

# Estructura y cinemática de la Zona de Movimiento Tectónico de Carreiro y unidades adyacentes, Cabo Ortegal (NO de España)

*Structure and kinematics of the Carreiro Zone of Tectonic Movement, Cabo Ortegal (NW Spain)*

J. Azcárraga y B. Abalos

Dpto. de Geodinámica. Universidad del País Vasco. Apdo. 644, E-48080 Bilbao.

## ABSTRACT

Units constituents of the westernmost part of the Cabo Ortegal Complex have been mapped in this paper. These are: the Candelaria Formation, the Carreiro Zone of tectonic Movement and the Purrido Amphibolites. Cross sections with structural and/or kinematic significance have been constructed from the statistical analysis of the structural data of foliations and lineations in order to study the structure of this nappe pile. Foliations and mineral and/or stretching lineations exhibit point concentrations with high uniformity throughout the mapped formations. The average foliation orientation is  $52^\circ/125^\circ$  and the lineations plunge c.  $11^\circ/042^\circ$ . These trends have enabled the construction of a longitudinal down-dip structural XZ cross section with kinematic significance. Realization of NW-SE serial sections transverse to the units (with only structural significance) gives an idea of the three-dimensional geometry of the slice stack. Microstructural observations, indicate a tectonic juxtaposition of the different tectono-stratigraphic units associated with a NE-directed sense of emplacement of hangingwall blocks, according to the present geographical coordinates. This slice stack could be related to the eo-Hercynian tectonics of the high-pressure nappe from the upper allochthon.

**Key words:** cross sections, kinematics, tectonic pile, Hercynian, Cabo Ortegal, Spain.

Geogaceta, 22 (1997), 27-30  
ISSN: 0213683X

## Contexto geológico y unidades

El Complejo de Cabo Ortegal, constituido por un apilamiento de mantos metamórficos, forma parte de los llamados Complejos Alóctonos con rocas máficas y ultramáficas (Arenas *et al.*, 1986) del NO de la Península Ibérica, los cuales fueron emplazados sobre el autóctono Ibérico durante el Hercínico. Las unidades litoestratigráficas diferenciadas dentro del complejo (Vogel, 1967; Engels, 1972; Fernández-Pompa y Montserín, 1976; Fernández-Martínez y Fernández-Pompa, 1977; Marcos *et al.*, 1984; Bastida *et al.*, 1984) pueden ser categorizadas en un complejo ofiolítico basal, con rocas metamórficas de grado bajo a medio principalmente, y un alóctono superior situado preferentemente en la posición estructural más elevada del complejo, con tectonitas de grado alto y alta presión (Gil Iburguchi *et al.*, 1990).

En este trabajo presentamos una cartografía estructural detallada (a escala 1:10.000) de las unidades que constituyen la parte más occidental del complejo de Cabo Ortegal, que de E a O son: la Forma-

ción Candelaria, la Zona de Movimiento Tectónico de Carreiro (ZMTC) y las Anfíbolitas de Purrido (Fig. 1). Las unidades de este área se extienden de N a S de manera uniforme según la dirección NNE.

Las **Anfíbolitas de Purrido** se consideran parte de la unidad ofiolítica basal, dominada por un metamorfismo generalizado en facies de las anfíbolitas. Se trata de una unidad muy homogénea que tiene una potencia media de 650 m y se encuentra limitada al O por el Océano Atlántico y la Unidad Paraautóctona.

