The first results extracted from the study of the Anisotropy of magnetic susceptibility (ASM) from 33 turbidites allocated in Basque-Cantabrian basin show the validity of the ASM as a rock fabric analysis tool to determine deposit mechanism and paleocurrents in turbidites.

**Key-words:** Anisotropy of magnetic susceptibility, turbidites, Basque-Cantabrian Basin.

Geogaceta, 22 (1997), 35-38  
ISSN: 0213683X

## Introducción

La anisotropía de la susceptibilidad magnética (ASM) constituye una herramienta geofísica con importantes aplicaciones en estudios de fábrica de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. En síntesis, el interés de la ASM reside en que se trata de un tensor de orden 2 que puede representarse geoméricamente mediante un elipsoide, cuyos ejes ( $K_1 \geq K_2 \geq K_3$ ) son correlacionables, en muchos casos, con las estructuras planolineares de las rocas (Hrouda, 1982).

En este trabajo presentamos los primeros avances del estudio de la ASM sobre 33 estaciones de muestreo en turbiditas del Albiense superior, procedentes del sector septentrional de la Cuenca Vasco-Cantábrica, entre Deva y Guernica (Fig. 1).

## Planteamiento y Considerandos

Aunque en numerosas ocasiones se ha mencionado la posibilidad de aplicación de la ASM al estudio de las rocas sedimentarias y entre otros resultados, a la obtención de las direcciones (y sentidos) de las corrientes que originaron algunas de ellas, los estudios prácticos resultan ser mas bien escasos (Hamilton y Rees, 1970; Taira y Lienert, 1979; Ledbetter y Ellwood, 1982).

Las turbiditas son, de entre todos los materiales sedimentarios, los que «a priori» presentan una mayor probabilidad de mostrar estructuras primarias que permitan deducciones sobre paleocorrientes; y, por tanto, las que mejor podrían servir para comparar los datos clásicos, obtenidos de

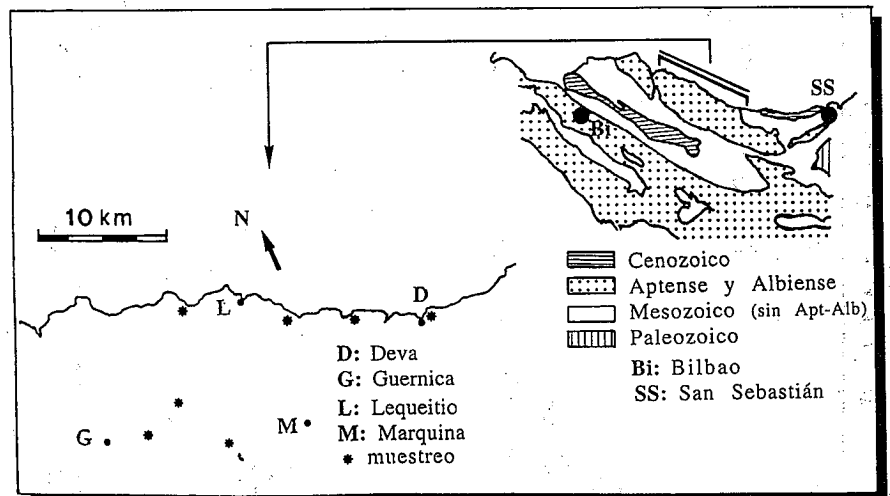


Fig. 1.- Localización de las zonas de muestreo en turbiditas albienses del sector septentrional de la Cuenca Vasco-Cantábrica, entre Guernica (Vizcaya) y Deva (Guipuzcoa).

Fig. 1.- Location of albian turbidites testing areas in the north of Basque-Cantabrian basin, between Guernica (Vizcaya) and Deva (Guipuzcoa).

«visu» en el campo, con los provenientes de las técnicas de ASM. En definitiva, las turbiditas son las rocas ideales para testar la validez del método de ASM aplicado al estudio de rocas sedimentarias tractivas, incluyendo la deducción de las orientaciones de las paleocorrientes.

Pero, de entrada, el estudio implicaba dos considerandos:

- Como en la inmensa mayoría de las rocas sedimentarias, debería esperarse una baja respuesta de la Susceptibilidad, en función de la escasa presencia de sustancias magnéticas.

