

# Neotectónica en el norte de Galicia: Fallas inversas de actividad cuaternaria en la cuenca fluvial del alveolo de Alfoz, Lugo

*Neotectonic in northern Galicia: Reverse faults with quaternary activity in the fluvial basin of Alfoz (Lugo)*

A. Rodríguez García, L. Quintana, L. González Menéndez y A. Suárez Rodríguez

Instituto Geológico y Minero de España, Oficina de Proyectos de León, Avenida Real, 1 -Parque Científico de León-, 24006, León, España.

## ABSTRACT

*In the weathered depression developed on the A Toxiza variscan granite (northern Galicia) two high angle reverse faults have been located putting the granitic basement over pleistocene fluvial deposits. Several inferred folds are probably related to these NW-SE faults. The location of another reverse fault affecting the granite basement further to the NW allow us to correlate all these faults with a major fault system of NW-SE strike known for its recent seismogenic activity in the cantabrian domain. Our results on the analysis of the faults establish an important reverse component in contrast with the normal component calculated for the NW-SE faults of northern Galicia from seismic data and fault population analysis in previous works.*

**Key words:** Galicia, neotectonic, reverse faults, fluvial deposits, Pleistocene.

Geogaceta, 41 (2007), 251-254  
ISSN: 0213683X

## Introducción

La actividad tectónica reciente en Galicia ha ido adquiriendo un interés creciente desde la ocurrencia de las series sísmicas de Lugo de 1995 y 1997 en las que se produjeron terremotos que alcanzaron una magnitud de 5.3 mb. Desde dichas fechas hasta la actualidad se han seguido produciendo sismos de diversa magnitud, culminando recientemente, el 23 de Abril de 2006, con un terremoto de magnitud 5.0 Mw cuyo epicentro se situó frente a las costas de La Coruña. En diversos trabajos se han caracterizado los mecanismos focales y el marco geodinámico responsables de dichos terremotos utilizando datos sismotectónicos, geológico-estructurales o análisis de la topografía (Capote *et al.*, 1999; González-Casado y Giner Robles, 2000; Rueda y Mezcuca, 2001 y López-Fernández *et al.*, 2004). Sin embargo, la mala calidad de afloramientos, en Galicia en general y de los depósitos cuaternarios en particular, ha imposibilitado la detección en trabajos previos de rupturas superficiales que pudieran relacionarse con posibles fallas sismogénicas.

Durante la realización del Mapa Geomorfológico a escala 1:50.000 de la Hoja nº9 (Foz) se han detectado dos fallas inversas mediante las que materiales graníticos del basamento paleozoico se sitúan sobre depósitos fluviales del Pleistoceno. El principal objetivo de este

trabajo es caracterizar estas estructuras, las cuales tienen gran importancia al tratarse de unas de las primeras a escala de afloramiento citadas en Galicia que demuestran actividad tectónica reciente. Adicionalmente, se establecen las posibles correlaciones de estas fallas con otras de orden regional responsables de terremotos sucedidos en el norte de Lugo. Por último se integrarán los datos obtenidos en el marco geodinámico actual del norte de Galicia.

## Marco geológico

El área de estudio se localiza en el NW de la Zona Asturoccidental-Leonesa. En este área las rocas del sustrato se pueden dividir en dos grandes grupos: metasedimentos del Paleozoico Inferior intensamente plegados durante la Orogenia Varisca y cuerpos ígneos como el plutón de A Toxiza (Fig. 1a). Entre las estructuras posteriores a este orógeno destaca el sistema de fracturación NW-SE (Fig. 1b). Se trata de fallas subverticales pertenecientes a una familia de aparición frecuente en todo el norte de España entre las que se encuentra la falla de As Pontes. El origen y evolución de estas fracturas está probablemente relacionado con la evolución de la Placa Ibérica durante la apertura del Golfo de Vizcaya en el Mesozoico y con el cierre parcial de éste durante la convergencia alpina (Pulgar *et al.*, 1999).

