

# La fábrica de las rocas miloníticas de la Zona de Cizalla de Los Llanos (Calzadilla de los Barros, Badajoz)

*Mylonite fabrics in Los Llanos Shear Zone (Calzadilla de los Barros, Badajoz)*

Alberto Jiménez-Díaz <sup>(1)</sup>, Ramón Capote <sup>(1)</sup>, Rosa Tejero <sup>(1)</sup>, Rosario Lunar <sup>(2)</sup>, Lorena Ortega <sup>(2)</sup>, Serafín Monterrubio <sup>(3)</sup>, Casimiro Maldonado <sup>(4)</sup> y David Rodríguez <sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense, 28040 Madrid. [ajimenezdiaz@geo.ucm.es](mailto:ajimenezdiaz@geo.ucm.es); [capote@geo.ucm.es](mailto:capote@geo.ucm.es); [rosatej@geo.ucm.es](mailto:rosatej@geo.ucm.es)

<sup>(2)</sup> Departamento de Cristalografía y Mineralogía, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense, 28040 Madrid. [lunar@geo.ucm.es](mailto:lunar@geo.ucm.es); [lortega@geo.ucm.es](mailto:lortega@geo.ucm.es)

<sup>(3)</sup> Escuela Politécnica Superior, Universidad de Salamanca, 49022 Zamora. [seramp@usal.es](mailto:seramp@usal.es)

<sup>(4)</sup> Río Narcea Nickel S.A., Zafra, 06300 Badajoz.

## ABSTRACT

*The Los Llanos Shear Zone bounds the Cabeza Gorda and Zafra units located in the Ossa-Morena Zone (SW Iberian Massif). Within the Cabeza Gorda unit two peridotitic massifs crop out, named Sierra Cabeza Gorda and Cerro Cabrera. The mylonitic rocks consist of metamorphic and peridotitic rocks extensively deformed that exhibit a penetrative foliation. Mylonitic fabrics are characterized by S and C structures and S-C and S-C' band. Some examples show a crenulation cleavage that points out the existence of at least two deformation stages. Kinematic criteria are widespread, but dextral-reverse movement prevails both in outcrop and thin section. Los Llanos Shear Zone orientation is NW-SE, similar to variscan structures trend in the area, and deforms precambrian and paleozoic rocks. Los Llanos Shear Zone represents a dextral-reverse structure of Variscan age.*

**Key words:** Mylonites, peridotitic massifs, shear zone, Calzadilla de los Barros

*Geogaceta*, 46 (2009), 27-30  
ISSN: 0213683X

## Introducción

En la Zona de Ossa-Morena, en el SO del Macizo Ibérico, afloran varios cuerpos de rocas ultramáficas entre las que se encuentran los macizos peridotíticos de Calzadilla de los Barros. La naturaleza ofiolítica de estas peridotitas fue puesta de manifiesto por Monterrubio (1991), a partir del estudio de las cromitas contenidas en ellas, y representan parte de una litosfera oceánica. Hasta las investigaciones con objetivos mineros de Río Narcea Nickel S.A., las relaciones entre las rocas peridotíticas y las rocas precámbricas y paleozoicas no habían sido estudiadas en detalle. La integración de datos geológicos, geofísicos y geoquímicos ha mostrado el carácter cabalgante del contacto entre las peridotitas y las rocas encajantes en el borde sur del macizo Cerro Cabrera, y la existencia más al sur de una zona de cizalla denominada «Zona de Cizalla de los Llanos», a favor de la cual se produce una intensa deformación.

