

Significado de los pliegues N-S en el área del río Cívica. Sector oriental del flanco sur del sinclinal de Llavorsí (Zona Axial, Pirineos Centrales)

P. Clariana

Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid.
E-mail: p.clariana@igme.es

RESUMEN

La unidad de Llavorsí, compuesta por materiales de la serie paleozoica prehercínica, principalmente de edad devónica y silúrica, presenta una estructura que es el resultado de una deformación polifásica con cabalgamientos, pliegues y foliación tectónica predominantemente hercínica.

Los últimos estudios del sinclinal de Llavorsí indican la existencia de pliegues con la foliación dominante asociada cuya orientación general es ESE-ONO, encontrándose los ejes de los pliegues dispersos en una ciclográfica sin una orientación definida, a consecuencia de la interferencia con estructuras previas.

El flanco sur de la unidad de Llavorsí, presenta un apilamiento de láminas de cabalgamiento de dirección E-O vergentes al S. Estos cabalgamientos presentan su nivel de despegue en el Silúrico y se encuentran cortando a los pliegues que afectan a la serie devónica.

El análisis estructural detallado de un corte N-S realizado en este flanco, permite observar, en un sector central, la presencia de pliegues de escala métrica a kilométrica, cuyos ejes tienen una orientación principalmente N-S, mientras que al norte y al sur de este sector existen mayoritariamente pliegues con los ejes orientados en dirección E-O. Tanto a unos pliegues como a otros está asociada la foliación dominante. Esto contrasta con estudios anteriores en los que se apunta la presencia de pliegues con ejes de dirección N-S, pero se consideran pertenecientes a una etapa de deformación previa a la fase principal.

En este trabajo se sugiere que los pliegues de ejes N-S pertenecen a la fase de deformación principal, normalmente de dirección E-O, pero que en este sector presenta una dirección anómala. Teniendo en cuenta que tanto los pliegues con ejes E-O como los pliegues con ejes N-S se han formado durante la fase de deformación principal, se interpreta en este estudio, que la presencia de pliegues de la fase principal con dirección N-S se debe a la existencia de rampas laterales, asociadas a los cabalgamientos que se producen contemporáneamente a los pliegues. Situaciones similares pueden observarse en otras áreas del Pirineo Axial como es el caso de la unidad del Valle de Arán.

Palabras clave: cabalgamientos, Hercínico, Pirineo Central, pliegues, rampa lateral

Significance of folds with N-S trend in the Río Cívica area. Eastern sector, southern limb of Llavorsí Syncline (Axial Zone, Central Pyrenees)

ABSTRACT

The Llavorsí syncline is made up of devonian and silurian rocks. This unit has a structure, which is consequence of a hercinian polyphasic deformation with thrusts, folds and tectonic foliation. The most recent studies of Llavorsí syncline reveals that the main foliation of ESE-WNW trending, is associated to tight folds whose axis are dispersed, not showing main trending because of the interference with previous structures.

The southern limb of the Llavorsí syncline is cut by a set of E-W trending northward dipping thrusts. These thrusts have their "décollement" level located in the silurian ampelites. These thrusts are cutting the Devonian rocks folds.

Detailed structural analysis of the southern limb has allowed us to observe metric to Kilometric-sized folds with N-S trend, which has been only found in the central part of this limb. However, in the southern and northern part mainly folds with E-W trend are found. On the other hand the main foliation of ESE-WNW trending is associated to both sets folds.

This study suggests that folds with N-S trend belong to the main deformation phase, despite the main deformation phase essentially has E-W trend. That is, either folds with N-S trend or folds with E-W trend are simultaneous. Therefore, this fact can be explained by the presence of lateral ramps of thrust. These thrusts are contemporaneous to the main folds. These structures are comparable to those of the northwestern of the Axial zone areas for instance the Aran valley

Key words: *Central Pyrenees, folds, Hercynian, lateral ramp, thrusts*

Introducción

El sinclinal de Llavorsí se sitúa en la parte central de la Zona Axial Pirenaica y se trata de una unidad estructural esencialmente hercínica. El sinclinal de Llavorsí de dirección ONO-ESE, se encuentra entre los macizos granodioríticos de la Maladeta y de Andorra-Montlouis. Por el N y por el S está en contacto, a través de los cabalgamientos de Estarón y de Llavorsí, con los domos de la Pallaresa y el Orri respectivamente. El sinclinal de Llavorsí muestra una acusada vergencia hacia el S y sus estructuras son el resultado de una deformación polifásica que da lugar a pliegues y cabalgamientos.