La **ZMTC**, situada entre la Formación Candelaria y las Anfíbolitas de Purrido, es una importante zona de cizalla dúctil con una historia larga y compleja en niveles estructurales profundos. Constituye probablemente la base de los mantos suprayacentes (Engels, 1972) y marcaría el límite entre el complejo ofiolítico basal y el alóctono superior. Se trata de una zona de espesor muy variable, entre 40 y 240 m, que incluye rocas de origen cortical y mantélico y en cuyo interior se pueden distinguir tres bandas subparalelas (Fig. 1), consideradas resultantes de la intensa milonización de al-

gunos tipos litológicos de las unidades supra- e infrayacentes. La banda oriental de la ZMTC está compuesta por gneises cuarzo-feldespáticos miloníticos y blastomiloníticos con granate-biotita  $\pm$  moscovita  $\pm$  distena que contienen budins de metabasitas de alta presión y anfíbolitas. Por su parte, en la lámina central afloran rocas ultramáficas intensamente serpentinizadas formando lentes tectónicas de dimensiones variables. Las rocas ultramáficas no retrogradadas son en general harzburgitas porfiroclásticas. Finalmente, la banda occidental está formada por gneises con inclusiones de rocas metabásicas. Los gneises, de carácter cuarzo-feldespático, pueden contener la asociación granate-biotita-estauroilita-antofilita o bien hornblenda-epidota-granate-biotita.

Las rocas de la **Formación Candelaria** se formaron bajo un grado metamórfico transicional entre las facies de las anfíbolitas y de las granulitas (Gil Iburguchi *et al.*, 1990) y una presión relativamente alta ( $> 10$  kb, Santos *et al.*, 1996), aunque inferior a la de las unidades suprayacentes. Este último hecho hace difícil su

ubicación estructural, de manera que podría formar parte de la base occidental del alóctono superior (Azcárraga y Abalos, 1996), o bien estar en una posición intermedia entre el complejo ofiolítico basal y el alóctono superior (Mendía, 1996). Se trata de una unidad metabásica heterogénea que presenta una potencia media de 1200 m. Aparece limitada al E por los Gneises de Chimparra con los cuales contacta a través de una zona de cizalla estrecha que incluye una lámina de serpentinitas de espesor métrico a decamétrico. Dentro de esta formación se distinguen en general dos bandas de dirección NNE-SSO: una occidental con abundancia de anfibolitas de tamaño de grano fino y otra oriental con predominio de anfibolitas de tamaño de grano medio a grueso. Ambas subunidades son correlacionables a grosso modo con dominios metamórficos y deformacionales en facies anfibolítica y granulítica, respectivamente.

**Reconstrucción estructural**

Los cortes geológicos publicados en la literatura previa sobre el complejo de Cabo Ortegal y que incluyen su sector más occidental son de dirección E-O, aproximadamente perpendicular a la dirección estructural de la zona. Estos cortes sólo proporcionan información sobre la evolución lateral de las estructuras relacionadas con las diferentes facies metamórficas que afectan a las unidades implicadas, así como sobre las últimas estructuras asociadas a la formación del sinforme de Cabo Ortegal.

Para la reconstrucción de la estructura de los mantos metamórficos estudiados se han realizado cortes geológicos con significado estructural y cinemático. Su orientación se ha determinado a partir del análisis estadístico de los datos estructurales proporcionados por las foliaciones y lineaciones (éstas son minerales y/o de estiramiento), mediante el uso del método estadístico de Bingham (1974). La Tabla 1 recoge los valores de las orientaciones medias calculadas para las foliaciones y lineaciones. Tales valores coinciden con los eigenvalores mayores referidos al valor máximo de concentración de las distintas distribuciones de los datos de lineaciones y polos de foliaciones. Todas las distribuciones de datos dan concentraciones puntuales con una gran uniformidad de valores en todas las unidades, siendo la orientación media de las foliaciones y lineaciones para todo el apilamiento: 52°/125° y 11°/042°, respectivamente. Teniendo en cuenta este hecho y la topografía, se han calculado las potencias reales de las distintas láminas