El objetivo de este trabajo es el estudio de la deformación dúctil asociada a la Zona de Cizalla de los Llanos, haciendo especial hincapié en la caracterización de

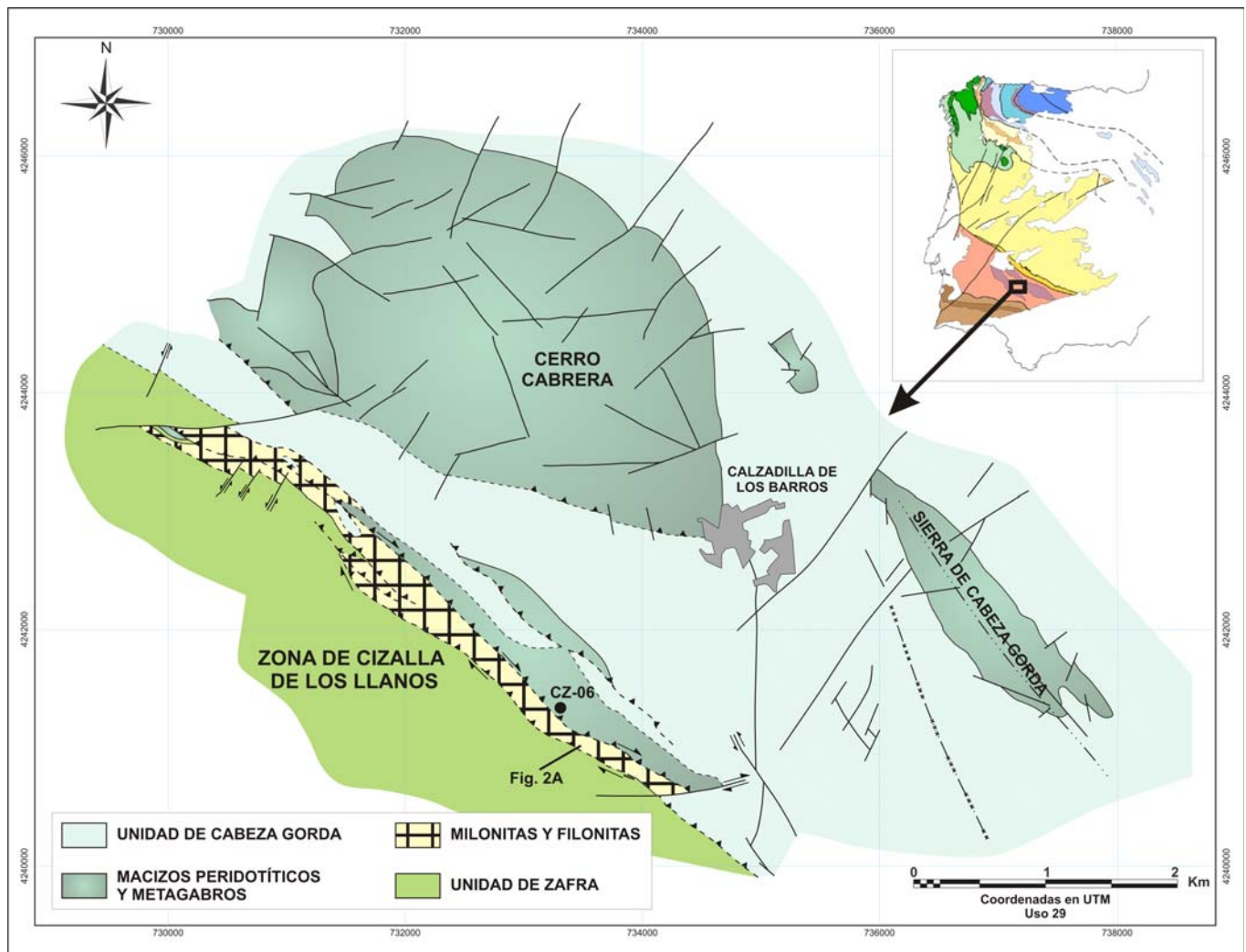
la fábrica deformada de las peridotitas. Para ello se ha realizado un trabajo de campo con recogida de muestras para estudiar la fábrica de las rocas, y se ha contado con los datos geológicos y muestras de sondeos facilitados por Río Narcea Nickel S.A., a la que agradecemos su colaboración.