Esta estructura está compuesta esencialmente por materiales del Devónico y del Silúrico. La serie devónica, en el flanco N del sinclinal, aflora generalmente completa, mientras que en el flanco S, frecuentemente se sitúan materiales del Devónico inferior-medio sobre los materiales cambro-ordovícicos del domo del Orri, debido a la existencia de un cabalgamiento (Cabalgamiento de Llavorsí).

Aparentemente el sinclinal de Llavorsí no parece tener una importante complejidad estructural. Los pliegues de escala cartográfica muestran un aparente paralelismo con la foliación principal (Sp), que presenta un buzamiento de unos 40° hacia el norte bastante constante a lo largo de toda la unidad. Sin embargo, un análisis más detallado pone de manifiesto una importante dispersión de los ejes de los pliegues y de las lineaciones de intersección entre la estratificación y la foliación principal, lo que ha sido interpretado como debido a la presencia de pliegues preesquistosos (Poblet, 1991; Carreras y Debat, 1995; Capellá y Bou, 1997). Es decir, la configuración final del Sinclinal será el resultado de la superposición de varias fases de deformación modificada, en gran medida, por el desarrollo de cabalgamientos previos al desarrollo de la foliación principal (Capellá, 1988) o posteriores a ella (Poblet, 1991).

El presente trabajo se centra en la parte oriental del flanco sur del Sinclinal de Llavorsí (fig. 1), donde se ha realizado un corte N-S a lo largo del valle del río Civis, transversal a la dirección de la estructura principal, en el que además de observarse las características generales ya señaladas, parece ponerse de

manifiesto una distribución ordenada en dos sectores, donde los ejes de los pliegues de la fase principal y las lineaciones de intersección (So-Sp) tienen dirección E-O, separadas por otro sector donde las estructuras tienen dirección N-S. La explicación a este hecho es el objetivo esencial de este trabajo.

Estratigrafía

Esta unidad está compuesta por materiales de la serie paleozoica prehercínica, se trata principalmente de materiales devónicos entre los que existen algunos afloramientos silúricos.

El Silúrico, se caracteriza por lutitas ampelíticas negras como es habitual en todo el hercínico pirenaico, entre las que, en ocasiones, se identifican niveles de calizas negras bioclásticas (Poblet, 1991).

La serie devónica del Sinclinal de Llavorsí pertenece al área de subfacies de Sierra Negra (Zwart, 1979), caracterizada a rasgos generales por un tramo inferior carbonatado y un tramo superior lutítico. Las formaciones que componen esta serie de base a techo son: Rueda, Baciver, Fonchanina, Manyanet y Civis (fig. 2). Las tres primeras fueron definidas por Mey (1967) y las dos últimas por Roberti (en Hartevelt, 1970) y Hartevelt (1970) respectivamente. Estas representan el Devónico inferior y medio, aunque del techo de la serie todavía no se conoce exactamente su edad.

De muro a techo la descripción de las unidades es la siguiente:

- Formación Rueda, (*Pragiense*) con una potencia de 40m, consiste en una alternancia de lutitas, lutitas carbonatadas y calizas con abundantes restos de crinoides.
- Formación Baciver, (*Pragiense sup. - Ensiense basal*) esta formación tiene una potencia de 50m, es esencialmente carbonatada y está compuesta por calizas, calizas margosas y margas de colores grises oscuros.
- Formación Fonchanina, (*Ensiense inf.*) compuesta íntegramente por lutitas grises oscuras a negras, se caracteriza por su escasa potencia, no superior a los 20 m.