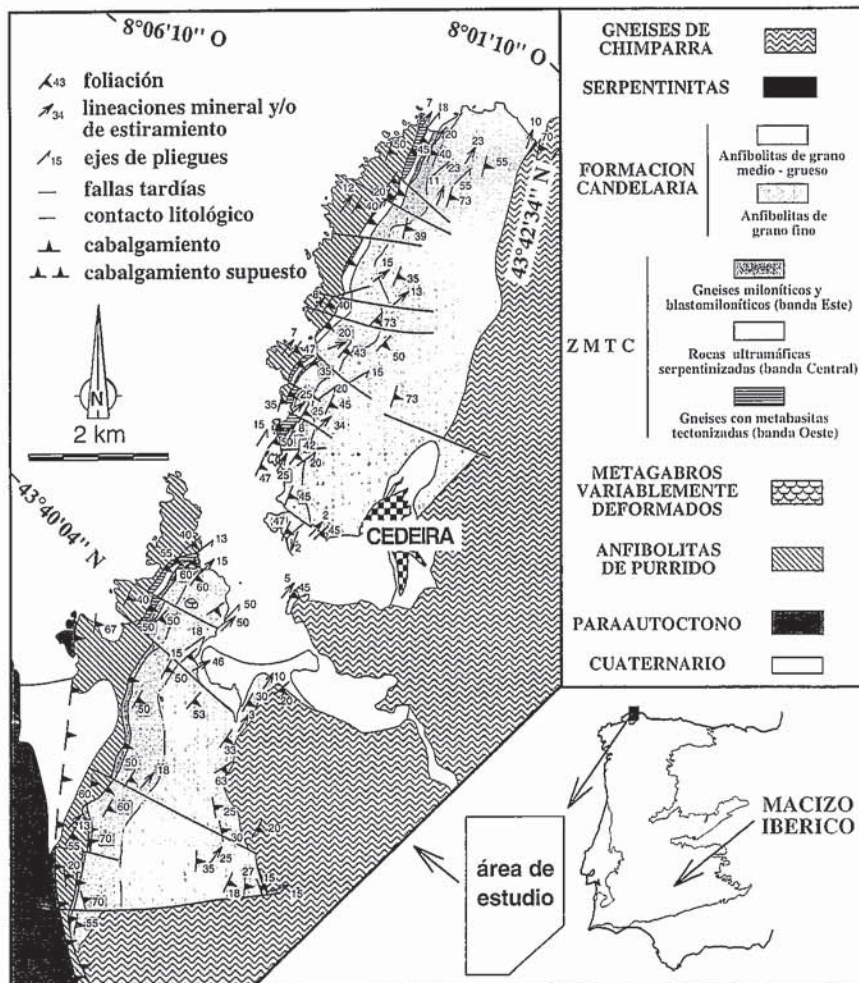


Fig. 1.- Mapa geológico-estructural de las unidades implicadas en este estudio: Anfibolitas de Purrido, ZMTC y Formación Candelaria.

Fig. 1.- Structural-geological map showing the units involved in this work: Candelaria Formation, CZTM and Purrido Amphibolites.

yuxtapuestas y se han redibujado los límites de las diferentes unidades con el fin de construir un corte completo paralelo a la sección estructural regional XZ (Fig. 2). Para definir la orientación del corte se han tomado los valores de los datos estructurales correspondientes a la ZMTC en su conjunto, debido a que ésta constituye la principal zona de cizalla aflorante en este sector del complejo, y además, sus valores de orientación media son prácticamente iguales a los obtenidos para el conjunto de todas

Tabla 1.- Datos estructurales, n = número de datos, e<sub>1</sub> = eigenvalor correspondiente a la máxima concentración de la distribución de datos.