## Marco geológico

El área de Calzadilla de los Barros se sitúa en el flanco NE del Anticlinorio Olivenza-Monesterio, formando parte de la Unidad de Cabeza Gorda dentro del dominio de Zafra-Monesterio (Fig. 1). Las rocas peridotíticas afloran en dos macizos, el de Cerro Cabrera y Sierra de Cabeza Gorda, que constituyen los relieves más importantes de la zona. Además de rocas peridotíticas, en la zona de estudio afloran materiales precámbricos y paleozoicos pertenecientes a la Serie Negra, Formación Malcocinado y Formación Torreárboles (Fernández-Carrasco *et al.*, 1980; Arriola *et al.*, 1984 a, b y c; Aguayo, 1985; Monterrubio, 1991). La Serie Negra es una sucesión precámbrica que ocupa la posición basal de las secuencias

tectonoestratigráficas en la mayor parte de la Zona de Ossa-Morena, y que en todos los casos, su posición estratigráfica bajo el Cámbrico inferior datado con fósiles es inequívoca (Eguíluz *et al.*, 1999). Sobre los materiales de la Serie Negra se dispone discordante la Formación Malcocinado, cuyo depósito tuvo lugar como mínimo hace ca.522 Ma (Ordóñez *et al.*, 1998). La Formación Torreárboles se sitúa en discordancia angular y/o erosiva sobre los materiales de la Serie Negra y Formación Malcocinado. La asociación de icnofósiles del miembro superior de esta Formación representa un Cámbrico basal, y sobre ella se encuentran la sucesión de pizarras y calizas «Capas de Zafra», asignadas al Cámbrico inferior por su posición estratigráfica (Fernández-Carrasco *et al.*, 1980).

Al sur de los macizos peridotíticos vuelven a aflorar estrechas láminas de peridotitas englobadas en un conjunto intensamente deformado que constituye la Zona de Cizalla de los Llanos. Esta estructura limita la Unidad de Cabeza Gorda (al norte) y la Unidad de Zafra (al sur), y tiene una orientación NO-SE similar a la de los antiformes y sinformes que caracterizan la



**Fig. 1.-** Mapa geológico simplificado del área de Calzadilla de los Barros. Se han señalado la posición del sondeo CZ-06, y la posición en afloramiento de las muestras estudiadas. En el cuadrado se muestra su situación dentro del Macizo Ibérico.

*Fig. 1.- Simplified geological map of Calzadilla de los Barros area. Borehole CZ-06 and Fig. 2A situation are shown. The inset shows its situation in the Iberian Massif.*

estructura de la región (Fig.1). Las peridotitas de la Sierra de Cabeza Gorda ocupan el núcleo del antiforme más oriental, mientras que las de Cerro Cabrera se disponen mediante un cabalgamiento sobre los materiales de la Serie Negra (Fig. 1). La estructura más visible en las rocas aflorantes en el área de estudio es una foliación con orientación media de N143°E y buzamientos altos hacia el SO y NE. En el interior de los macizos peridotíticos la foliación no es tan visible, y sí está desarrollada una intensa fracturación.

Los estudios estructurales proponen la existencia de tres fases principales de deformación con desarrollo de pliegues y esquistosidad (Fernández-Carrasco *et al.*, 1980). La primera y segunda fase únicamente se han reconocido en las sucesiones de Montemolín y Tentudía (Serie Negra). La tercera fase afecta a todos los materiales precámbricos y paleozoicos pero con un desarrollo desigual, siendo la responsa-

ble de las estructuras cartográficas mayores. Posteriormente se desarrollan dos fases más de deformación, que originan pliegues suaves. Las dos primeras fases son anteriores a la Formación Malcocinado, y por tanto su edad sería precámbrica, posiblemente pre-Rifeense superior-Vendense y asimilable a la Orogenia Cadomiense. La tercera fase es post-Cámbrico y por comparación con los datos regionales, asimilable a la Orogenia Varisca. Las dos últimas fases serían igualmente Variscas.

**La Zona de Cizalla de los Llanos**

El límite entre la Unidad Cabeza Gorda (formada por las peridotitas de Sierra de Cabeza Gorda y Cerro Cabrera, y las rocas de la Serie Negra, la Formación Malcocinado y de la Formación Torreárboles) y la Unidad de Zafra, está definido por una zona de cizalla de aproximadamente 1 km de ancho y orientación

NO-SE. Esta zona de cizalla está constituida por láminas cabalgantes de peridotitas serpentinizadas similares a las del macizo Cerro Cabrera, limitadas por sucesivas bandas de cizalla dúctil con intensa deformación y desarrollo de milonitas, y que en conjunto se han denominado «Zona de Cizalla de los Llanos» (Fig. 1). Las rocas miloníticas presentan una foliación bien desarrollada en todo tipo de litologías, con ausencia de lineación.