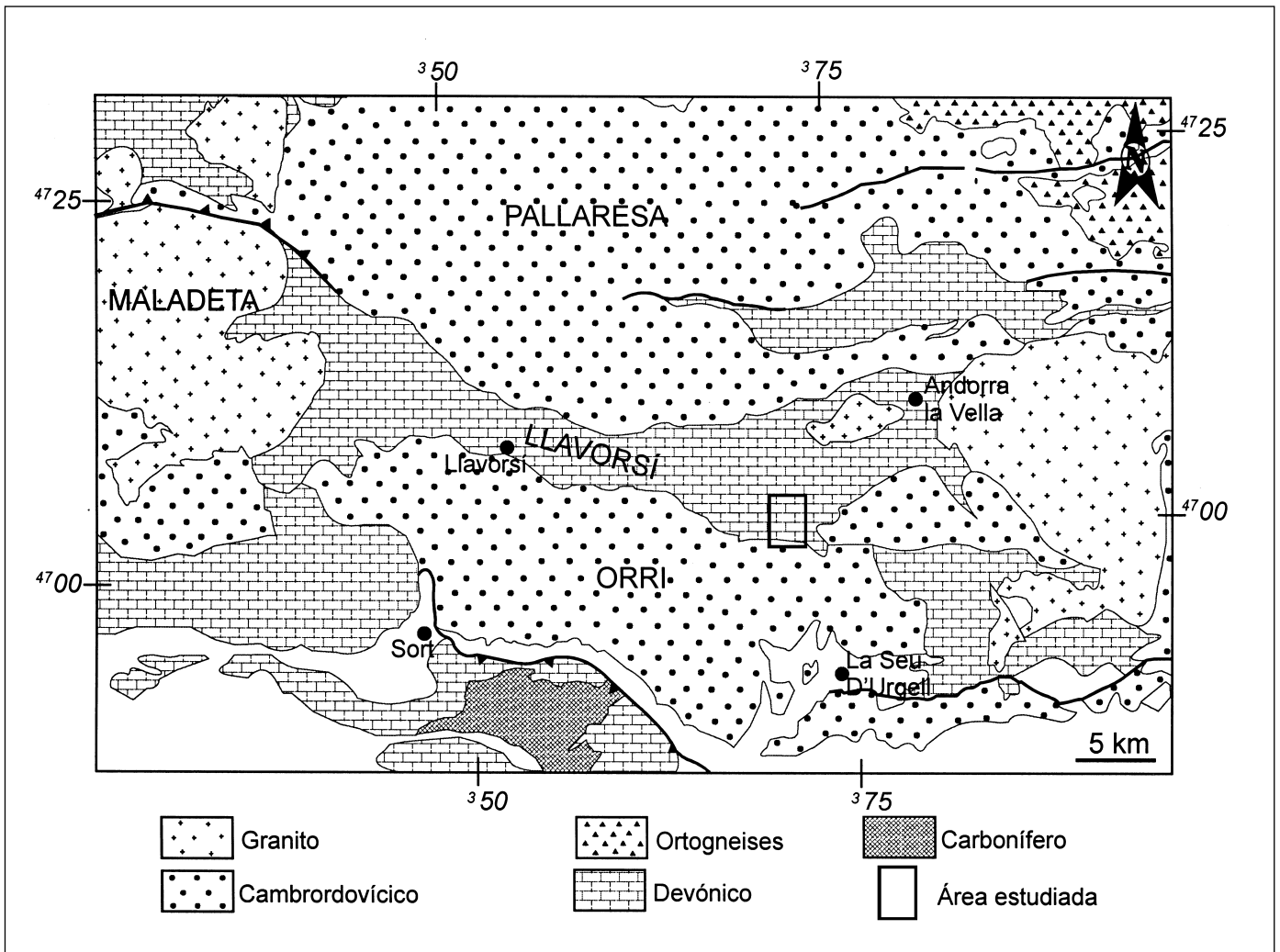


Fig. 1. Localización geográfica y geológica de la zona estudiada
 Fig. 1. Geographical and geological setting of the studied area

Formación Manyanet, (*Ensiense sup.*) con más de 90m de potencia, es la unidad más potente de la serie en esta zona. Está constituida por una alternancia de pizarras carbonatadas, margocalizas y calizas de colores verdes y rosados con abundantes restos de draquioconáridos.

Formación Civi, (*Ensiense sup. - Givetiense a Fameniense (indeterminado)*) se compone de lutitas grises micáceas con intercalaciones calcáreas y arenosas, con unas características generales muy uniformes que constituyen una unidad muy monótona.