Desde el punto de vista geomorfológico, la principal característica de la zona es la existencia de un alveolo de alteración desarrollado en el borde N del granito de A Toxiza (Fig. 1a). La dinámica fluvial ha jugado un papel esencial tanto en el vaciado como en el posterior relleno de esta depresión. La cartografía de los depósitos fluviales parece indicar la existencia de cuatro etapas en el funcionamiento de estos procesos. Tradicionalmente, a los tres niveles de depósitos fluviales superiores se les ha atribuido una edad Pleistoceno Superior (Martínez Álvarez *et al.*, 1977).

## El corte de Ferreira

En las proximidades de la localidad de Ferreira (Alfoz), en dos taludes de la carretera LU-160, han quedado expuestas dos fallas inversas de alto ángulo, de rumbos subparalelos NW-SE, e inclinaciones opuestas que ponen en contacto rocas ígneas con depósitos cuaternarios (Fig. 2a).

## Materiales involucrados

Litológicamente en el corte de Ferreira se pueden diferenciar tres unidades: un granito biotítico, un granitoide rojo y un depósito conglomerático (Fig. 2b). El granitoide rojo se sitúa en el bloque de techo de las fallas, mientras que el granito biotítico y los conglomerados aparecen en los bloques de muro donde, además, se

puede observar el contacto entre estos últimos.

El granito biotítico es de grano grueso, equigranular y con una alteración de tono blanco-amarillento. Este granito se puede relacionar con la facies común del plutón de A Toxiza.

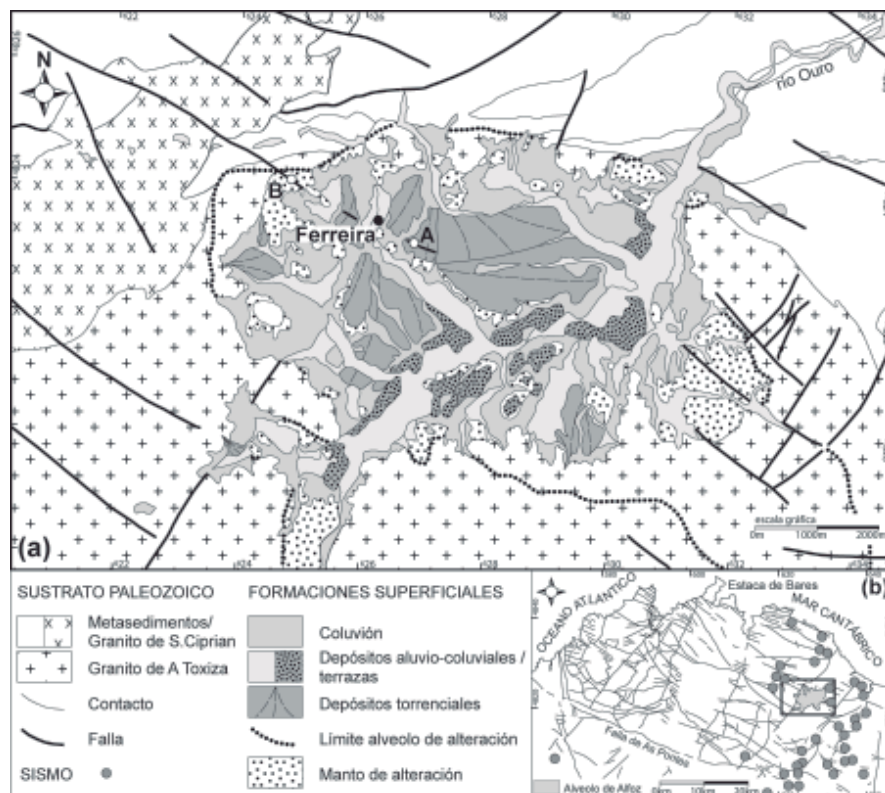
El granitoide rojo es un cuerpo de textura ígnea de grano medio a fino y con una alteración de tono rojizo muy intensa. Las texturas ígneas sólo son reconocibles en el sector más próximo a la falla Ne donde destaca una estructura tipo *stockwork* que podría corresponder a un sistema de diques o diaclasas (Figs. 2a y h). Este granitoide no se puede relacionar con ninguna facies granítica observada en el plutón de A Toxiza. Se trata por lo tanto de dos granitos diferentes en características texturales y tipo e intensidad de alteración.