Las mejores observaciones en campo se han realizado en el extremo SE de la Zona de Cizalla de los Llanos, donde hay una gran diversidad de litologías, reconociéndose diabasas, metarriolitas, metaarcosas, y serpentinitas semejantes a las del macizo peridotítico Cerro Cabrera, todas fuertemente deformadas y milonitizadas. En afloramiento se pueden ver estructuras indicativas de la cinemática de la Zona de Cizalla de los Llanos, ob-

servándose criterios cinemáticos de ambos tipos, siendo los dextrales con componente inverso los que alcanzan un mayor desarrollo en la zona (Fig. 2A).

Se ha realizado un estudio microestructural para caracterizar las fábricas miloníticas desarrolladas en muestras tomadas en afloramiento y en 17 muestras correspondientes a diferentes profundidades del sondeo inclinado CZ-06, que atraviesa en profundidad la Zona de Cizalla de los Llanos en el sector SE, y que han permitido seguir el progresivo desarrollo de los procesos de cizalla dúctil y frágil desde el techo de la banda hacia el muro (Fig. 3). En lámina delgada, las rocas presentan una deformación de carácter milonítico caracterizado por el desarrollo de una foliación penetrativa (Fig. 2 B). En parte de las láminas se observa una crenulación, que indica la superposición de al menos dos etapas de deformación (Fig. 2 C). También se observan bandas de deformación de tipo S-C y S-C' muy penetrativas.

En el sondeo CZ-06 las rocas muestran fábricas cataclásticas y miloníticas que indican aumento de la deformación con la profundidad, hasta atravesar la banda de cizalla y llegar al muro de ésta, donde aparecen metasedimentos lutítico-limolíticos de tonalidades negras correspondiente a la Serie Negra (Fig. 4 F). La mayor parte de las rocas son serpentinitas más o menos deformadas constituidas por una malla de crisotilo y antigorita, con una foliación muy bien definida y abundantes estructuras sigmoides (Fig. 4 A). Las serpentinitas deformadas pasan hacia verdaderas milonitas en profundidad. Dentro de las serpentinitas es muy característica la presencia de elementos resistentes a la deformación, serpentinita no deformada, de forma circular y elíptica, rodeados por la foliación milonítica. Probablemente la reología más competente es un carácter heredado de la roca original (Fig. 4 B). La deformación en las serpentinitas no es uniforme, observándose dominios con una alta deformación en contacto con dominios de menor deformación. Se observa un alto grado de carbonatización de las serpentinitas, con formación de carbonatos secundarios a expensas de los minerales de la serpentinita (Fig. 4 C). Este proceso está acompañado por removilización y transferencia de sílice, que cristaliza como cuarzo. Existen venas de carbonato cristalino y carbonato fibroso con dos orientaciones diferentes (Fig. 4 D). Se observan maclas de origen mecánico en los carbonatos cristalinos. La cinemática de la Zona de Cizalla de los Llanos se ha podido establecer mediante estructuras sigmoides