Estructura

Entre las últimas interpretaciones realizadas sobre la

estructura interna del sinclinal de Llavorsí, cabe destacar la de autores como Poblet (1991), quien considera su configuración final como el resultado de la superposición de dos generaciones de pliegues. Los de la primera fase de deformación, se caracterizan por ser pliegues subverticales o vergentes al N. La segunda generación de estructuras son las de la fase principal, que se caracteriza por pliegues tumbados, asimétricos, vergentes al S, con una foliación de plano axial muy bien desarrollada (Sp). Las estructuras de la fase principal, según este autor, están cortadas por una serie de cabalgamientos que tienen su nivel de despegue en las ampelitas del Silúrico. La existencia de cabalgamientos que convergen hacia la base en el Silúrico se pone también de manifiesto en otras áreas del Pirineo Axial, como es el caso de la unidad del Valle de Arán. En esta, se identifican des-

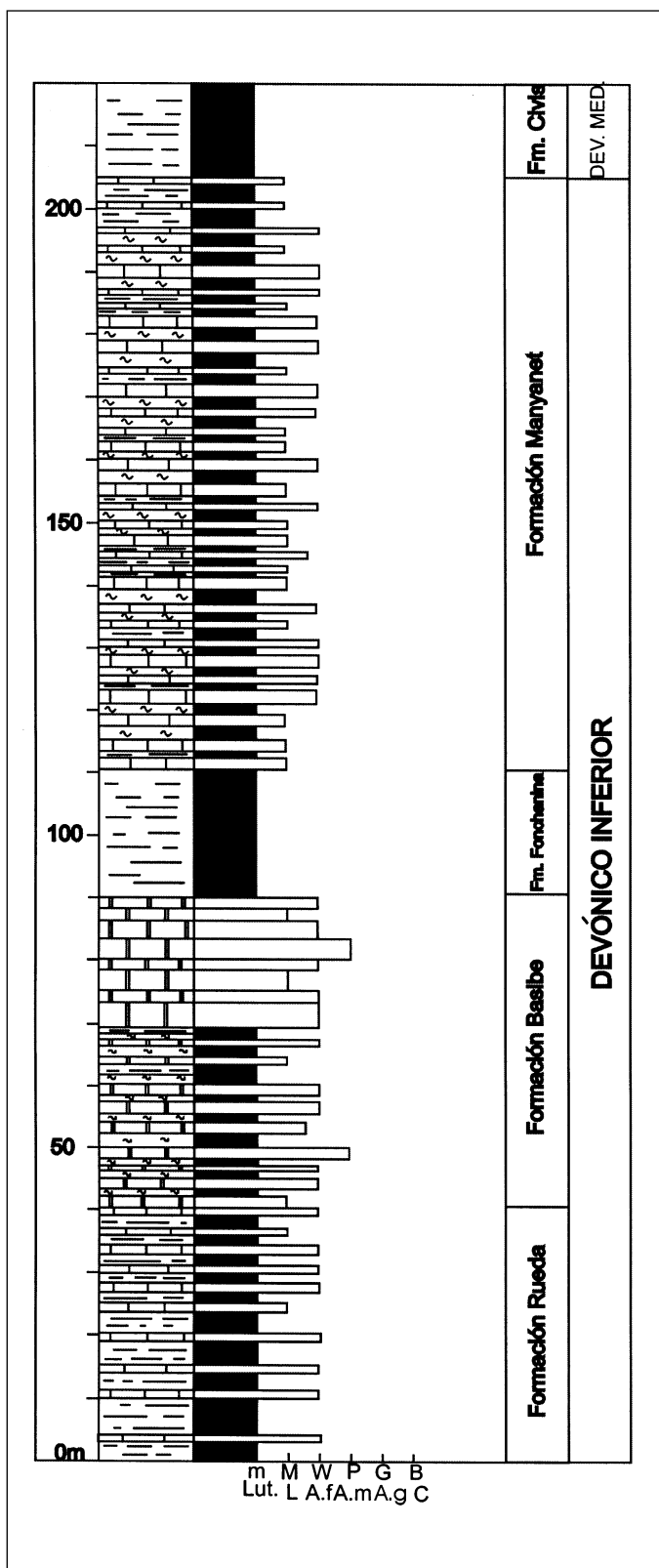


Fig. 2. Columna estratigráfica de la serie devónica, en facies Sierra Negra, de la unidad de Llavorsí
 Fig. 2. Stratigraphic section of Devonian rocks (Sierra Negra facies) of the Llavorsí unit

pegues en la base del Silúrico a los que se asocian pliegues derechos, que afectan a las rocas devónicas, a los cuales está asociada la foliación principal (García-Sansegundo, 1992).