Table 1.- Structural data, n = number of measurements, e<sub>1</sub> = eigenvalue corresponding to the concentration maximum of data distribution.

	foliaciones	lineaciones
ANFIBOLITAS DE PURRIDO	n = 120 e <sub>1</sub> = 0.869 49° / 119°	n = 100 e <sub>1</sub> = 0.923 08° / 039°
Banda Oeste de la ZMTC	n = 100 e <sub>1</sub> = 0.829 54° / 128°	n = 116 e <sub>1</sub> = 0.850 05° / 039°
Banda Central de la ZMTC	n = 35 e <sub>1</sub> = 0.924 41° / 136°	n = 30 e <sub>1</sub> = 0.871 09° / 054°
Banda Este de la ZMTC	n = 155 e <sub>1</sub> = 0.763 53° / 124°	n = 164 e <sub>1</sub> = 0.881 14° / 040°
ZMTC (total)	n = 290 e <sub>1</sub> = 0.799 52° / 127°	n = 310 e <sub>1</sub> = 0.859 10° / 041°
FORMACION CANDELARIA	n = 250 e <sub>1</sub> = 0.821 52° / 125°	n = 171 e <sub>1</sub> = 0.862 14° / 047°
APILAMIENTO COMPLETO	n = 660 e <sub>1</sub> = 0.828 52° / 125°	n = 581 e <sub>1</sub> = 0.869 11° / 042°

n = número de datos  
e<sub>1</sub> = eigenvalor correspondiente a la máxima concentración de la distribución de datos

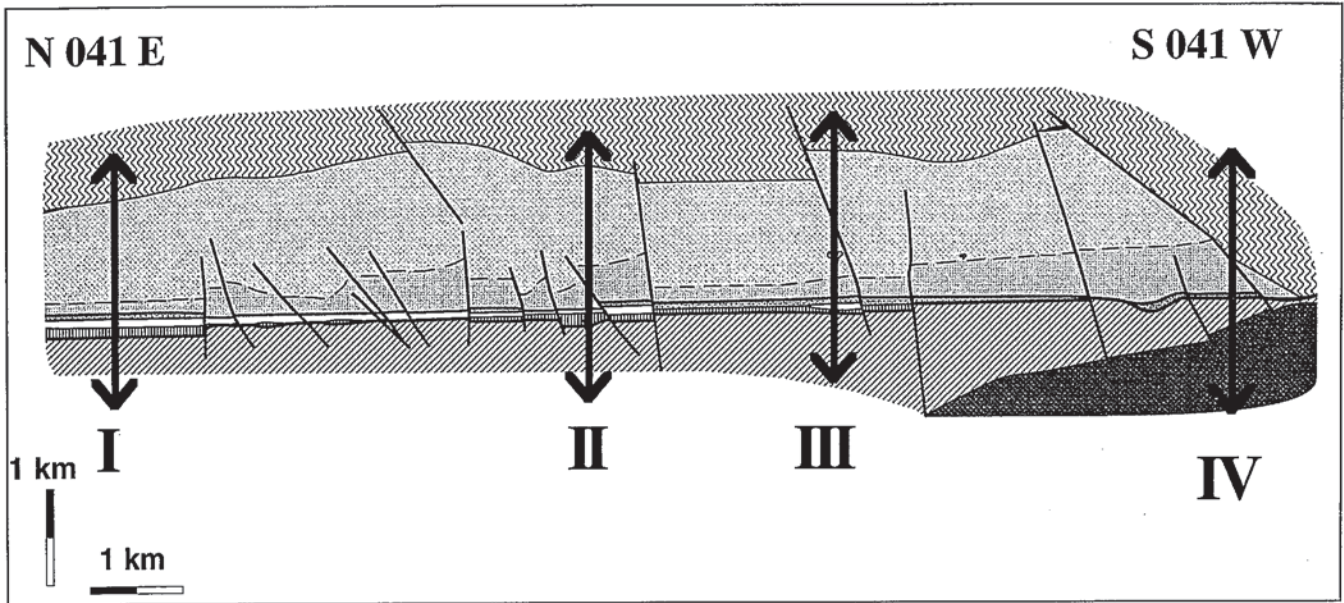


Fig. 2.- Corte parcialmente restaurado del apilamiento tectónico en sección estructural XZ, según una dirección perpendicular a la foliación interna y conteniendo la lineación de la ZMTC.