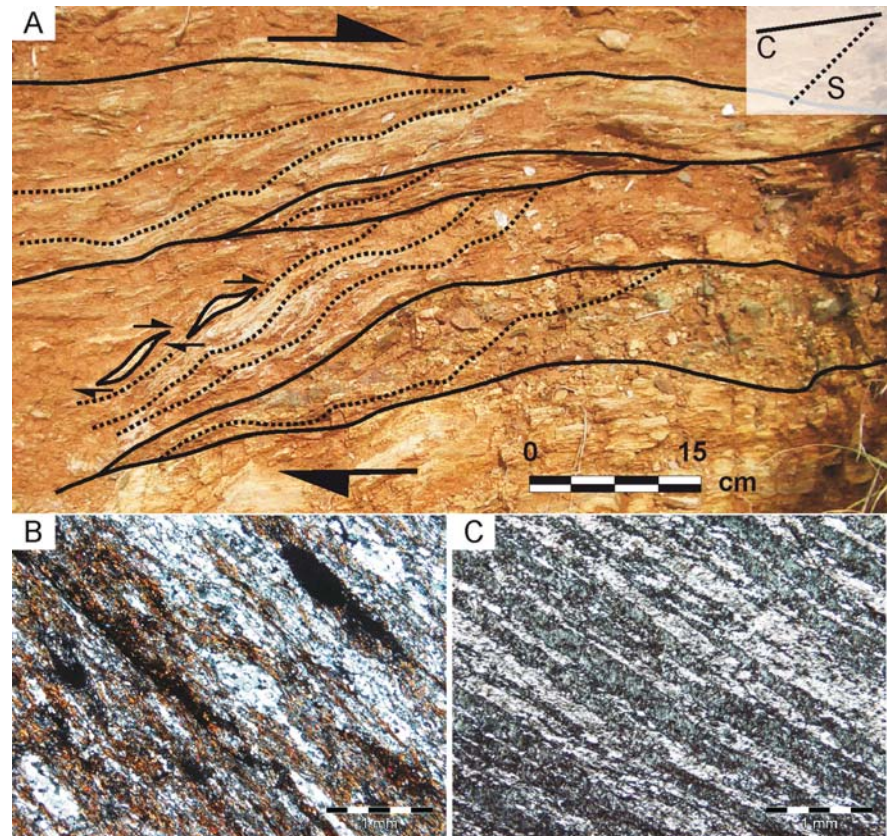


Fig. 2.- A) Aspecto en campo de la Zona de Cizalla de los Llanos. Son dominantes los criterios cinemáticos dextrales, con cierto componente inverso. B y C) Microfábrica de las rocas miloníticas (NX). B: Metarcosa con una foliación bien desarrollada. C: Esquistosidad de crenulación en serpentinita.

Fig. 2.- A) Mylonite outcrop of Los Llanos Shear Zone. The configuration of the C and S surfaces reveals a dextral-reverse sense of movement (continuous line: C planes; dashed line: foliation). B and C) Mylonite microfabric (NX). B: Well develop foliation in metarkose; C: Crenulation foliation in serpentinite.