Otros autores como Capellà y Carreras (1996); Capellà y Bou (1997) interpretan la estructura del sinclinal como el resultado de una deformación polifásica, sin embargo, estos autores consideran que los cabalgamientos se forman en una etapa temprana de la deformación, coincidiendo con el inicio del desarrollo de grandes pliegues (Sinclinal de Llavorsí, Domo de la Rabassa). Posteriormente, una siguiente fase de deformación da lugar al desarrollo de la foliación dominante que se asocia a pliegues asimétricos e isoclinales de tamaño decamétrico. Finalmente, se forma una serie de fallas inversas que afectarán sobretudo al flanco sur del sinclinal.

Partiendo de estas interpretaciones, en este trabajo se ha llevado a cabo la elaboración de una cartografía geológica (fig. 3), a partir de la cual se ha realizado un corte de dirección aproximadamente N-S (fig. 4), es decir transversal a la orientación general de las estructuras, en el que se pretende caracterizar detalladamente la estructura del flanco S del Sinclinal de Llavorsí.

El corte se ha realizado a lo largo del valle del río Civis, entre las poblaciones de San Joan Fumat y Civis. Se extiende desde el límite meridional del sinclinal (cabalgamiento de Llavorsí), hasta la formación Civis que ocupa su núcleo. Tanto en el esquema cartográfico como en el corte se puede observar que la estructura del flanco meridional consiste básicamente en un apilamiento de láminas de cabalgamiento que convergen en un despegue situado en el Silúrico. Los planos de cabalgamiento presentan un suave buzamiento de alrededor de 30° hacia el N y están generalmente dirigidos hacia el S. En muchas ocasiones como puede observarse en la figura 3 se encuentran cortando pliegues que afectan a la serie devónica.

De manera general, a lo largo del corte se observan tanto a escala de afloramiento como a escala cartográfica, pliegues apretados ó isoclinales con sus dos flancos buzando hacia el N a los que se asocia una foliación de plano axial muy penetrativa de orientación E-O, asociada a los pliegues menores del sinclinal de Llavorsí.

En la parte meridional del corte las lineaciones de intersección entre estratificación y foliación dominante tienen una dirección E-O y son casi horizontales. Dentro de la formación Manyanet, (pto. 1, fig. 3 y fig. 4) se puede reconstruir un pliegue vergente al S, atendiendo a las relaciones So-Sp (estratificación - foliación principal), cuyo flanco inverso queda corta-