Por último, el depósito conglomerático está formado por gravas y cantos de formas subangulosas englobados en una matriz arenoso-arcillosa de color ocre sin cementar. La litología de los clastos es fundamentalmente cuarcítica. La textura del depósito es clastosoportada y de aspecto masivo, sin embargo, también pueden observarse imbricaciones y estratificaciones embriónicas marcadas por alineaciones de grandes clastos interstratificados con otros de menor tamaño o niveles de fracción fina (Figs. 2b, e y f). El espesor del depósito es variable, siendo el máximo medido superior a los 4 m. Probablemente, este depósito ha sido producido por flujos de tipo torrencial con un comportamiento masivo, turbulento y de gran competencia. Las relaciones cartográficas de este depósito con el resto de depósitos fluviales permiten correlacionarlo con el más alto de los tres niveles de terrazas datados como Pleistoceno Superior (Martínez Álvarez *et al.*, 1977).

#### *El contacto del depósito cuaternario con las rocas del sustrato*

El contacto del depósito cuaternario con las rocas del sustrato presenta una geometría variable en función de su distancia a las fallas. En este sentido se ha dividido el contacto en cuatro tramos (A, B, C y D de la Fig. 2b). El tramo A se describe en el bloque de muro de la falla Nw debido a sus mejores condiciones de afloramiento mientras que los tramos B, C y D se describen en el bloque de muro de la falla Se.

Tramo A. En el bloque de muro de la falla Nw el contacto del depósito cuaternario con el granito se inclina en sentido opuesto a la falla disminuyendo progresivamente desde los 30° aparentes junto a la falla hasta los 6° en la parte más



**Fig. 1.- (a) Localización geológica de los afloramientos estudiados. A: El corte de Ferreira (UTM: x.626.772; y.4.823.114; huso 29), B: La Falla de A Cabanela (UTM: x.624.847; y.4.823.997; huso 29). Mapa geológico modificado de Gómez Barreiro *et al.* (en prensa). (b) Actividad sísmica en el norte de Lugo. Datos sísmicos: Instituto Geográfico Nacional, IRIS-Consortium y Proyecto GASPI.**

**Fig.1.- (a) Geological location of the studied outcrops. A: Cross section of Ferreira (UTM: x.626.772; y.4.823.114; huso 29). B: A Cabanela Fault (UTM: x.624.847; y.4.823.997; huso 29). Geological map modified from Gómez Barreiro *et al.* (in press). (b) Seismic activity in northern Lugo. Seismic data: Instituto Geográfico Nacional, IRIS-Consortium and Proyecto GASPI.**

alejada de la misma (Fig. 2g). Es especialmente destacable que en el resto de afloramientos de este contacto, en los bloques de muro junto a las fallas, dicho contacto se inclina sistemáticamente de modo opuesto a las mismas (Figs. 2c y 2i).

Tramo B. En el bloque de muro de la falla Se el contacto empieza a aflorar a unos 8 m de la falla. En este punto el contacto se inclina en el mismo sentido que la falla y a partir de los 15 m esta inclinación presenta una geometría muy regular con un ángulo aparente de 8° (Fig. 2b). Esta misma inclinación también parece observarse en algunas alineaciones de clastos y en niveles de finos (Fig. 2e).

Tramo C. En el tramo situado entre los 21 m y los 38 m, el contacto presenta una tendencia horizontal y una geometría muy irregular (Fig. 2b). En este tramo parecen reconocerse algunos paleocanales de dimensiones métricas en los que se pueden observar depósitos de fondo de canal.

Tramo D. A partir de los 38 m, el contacto vuelve a presentarse inclinado. En

este caso lo hace de nuevo en sentido opuesto a la falla y con un valor aparente de 23°. En este tramo se observa una estratificación de los materiales cuaternarios marcada por niveles finos y paralela al contacto (Fig. 2f).

#### *Las fallas*

Las dos fallas estudiadas cortan transversalmente a la carretera con rumbos N122°E la falla S y N97°E la falla N por lo que pueden ser estudiadas en cuatro secciones (Fig. 2a).