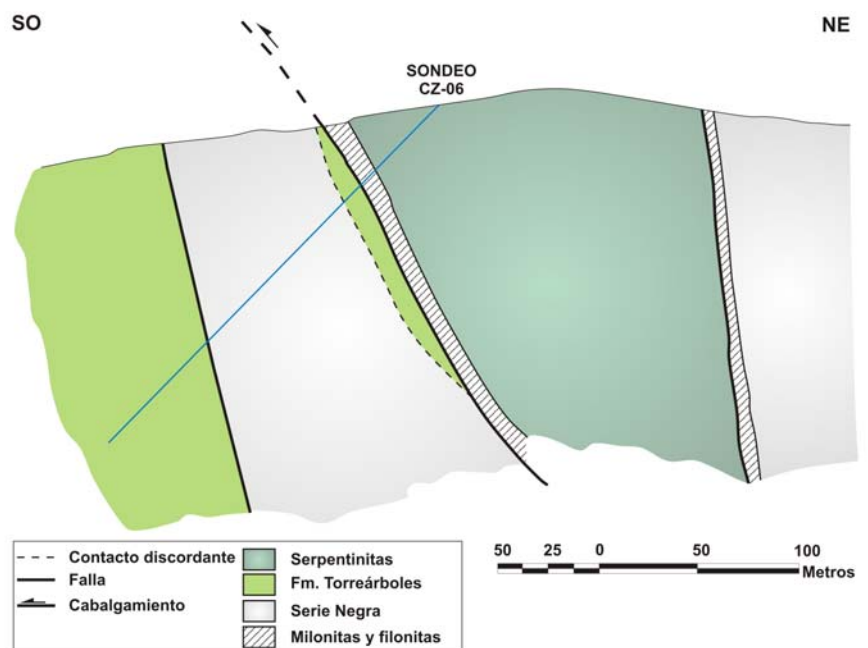
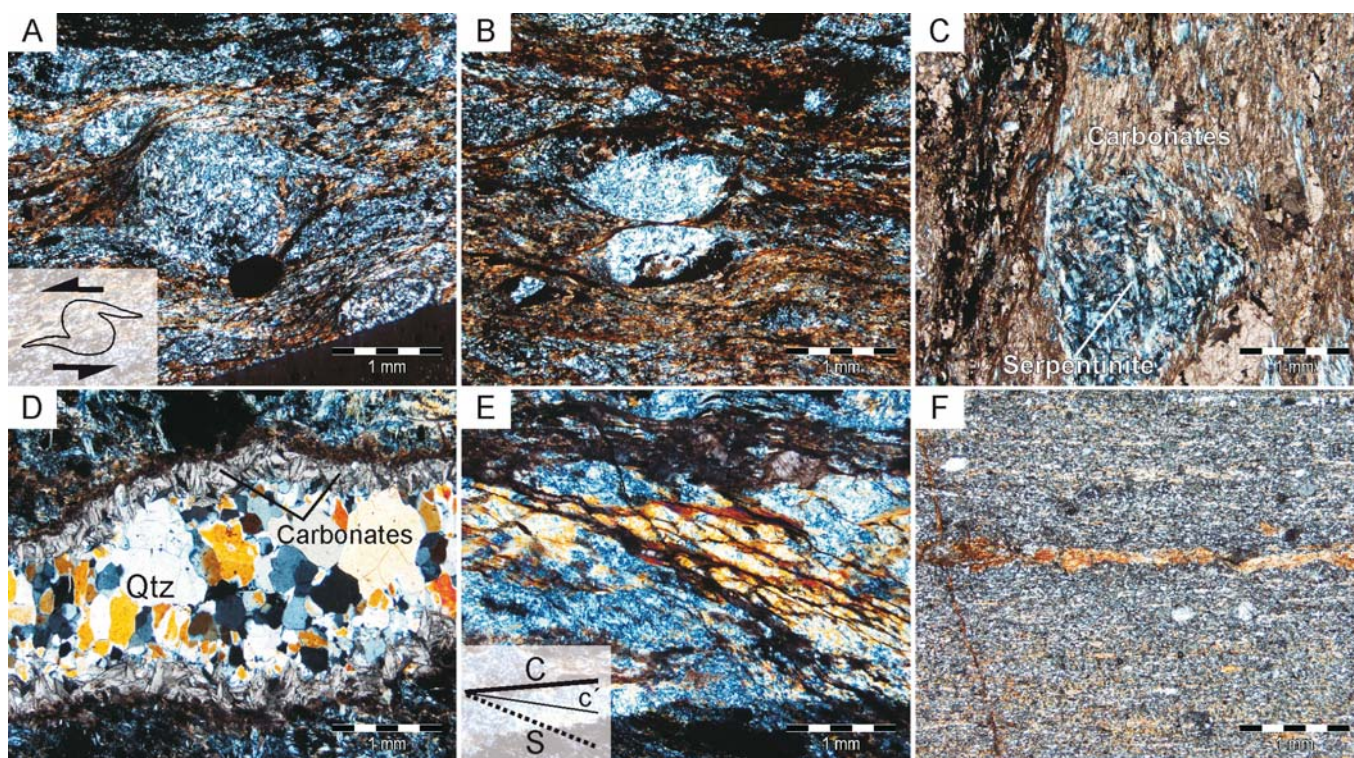


Fig. 3.- Sección de «Los Llanos de Zafra», con la posición del sondeo CZ-06.

Fig. 3.- Cross section along the borehole CZ-06.



**Fig. 4.-** Microfotografías de las rocas deformadas (NX). A) Estructura  $\delta$  en porfiroblasto de serpentinita. B) Porfiroblastos serpentiniticos rodeados por la foliación. C) Proceso de carbonatización. Los carbonatos mimetizan la estructura de deformación de las serpentinitas. D) Vena de carbonato fibroso, carbonato cristalino y cuarzo. E) Estructuras de tipo S-C y S-C'. F) Filonitas de la Serie Negra a 59,45 m de profundidad.