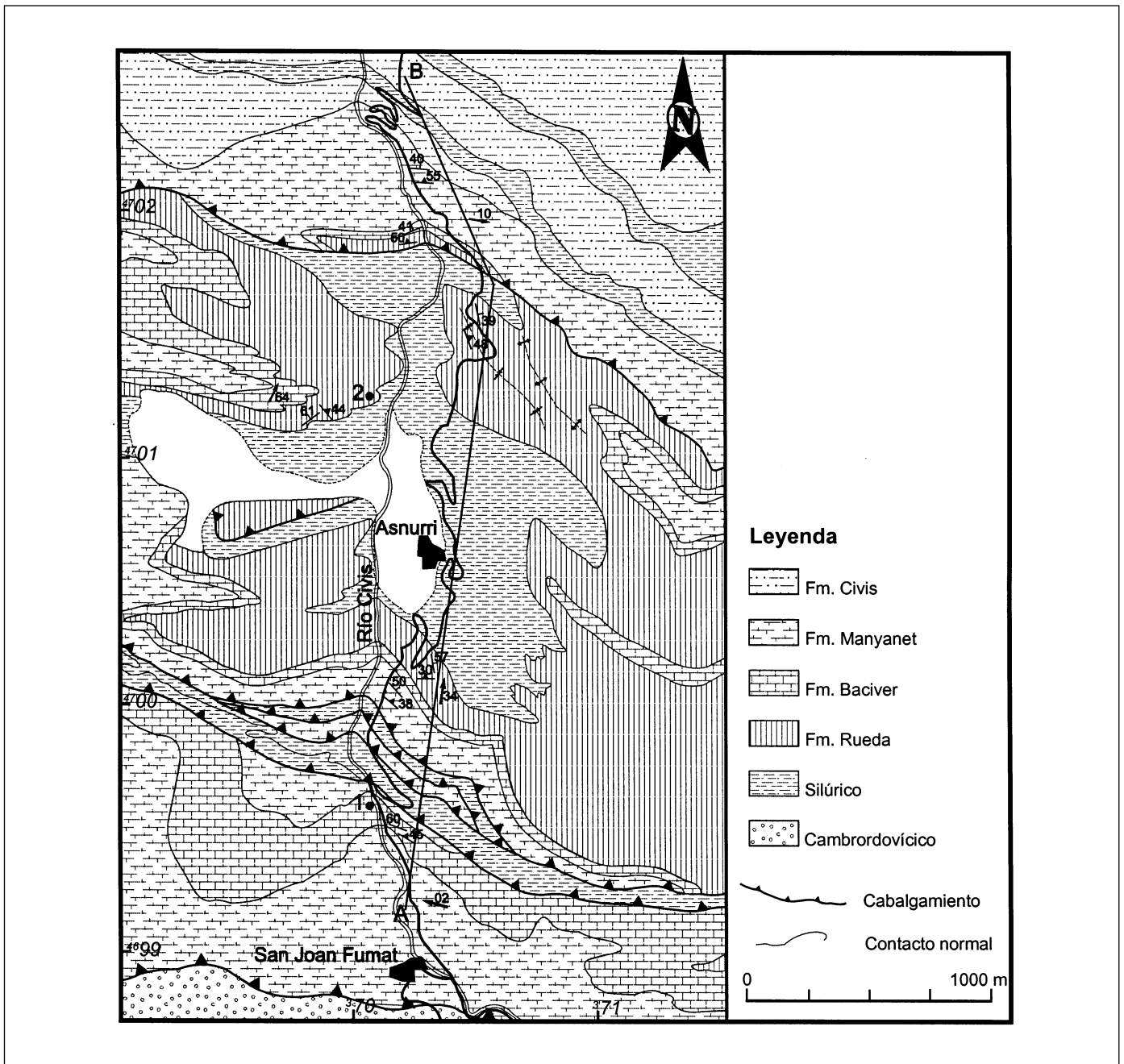


Fig. 3. Cartografía detallada del área de estudio. La línea A-B indica la dirección en la que se ha efectuado el corte geológico de la fig. 4
 Fig. 3. Detailed cartography of the studied area. A-B line shows the direction of the cross-section of figure 4

do por un cabalgamiento que sitúa las ampelitas del Silúrico sobre esta formación. Estas mismas relaciones, con alguna variación en la orientación e inmersión de las lineaciones de intersección se observan hasta las cercanías de la población de Asnurri. A partir de esta localidad hacia el norte, además de existir abundantes afloramientos de ampelitas silúricas, en

las que se aprecian numerosos cabalgamientos dirigidos al S, se observa que en los afloramientos de la formación Rueda las lineaciones de intersección indican una dirección predominante N-S. La misma situación puede apreciarse también al otro lado del valle en la pista que conduce a la ermita de San Jaume de Ministrells. En esta zona se reconoce un gran pliegue