- Las turbiditas destacan, precisamente, por la abundancia de estructuras internas, que, a su vez, se hallan asociadas a cambios granulométricos, mineralógicos y de disposición de los granos; todos los cuales varían en pequeñas distancias. Por tanto, cualquiera de los cambios, y en base a la baja susceptibilidad general, podría generar modificaciones apreciables en las conclusiones.

Teniendo en cuenta estas circunstancias, no debería realizarse un muestreo clásico de ASM con la obtención de dos testigos (cuatro muestras) en cada estación; sino que habría que repartirlo por toda la vertical de

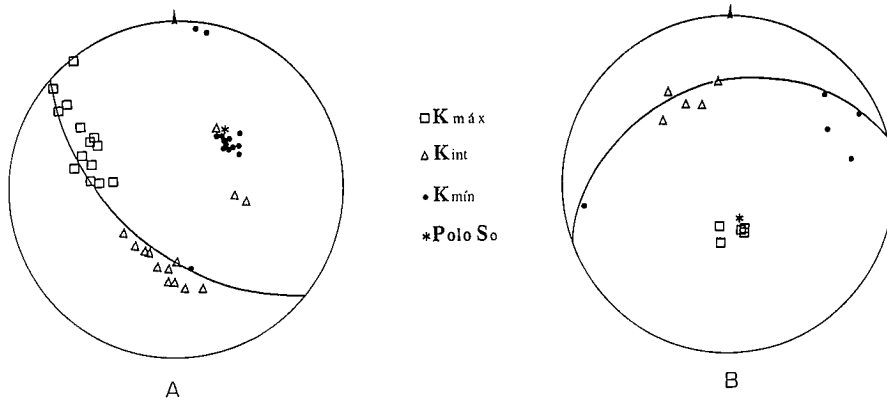


Fig. 2.- Proyecciones estereográficas de los ejes del elipsoide de diversas estaciones de muestreo: (A) Estación 30, los ejes  $K_{m\acute{a}x}$  y  $K_{int}$  definen prácticamente la traza de  $S_o$ ; mientras que el eje  $K_{m\acute{i}n}$  lo hace con el polo de la estratificación. (B) Estación 49, los ejes  $K_{int}$  y  $K_{m\acute{i}n}$  definen la  $S_o$ , mientras  $K_{m\acute{a}x}$  coincide con el polo de la estratificación.

Fig. 2.- Stereographic projections of ellipsoid axis in two testing stations: (A) Station 30,  $K_{max}$  and  $K_{int}$  axis mark practically the  $S_o$  trace; while  $K_{min}$  makes it with stratification pole. (B) Station 49,  $K_{int}$  and  $K_{min}$  axis define the  $S_o$ , while  $K_{max}$  coincides with stratification pole.

dor y, además, a la cercanía del centro de investigación. Pero esta elección conlleva una problemática añadida, motivada por la, relativamente frecuente, presencia de minerales de susceptibilidad inversa (siderita, por ej.); y localmente por una deformación tectónica, de distribución geográfica inhomogénea, suficientemente acusada como para haber originado una clara reorientación mineralógica. Por tanto, el muestreo debería evitar las áreas en las que era evidente esa problemática y ser lo suficientemente amplio como para presentar cierta validez estadística, al menos, a escala local.