*Fig. 4.- Microphotographs of deformed rocks (NX). A)  $\delta$  structure in serpentinite porphyroblast. B) Aspect of serpentinite microfabric with round serpentinite porphyroblasts. C) Carbonate replacement. Carbonates mimic serpentinite deformation structure. D) Fiber carbonate, blocky carbonate and quartz. E) S-C and S-C' bands. F) Serie Negra phyllonites at a depth of 59.45 m.*

de la foliación y de sistemas de porfiroblastos de tipo  $\sigma$  y  $\delta$  (Fig. 4 A). Se observan bandas de deformación poco penetrativas, con sentidos de movimiento diverso tanto dextrales como sinestrales, desarrolladas en unas condiciones de comportamiento dúctil. Superpuesta a esta cizalla dúctil se observan bandas bien delimitadas con foliación oblicua, reconociéndose estructuras de tipo S-C y S-C', desarrollada en unas condiciones de comportamiento más frágil (Fig. 4 E).

### Conclusiones

La Zona de Cizalla de los Llanos está caracterizada por la presencia de bandas de cizalla dúctil con desplazamientos predominantemente dextro-inversos, que superpone los materiales de la Unidad de Cabeza Gorda sobre la Unidad de Zafra, estando involucrados materiales precámbricos y paleozoicos, y destacando la presencia de escamas cabalgantes de serpentinitas semejantes a las del macizo Cerro Cabrera.

Al microscopio la fábrica milonítica está caracterizada por la presencia de una foliación muy bien desarrollada, presente en todo tipo de rocas. A veces esta foliación es de crenulación, indicando la super-

posición de al menos dos etapas de deformación.

La fábrica estudiada en muestras del sondeo CZ-06 evidencia la existencia de un proceso de carbonatización que se intensifica en las zonas de mayor deformación. Existen venas que cortan a todas las estructuras dúctiles rellenas de carbonatos y cuarzo y que evidenciarían una transición hacia comportamiento frágil en las últimas etapas de actividad de la Zona de Cizalla de los Llanos.

La ausencia de lineación en las milonitas, así como la identificación de criterios cinemáticos que sugieren desplazamientos laterales derechos e izquierdos (aunque los primeros predominen), sugiere que nos encontramos ante un contexto tectónico transpresivo.

Su orientación es similar a la de las estructuras variscas de la zona, por lo que podemos asignarle una edad Varisca, aunque, con los datos disponibles, de momento es difícil precisar cuándo se formó y su papel en la estructuración regional de la zona.

### Agradecimientos

El presente trabajo se ha realizado con el apoyo del proyecto de investigación CGL2007-60266-BTE.

### Referencias

- Aguayo Fernández, J.M. (1985). *Tesis de Licenciatura*, Univ. País Vasco, 110 p.
- Arriola, A., Cueto, L.A., Fernández-Carrasco, J. y Garrote, A. (1984a). *Cuad. do Lab. Xeol. de Laxe*, 8, 137-145.
- Arriola, A., Eguíluz, L., Fernández-Carrasco, J. y Garrote, A. (1984b). *Cuad. do Lab. Xeol. de Laxe*, 8, 147-168.
- Arriola, A., Eguíluz, L., Fernández-Carrasco, J., Garrote, A. y Sánchez-Carretero, R. (1984c). *Cuad. do Lab. Xeol. de Laxe*, 8, 169-194.
- Eguíluz, L., Ordóñez Casado, B., Gil Ibarguchi, J.I., Apraiz, A. y Ábalos, B. (1999). *Trabajos de geología*, 21, 79-96.
- Fernández-Carrasco, J., Portero García, J.M., Garrote, A., Arriola, A., Eguíluz, L., Sánchez-Carretero, R., Quesada, C. y Cueto, L.A. (1980). Hoja 1:50.000 n° 876 (Fuente de Cantos). IGME.
- Monterrubio Pérez, S. (1991). *Mineralizaciones asociadas a rocas ultrabásicas en el hercínico español*. Tesis Doctoral, Univ. Complutense de Madrid, 323 p.
- Ordóñez, B., Gebauer, D. y Eguíluz, L. (1998). *Abstract of Goldschmidt Conference*, Toulouse.