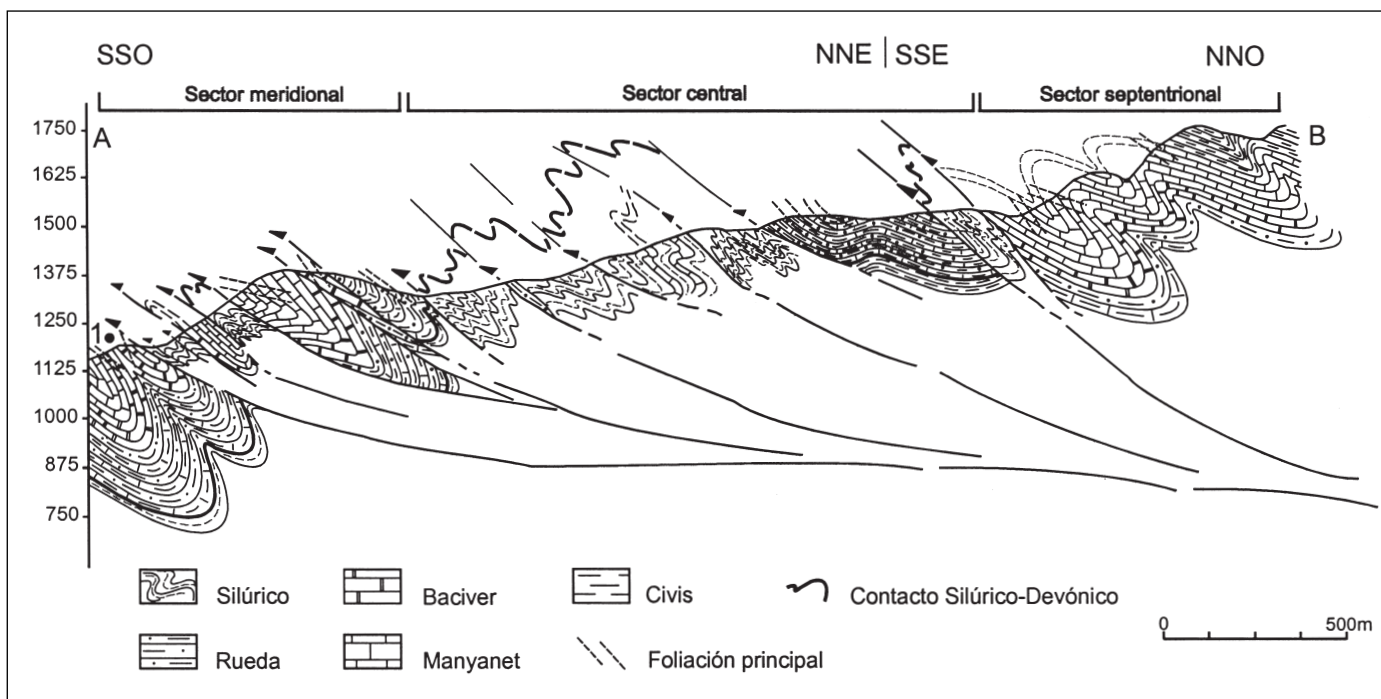


Fig. 4. Corte geológico que muestra la estructura interna del flanco sur del sinclinal de Llavorsí
 Fig. 4. Cross-section showing the internal structure of southern limb of the Llavorsí syncline

de escala cartográfica cuyo eje presenta una dirección N-S y una inmersión de unos 40° hacia el N (pto. 2, fig. 3). Sobre una delgada lámina de ampelitas del Silúrico cabalga la serie devónica en una situación de rampa de bloque superior. A partir de este punto y siguiendo el corte hacia el núcleo del sinclinal se observa un importante afloramiento de la formación Manyanet en la que la dirección de las lineaciones de intersección de los pliegues principales, muestran de nuevo un predominio de direcciones E-O. En este sector se observan también pliegues de escala centimétrica, con ejes de dirección N-S, producidos probablemente en etapas tardías de la deformación hercínica. En el núcleo del sinclinal aflora la formación Civis donde no se han observado las relaciones entre foliación y estratificación.

En la representación estereográfica de los datos tomados a lo largo del corte se pueden observar las características descritas anteriormente (fig. 5).

Sector meridional: Se puede observar una dirección NO-SE para la estratificación y ONO-ESE para la foliación dominante. Las lineaciones de intersección y ejes de pliegues muestran una dirección entre NE-SO y E-O. Las medidas de dirección E-O corresponden a ejes prácticamente horizontales, mientras que los de rumbo NE-SO tienen una inmersión que oscila entre 25° y 30° hacia el N.

Sector central: En esta zona existe una mayor oblicuidad entre estratificación, de dirección NO-SE, NNO-SSE y foliación dominante, de rumbo ONO-ESE que en el sector meridional. Por otra parte, los ejes de pliegues y lineaciones de intersección tienen una orientación N-S y NO-SE, con una inmersión entre 30° y 60° hacia el N en el caso de las primeras, es decir, se trata de pliegues inclinados a subverticales.