Fig. 2.- Partially restored XZ structural cross section of the tectonic pile, along a profile parallel to the lineation and perpendicular to the internal foliation of the CZTM.

las unidades (Tabla 1). El plano de corte resultante se ha realizado a lo largo de un perfil de dirección N041°E, perpendicular al valor medio de la foliación de la ZMTC y paralelo a la orientación media de su lineación mineral y/o de estiramiento (dirección estructural X). A continuación se han eliminado las fallas tardías y suavizado los contactos, de forma que se obtiene un

esquema interpretativo de la estructura del apilamiento (Fig. 3). Un corte de este tipo ofrece una visión longitudinal de tal conjunto de láminas y permite obtener la máxima información referente a la estructura y cinemática. Además, también se han levantado cortes verticales y transversales a las unidades, con una orientación próxima al plano estructural YZ de la ZMTC (Fig. 4).

Se trata de cuatro secciones verticales de dirección perpendicular a la lineación mineral y/o de estiramiento de la ZMTC. De esta forma se da una idea más aproximada de la geometría tridimensional del conjunto. En estos cortes se aprecia cómo las láminas que conforman la ZMTC sufren un claro acuíñamiento longitudinal y posiblemente también lateral.

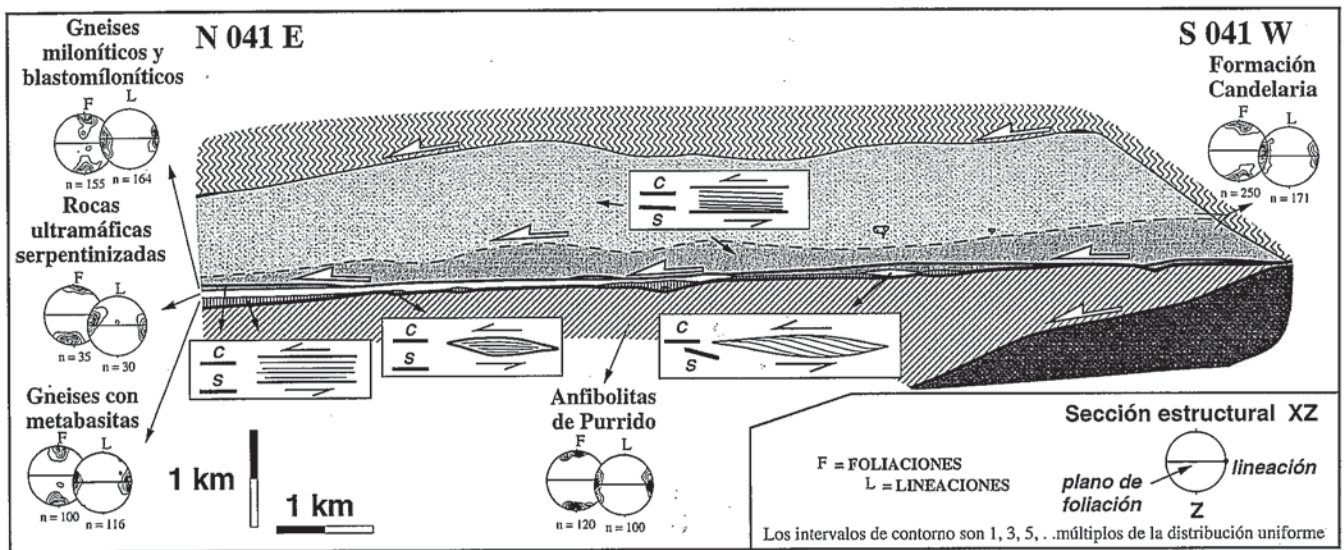


Fig. 3.- Corte completamente reconstruido, con las fallas tardías eliminadas y los contactos suavizados, en el que se esquematizan las relaciones angulares entre la foliación interna de cada unidad (S) y el plano general de cizalla (C). Los estereoplots presentan los datos estructurales de las foliaciones y lineaciones rotados a la sección estructural XZ.