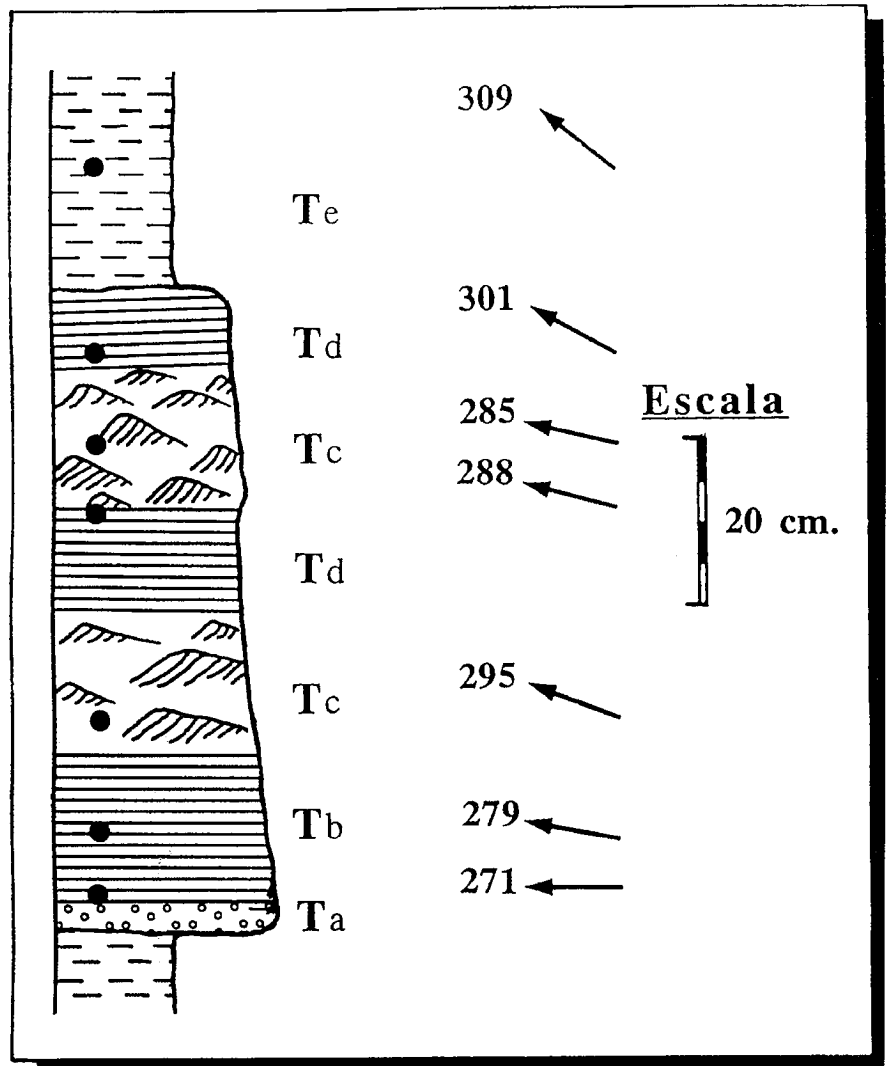
Se han establecido 33 estaciones, en las que se han tomado de 2 a 8 testigos por cada una, en turbiditas clásicas, con representación total y parcial (truncadas y/o incompletas) de la Secuencia de Bouma; raramente multiepisódicas (términos repetidos). De ellas, 15 muestran «sole marks» (estructuras

la capa, de tal manera que se han llegado a obtener hasta ocho testigos (dieciséis muestras) por estación. Tampoco podría testificarse con orientaciones determinadas por las facilidades del afloramiento; sino que habría que procurar obtener muestras lo más homogéneas posibles, y, por tanto, paralelas a las superficies de estratificación. Esto último ha complicado, en numerosas ocasiones, el trabajo de campo.

Para llevar a la práctica este estudio, se eligieron areniscas turbidíticas del «Flysch Negro» (Albiense superior) de la Cuenca Vasco-Cantábrica, aflorantes en la costa, y zonas adyacentes, entre Guernica (Vizcaya) y Deva (Guipúzcoa), N de España. Ello fue debido: a la calidad de algunos de esos afloramientos, a la abundancia de estructuras sedimentarias primarias (internas y externas) que presentan, al conocimiento que de esas rocas presentaba el equipo investiga-

Fig. 3.- Esquema de la turbidita biepisódica de la Estación 30, con indicación de los diversos términos de la «Secuencia de Bouma» y de la testificación realizada (puntos negros). Las orientaciones de  $K_{m\acute{a}x}$  reflejan un migración progresiva al ascender en la capa, apreciándose una segunda migración el episodio superior.

Fig. 3.- Scheme of biepisodic turbidite, in station 30, indicating «Bouma Secuency» subdivisions and its testification (black points). The  $K_{max}$  orientations describe a progressive migration coming up the bed, showing a second migration towards the top.



de muro) indicadoras de paleocorrientes

Las muestras han sido analizadas en el Kappabridge KLY-2 (Geofyzika de Brno, Rep. Checa) de la Universidad del País Vasco (UPV-EHU); es decir, se ha trabajado sobre las propuestas de Jelinek (1977). Los datos obtenidos han sido procesados hasta la obtención de diversos parámetros.