El estudio de estas secciones muestra que se trata de fallas inversas que sitúan el granitoide rojizo sobre los materiales cuaternarios. Las fallas son de alto ángulo y no planares puesto que sus inclinaciones son variables a lo largo del mismo plano (Figs. 2 c, d, g, y 2i). Este hecho es especialmente destacable en la falla Se con inclinaciones aparentes que oscilan entre los 60° del tramo inferior y los 42° del tramo superior (Fig. 2d). Pero sin duda, el caso más llamativo, en cuanto a variaciones de inclinación en una misma falla, lo muestra

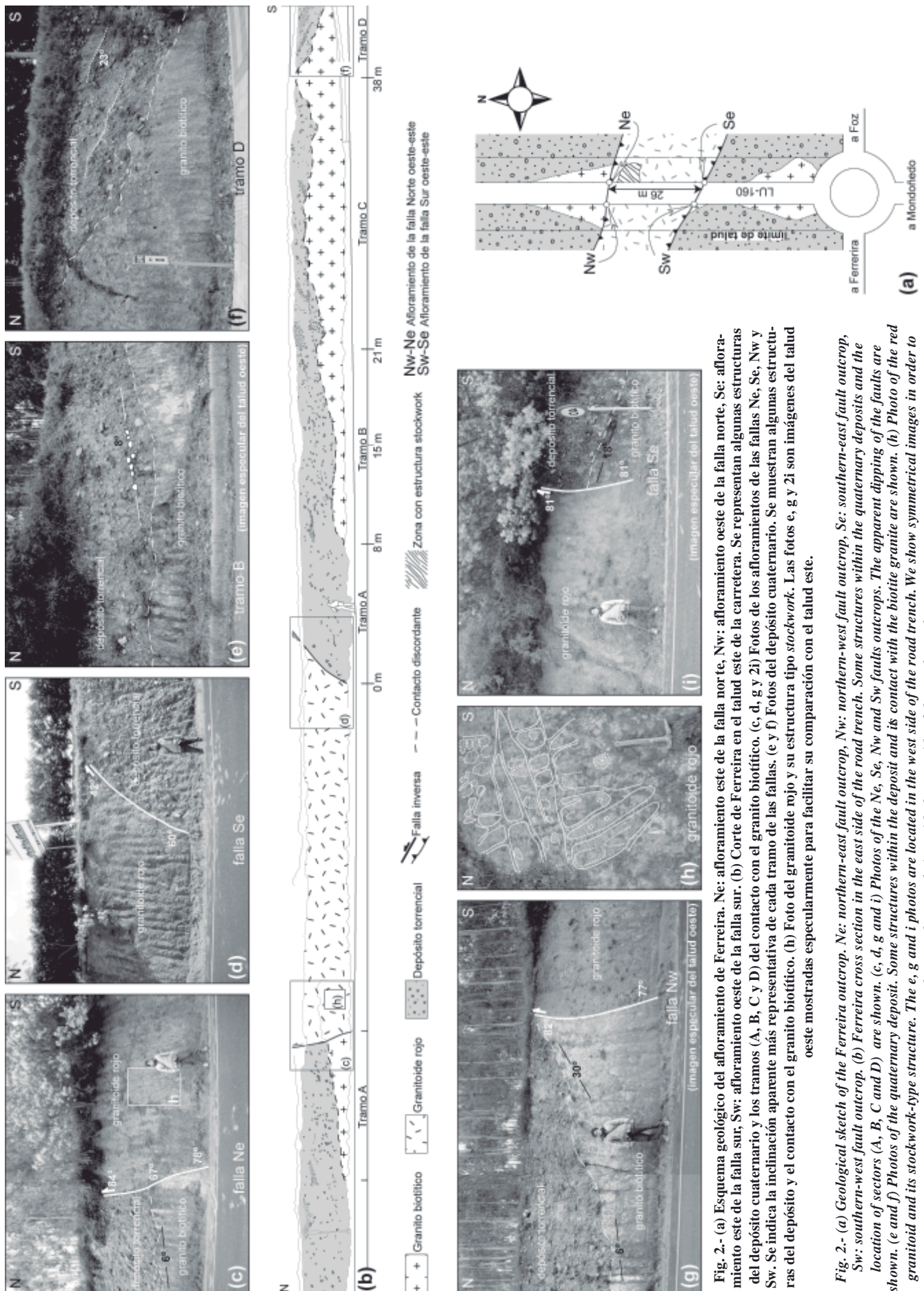


Fig. 2.- (a) Esquema geológico del afloramiento de Ferreira. Ne: afloramiento este de la falla norte, Nw: afloramiento oeste de la falla norte, Se: afloramiento este de la falla sur, Sw: afloramiento oeste de la falla sur. (b) Corte de Ferreira en el talud este de la carretera. Se representan algunas estructuras del depósito cuaternario y los tramos (A, B, C y D) del contacto con el granito biotítico. (c, d, g y 2i) Fotos de los afloramientos de las fallas Ne, Se, Nw y Sw. Se indica la inclinación aparente más representativa de cada tramo de las fallas. (e y f) Fotos del depósito cuaternario. Se muestran algunas estructuras del depósito y el contacto con el granito biotítico. (h) Foto del granitoide rojo y su estructura tipo stockwork. Las fotos e, g y 2i son imágenes del talud oeste mostradas especularmente para facilitar su comparación con el talud este.

Fig. 2.- (a) Geological sketch of the Ferreira outcrop. Ne: northern-east fault outcrop, Nw: northern-west fault outcrop, Se: southern-east fault outcrop, Sw: southern-west fault outcrop. (b) Ferreira cross section in the east side of the road trench. Some structures within the quaternary deposits and the location of sectors (A, B, C and D) are shown. (c, d, g and i) Photos of the Ne, Se, Nw and Sw faults outcrops. The apparent dipping of the faults are shown. (e and f) Photos of the quaternary deposit. Some structures within the deposit and its contact with the biotite granite are shown. (h) Photo of the red granitoid and its stockwork-type structure. The e, g and i photos are located in the west side of the road trench. We show symmetrical images in order to make easy the correlation with the east side of the road trench.

la falla Nw en la que el tramo superior se inclina en sentido contrario al tramo inferior dando relaciones de falla normal (Fig. 2g).