Fig. 3.- Completely reconstructed cross section, late faults removed and contacts smoothed, in which is sketched the angular relationships between the shear general plane (C) and the internal foliation (S) for each unit. Stereoplots present foliation and lineation structural data rotated to fit the down-dip XZ structural section.

**Discusión y conclusiones**

El análisis de los datos estructurales y la observación desde un punto de vista cinemático de estructuras asimétricas a escala meso- y microscópica presentes a lo largo de las distintas unidades, indicaría una yuxtaposición tectónica de las diferentes unidades tectono-estratigráficas con un sentido de desplazamiento de los bloques de techo dirigido al NE (Azcárraga y Abalos, 1996). Este desplazamiento se confirma por las relaciones angulares existentes entre los máximos de concentración de los polos de la foliación interna de cada unidad (sobre todo para la banda central de la ZMTC) y el plano general de cizalla, definido por el valor medio de las foliaciones tomadas en el conjunto de la ZMTC (Fig. 3). El apilamiento de estas unidades podría relacionarse con la imbricación tectónica eo-Hercínica (dirigida al NNE) de los mantos de alta presión del alóctono superior.

La ZMTC constituye una importante zona de cizalla dúctil que registra una larga evolución tectónica, desde niveles estructurales muy profundos hasta niveles corticales más someros. Esta banda de deformación podría estar relacionada con las zonas de cizalla generadas durante la segunda fase de deformación (de alta presión) que afectó al complejo de Cabo Ortegal (Abalos *et al.*, 1994) y que limitan las láminas de eclogitas masivas del alóctono superior.

Finalmente, un rasgo estructural característico de este apilamiento de unidades es la presencia de algunas zonas de cizalla discretas, paralelas o sub-paralelas a la foliación principal y de anchura decimétrica a métrica, que se encuentran atravesando a las anfibolitas de Purrido cerca de la ZMTC y a la banda O y central de esta última formación. Estas zonas de cizalla menores estarían relacionadas con las fases de deformación D3 y D4, de carácter extensional, producidas en condiciones meso y epizonales (facies de las anfibolitas y esquistos verdes) y asociadas con el levantamiento y exhumación a niveles corticales más superficiales.

**Agradecimientos**

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de investigación de la DGICYT PB95-1035.

**Referencias**

Abalos, B., Mendía, M.S. y Gil Iburguchi, J.I. (1994): *C. R. Acad. Sci. Paris*, 319: 1231-1238