**Resultados**

1º El plano de estratificación queda perfectamente definido por los ejes mayor e intermedio del elipsoide de anisotropía (K<sub>máx</sub> y K<sub>int</sub>, respectivamente); mientras que el eje mínimo (K<sub>mín</sub>) corresponde con el polo de dicha estratificación (Fig. 2a). Sólomente el grupo de estaciones, 44-49 por un lado y la 34 por otro, no responden a esta distribución. En el primer caso So esta definida por K<sub>int</sub> y K<sub>mín</sub> (Fig. 2b). En el segundo caso, K<sub>máx</sub> y K<sub>int</sub> definen una superficie de igual orientación que una S1 visible en las proximidades.

2º Las orientaciones de los ejes del elipsoide de anisotropía obtenidas a partir de los términos Ta de la Secuencia de Bouma proporcionan una mayor desviación que las procedentes de los restantes términos, aunque sin llegar a ser excesiva (de 0 a 15º más que el resto).

3º En ese Ta, tanto la Susceptibilidad media (K) como la Anisotropía total (H) resultan ser sistemáticamente menores (entre 20%-50% en el primer caso; y entre 10%-33%, en el segundo), frente al resto de la roca (esta circunstancia, a veces, se extiende a la zona inferior del término Tb). La explicación de este hecho se debe, probablemente, a la relación tamaño/mineralogía de grano, por un lado; y al diferente (menor) grado de orientación mineralógica, por otro.

4º Frente a lo que podría esperarse, el término Tc no proporciona orientaciones de ejes diferentes de las de Tb y Td, a pesar de estar estructurado según una laminación cruzada, oblicua a la estratificación.

5º Al menos cuando se muestrea el término lutítico Te en su parte basal (junto al techo arenoso), la orientación de los ejes del elipsoide presenta la misma distribución que la del resto de la secuencia. Y ello en el 100% de los casos (3 estaciones).

6º En el citado Te, así como en la parte superior del Td, se obtienen valores más altos tanto de la K como de la H (de 100%-200% para la primera, y de 100%-300% para la segunda). La causa de ello sería similar a la del resultado 3º. Por otro lado, es necesario señalar que este término Te presenta especiales dificultades para el muestreo.

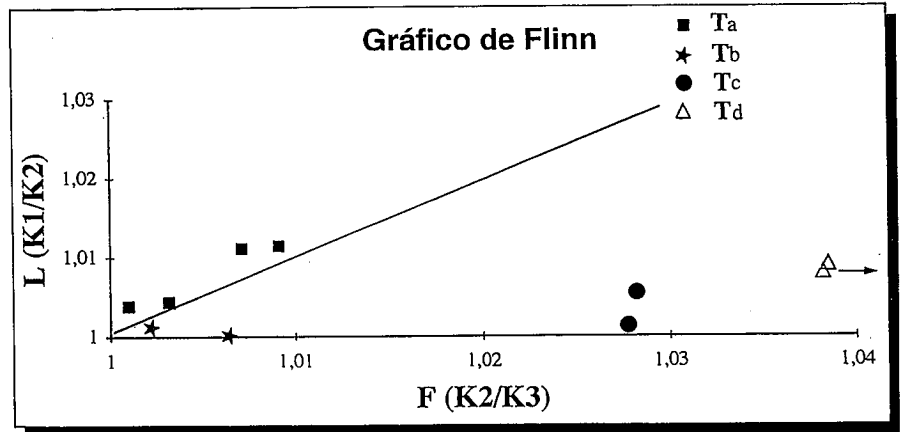


Fig. 4.- Gráfico de Flinn de la Estación 20. Las muestras del término Ta manifiestan una fábrica magnética ligeramente «prolate», mientras que para el resto de los términos es foliada (más manifiesta cuanto término más alto sea).

Fig. 4.- Station 20 Flinn diagram. The Ta term samples show «prolate» magnetic fabric, while remainings are foliated (more clear coming up).

7º Es relativamente frecuente apreciar una tendencia, a veces muy manifiesta, a una migración unidireccional de las orientaciones K<sub>máx</sub> y K<sub>int</sub>, definiendo siempre la So, desde muro a techo; sobre todo cuanto más completa es la representación de la Secuencia de Bouma. Dicha migración se extiende por un arco de unos 15-30º y podría indicar un cambio en la orientación de la corriente de turbidez. El muestreo de niveles multipisódicos (Fig. 3), con la aparición de dos trenes de orientaciones, tiende a confirmar tal suposición, aunque el escaso muestreo de este tipo de niveles (2 estaciones, 12 testigos) quizás halla privado de confirmar, aún más, este hecho.