Los desplazamientos mínimos de las fallas oscilan entre los 150 cm de las fallas Ne y Sw y los 370 cm de la falla Se. Aunque el movimiento aparente de las fallas es inverso, no se ha observado ningún criterio cinemático que haya permitido estimar el movimiento real de las mismas, es decir, si éste es inverso o inverso con componente de desgarre.

### Correlación de las fallas del corte de Ferreira con los sistemas de fallas regionales.

Al NW de la localidad de Ferreira (en el lugar de A Cabanela) se ha localizado otra falla inversa de rumbo N96°E y buzamiento 70° hacia el S que corta al basamento granítico (Figs. 1a y 3). En este afloramiento se puede observar la facies granítica común del plutón de A Toxiza y tres diques de cuarzo de rumbo N88°E y buzamiento 38° hacia el S. Los diques de cuarzo están cortados por la falla con un desplazamiento aparente de 15 cm. Esta falla es una estructura tardía y desarrollada en condiciones frías.

La cartografía regional permite correlacionar las fallas del corte de Ferreira y la del afloramiento de A Cabanela con una falla de escala cartográfica que pertenece al sistema de fallas NW-SE (Figs. 1a y b). Estas fallas cortan a las estructuras variscas con un trazado rectilíneo y paralelo a otras fallas importantes en el norte de Galicia como la de As Pontes.

### Discusión y Conclusiones

Las fallas descritas en el corte de Ferreira pueden ser consideradas como fallas con una componente inversa de actividad reciente ya que materiales del basamento paleozoico se encuentran cobijando a depósitos de edad Pleistoceno.

En el corte de Ferreira, la geometría del contacto del depósito cuaternario con las rocas del sustrato podría sugerir la existencia de pliegues afectando a todos los materiales: la sinforma descrita por el contacto más próximo a la falla Nw (Fig. 2g) y las inclinaciones opuestas, respecto a las fallas, del resto de tramos aflorantes del contacto (Figs. 2c y 2i) parecen indicar la existencia de dos sinclinales de arrastre en los bloques de muro de las fallas. Por otra parte, las inclinaciones aparentemente paralelas entre el contacto y la estructura interna del depósito y las in-

clinaciones opuestas de estas estructuras en los tramos B y D (Figs. 2b, e y f) parecen apuntar la existencia de un anticlinal vergente hacia el SW al sur de la falla meridional, en el que el tramo C sería la zona de charnela. Por último, la geometría irregular de los planos de falla, que en algunos puntos llegan a inclinarse en sentidos opuestos, dando relaciones de falla inversa y falla normal en un mismo plano (Figs. 2g y 2i), apoyaría la hipótesis de que éstas estructuras también se encuentran plegadas.