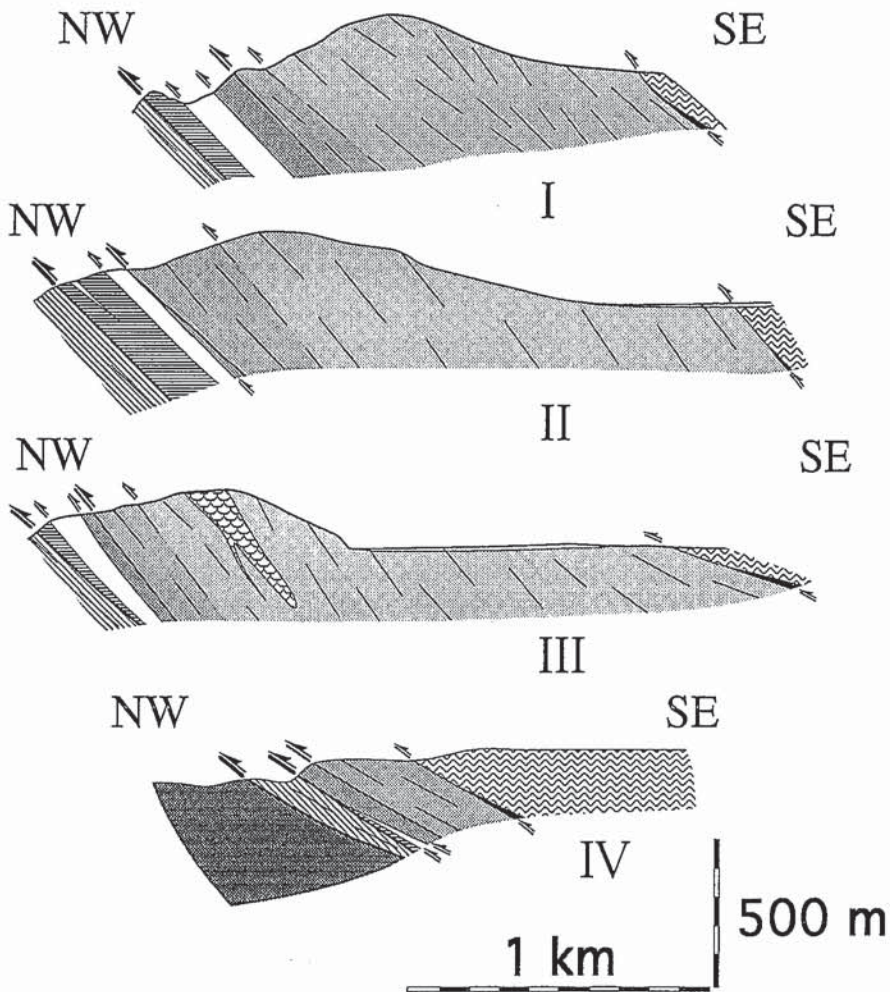


Fig. 4.- Serie de cortes verticales de dirección NO-SE, con una orientación próxima a la del plano estructural YZ (secciones perpendiculares a la orientación media de la lineación mineral y/o de estiramiento de la ZMTC).

Fig. 4.- NW-SE vertical cross section serial with a orientation near to the YZ structural plane (cross sections perpendicular to the average mineral and/o stretching lineation orientation of the CZTM).

Arenas R., Gil Iburguchi, I., González Lodeiro, F., Klein, E., Martínez Catalán, J.R., Ortega Girones, E., de Pablo Maciá, J.G. y Peinado, M. (1986): *Hercynica*, 2: 87-110

Azcárraga, J. y Abalos, B. (1996): *Bol. Geol. Min.*, 107: 125-144

Bastida, F., Marcos, A., Marquínez, J., Martínez Catalán, J.R., Pérez-Estaún, A. y Pulgar, J.A. (1984): *Mapa y Memoria Explicativa de la Hoja nº 1 (La Coruña) del Mapa Geológico Nacional a escala 1:200.000*, IGME.

Bingham, C. (1974): *Ann. Statist.*, 2: 1201-1225

Engels, J.P. (1972): *Leidse Geol. Meded.*, 48: 83-133

Fernández Martínez, F. y Fernández Pompa, F. (1977): *Mapa y Memoria Explicativa de la Hoja Nº 1 (Cariño) del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000*, IGME.

Fernández Pompa, F. y Monteserín, V. (1976): *Mapa y Memoria Explicativa de la Hoja Nº 7 (Cedeira) del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000*, IGME.

Gil Iburguchi, J.I., Mendía, M., Girardeau, J. y Peucat, J.J. (1990): *Lithos*, 25: 133-162

Marcos, A., Marquínez, J., Pérez-Estaún, A., Pulgar, J.A. y Bastida, F. (1984): *Cuad. Lab. Xeol. Laxe*, 7: 125-137

Mendía, M.S. (1996): *Tesis*, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. 463pp.

Santos, J.F. (1995): *Lab. Xeol. Laxe. Serie Nova Terra*, 11: 177pp.

Vogel, D.E. (1967): *Leidse Geol. Meded.*, 40: 121-213