8º La fábrica magnética de estas rocas es claramente foliada, «oblate»; en concreto existen dos ejes (K<sub>máx</sub> y K<sub>int</sub>) con valores similares, y mucho mayores que el tercero (K<sub>mín</sub>). Sólomente el término Ta deja de presentar tal característica; mientras que hacia los términos más altos se aprecia más nítidamente (Fig. 4).

9º La orientación de K<sub>máx</sub> coincide razonablemente con la de las estructuras de muro en 33% de las estaciones (Fig. 5), y en otro 40% la diferencia angular se halla entre 20-35º. El 13% de ellas, por el contrario, presenta orientaciones perpendiculares, circunstancia ya constatada por otros autores (Tarling y Hroudá, 1993). El resto de los casos (13%) que no han podido ser agrupados, así como, quizás, alguno de los que presentan variaciones moderadas podrían atribuirse: a) las marcas de muro fueron creadas por una corriente de turbidez diferente a la que depositó la capa suprayacente a esa marca; b) se ha producido una

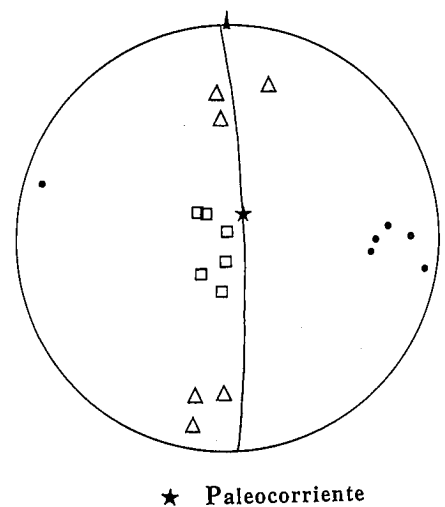


Fig. 5.- Proyección estereográfica de los ejes del elipsoide de las muestras de la Estación 22. Los ejes K<sub>máx</sub> obtenidos concuerdan mayormente con la dirección de paleocorrente medida directamente en el afloramiento (La simbología no indicada es la misma que la de la Fig. 2).

Fig. 5.- Stereographic projection of ellipsoid axis in Station 22. The K<sub>máx</sub> axes are agree with paleocurrent direction, measured directly (The simbology no indicated is like Fig. 2).

reorientación/recristalización de los minerales con susceptibilidad magnética (causas diagenético-enterramiento, deformación tectónica, etc.).

10º En los casos en que las orientaciones de las «sole marks» coinciden con las K<sub>máx</sub>, así como en alguno de los casos en

que hay diferencias pequeñas, la mayor concordancia de datos se da con las orientaciones de los ejes obtenidos en los términos Tb.

### Conclusiones

A) La ASM puede proporcionar diversos datos útiles para el análisis del mecanismo de depósito de las turbiditas (extensivo a todas las rocas sedimentarias de origen tractivo).

B) El mejor punto de muestreo para la obtención de orientaciones de paleocorrientes en las turbiditas se halla en la laminación paralela inferior; presentando mayores diferencias, y por diversos motivos, tanto las granulometrías más gruesas como las más

finas. No obstante, las variaciones debidas a la situación de la muestra a lo largo de la capa no son superiores a los 20°.

C) Las técnicas de ASM son problemáticas de aplicar, para alguno de los fines anteriormente señalados, en materiales que hallan sufrido procesos de enterramiento y deformación, al menos similares a los acaecidos con el «Flysch Negro» de la costa de Vizcaya y Guipúzcoa.

### Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto UPV 001.310-EB003695.

### Referencias

- Hamilton, N. y Rees, A.I. (1970): In: S. K. Runcorn (Ed.) *Paleogeophysics*, 445-464.
- Hrouda, F. (1982): *Geophys. Surveys*, 5: 37-82
- Jelinek, V. (1977): *Brno, Geofyzika*, 1-88
- Ledbetter, M. T. y Ellwood, B. B. (1982): In: *Antarctic Geoscience*, 1033-1038
- Taira, A. y Lienert, B. R. (1979): *J. Sedim. Petrol.*, 49: 759-772
- Tarling, D. H. y Hrouda, F. (1993): In: *The Magnetic Anisotropy of Rocks*, 96-115