Se considera que las fallas del corte de Ferreira pueden tener continuidad en la falla inversa que corta el basamento granítico al NW de Ferreira (A Cabanela) y, a su vez, estar relacionadas con el sistema de fallas NW-SE observado en las cartografías regionales.

Respecto a la actividad sísmica en el entorno del área de estudio, ésta adopta un carácter disperso (Fig. 1b). Sin embargo este área pertenece al dominio sísmico cantábrico en el que se identifican como fuentes sismogénicas principales a las familias de fallas de orientación W-E y NW-SE (López-Fernández *et al.*, 2004). En nuestra zona de estudio, la no existencia de fallas W-E, la gran profusión de fallas NW-SE, la coincidencia de este rumbo con las fallas de A Cabanela y Ferreira, y la actividad reciente demostrada en este trabajo de éstas últimas sugieren a las fallas estudiadas como posibles fuentes sismogénicas.

Por otra parte, los análisis del estado de esfuerzos actual de la zona, basado en estudios de población de fallas (Herraiz *et al.*, 2000 y González Casado y Giner-Robles, 2000) y de la sismicidad actual (Rueda y Mezcuca, 2001) calculan un acortamiento general NW-SE en el noroeste peninsular. A la luz de estos resultados, las fallas de orientación NW-SE, similares a las estudiadas en este trabajo, presentarían movimientos de falla normal (González Casado y Giner-Robles, *op cit.*) o de falla normal con componente de desgarre (López-Fernández *et al.*, 2004). Sin embargo, los resultados obtenidos en el estudio de las fallas de Ferreira y A Cabanela son contrarios a las interpretaciones anteriores. En efecto, aunque no se han podido medir indicadores cinemáticos en las fallas estudiadas que permitan concluir si se trata de fallas inversas o inversas con componente de desgarre, la componente inversa de las mismas podría indicar que el esfuerzo máximo compresivo que originó estas estructuras tuvo una



Fig. 3.- Falla de A Cabanela.

Fig. 3.- A Cabanela Fault.

posición más próxima al norte, al menos localmente.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en el marco del proyecto "Geomorfología en el noroeste y suroeste de Galicia" (num. 2000067) del IGME.

### Referencias

- Gómez Barreiro, J.G., Martínez Catalán, J.R., González Menéndez, L., Gallastegui, G. y Rodríguez García, A. (en prensa). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja n°9 (Foz), 2ª edición*. IGME.
- Capote, R., Martínez-Díaz, J.J., Tsige, M. y Villamar, P. (1999). En: *I Asamblea Hispano Portuguesa de Geodesia y Geofísica*. Volumen: CDRom ISBN: 84-95172-10-0.
- González-Casado, J.M. y Giner Robles, J. (2000). *Geogaceta*, 28, 71-74.
- Herraiz, M., De Vicente, G., Lindo-Naupari, R., Giner, J., Simón, J.L., González-Casado, J.M., Vadillo, O., Rodríguez-Pascua, M.A., Cicuéndez, J.I., Casas, A., Cabañas, L., Rincón, P., Cortés, A.L., Ramírez, M. y Lucini, M. (2000). *Tectonics*, 19, 762-786.
- Martínez Álvarez, J.A., Torres-Alonso, M. y Gutierrez Claverol, M. (1977). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja n°9 (Foz), 1ª edición*. IGME.
- Rueda, J. y Mezcuca, J. (2001). *Instituto Geográfico Nacional*. Pub. Técnica n° 35.
- López-Fernández, C., Pulgar, J.A., González-Cortina, J.M., Gallart, J., Díaz, J. y Ruiz, M. (2004). *Trabajos de Geología, Univ. de Oviedo*, 24, 91-106.
- Pulgar, J.A. y Alonso, J.L., Espina, R.G. y Marín, J.A. (1999). *Trabajos de Geología, Univ. de Oviedo*, 21, 283-294.