Sector septentrional: En esta zona de nuevo la estratificación y la foliación dominante son subparalelas, con una orientación E-O a NO-SE la primera y E-O la segunda. Al igual que ocurría en el sector meridional las lineaciones de intersección presentan una orientación E-O y en menor proporción NE-SO. También puede observarse que los pliegues asociados a las lineaciones E-O tienen un eje casi horizontal, mientras que los asociados a las de orientación NE tienen una inmersión de aproximadamente 30° hacia el N.

Partiendo de lo observado en este corte, se puede apreciar que existe una variación en la orientación de los ejes de los pliegues distribuida en tres sectores claramente diferenciados.

La existencia de pliegues con ejes de dirección aproximada N-S en el sinclinal de Llavorsí ha sido descrita por autores anteriores (Poblet, 1991) atribuyéndolos a una etapa de deformación previa a la fase

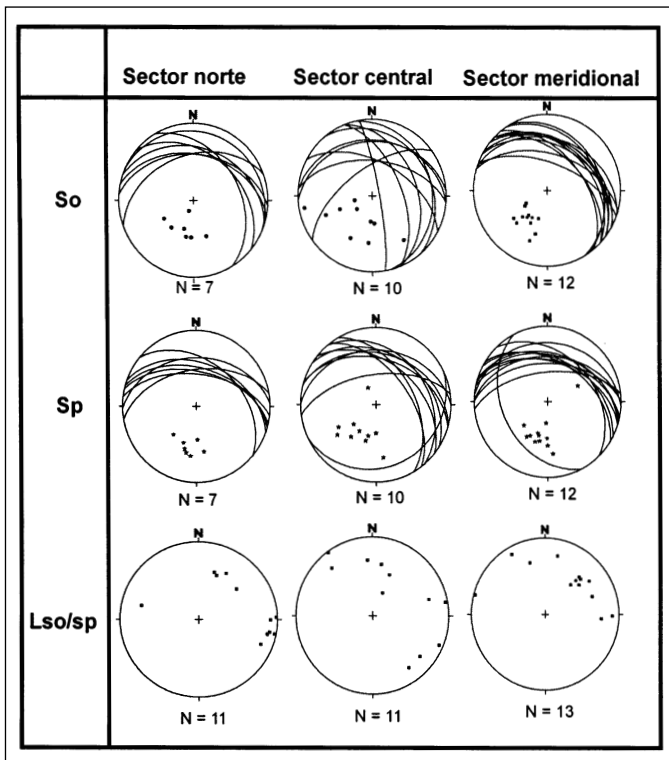


Fig. 5. Proyecciones estereográficas. Estratificación (So), foliación principal (Sp) y lineaciones de intersección entre estratificación y foliación principal ($L_{so/sp}$) para cada sector del flanco sur
 Fig. 5. Stereoplots. Bedding, main foliation and lineations of intersection between bedding and main foliation ($L_{so/sp}$) in every sector of southern limb

principal. Estas estructuras no son muy frecuentes, lo que hace complicada su identificación dentro de la unidad de Llavorsí. En el caso presentado en este trabajo son pliegues que se desarrollan a diferentes escalas, desde métrica a kilométrica, a los que está asociada la foliación principal, los que presentan una orientación que, en principio, no parece coherente con la orientación general de las estructuras en el contexto del sinclinal de Llavorsí que a gran escala parecen tener direcciones predominantemente E-O. Por otra parte en estudios anteriores (Capellà, 1988; Poblet, 1991; Carreras y Debat, 1995; Capellà y Bou, 1997) se pone de manifiesto la dispersión que muestran los ejes de los pliegues de la fase de deformación principal, originada por la interferencia con estructuras previas. Sin embargo, la situación descrita en este trabajo no corresponde a una dispersión de ejes de pliegues sino un patrón de distribución concreto, sino que se trata de la presencia de pliegues bien representados que tienen su origen en la fase principal y que han sido afectados por una deformación que ha

provocado la rotación de los ejes de los pliegues hasta posiciones prácticamente N-S, en un área definida (sector central).

Discusión y conclusiones

Las estructuras más significativas reconocidas en el corte realizado en este trabajo son las siguientes:

- cabalgamientos que convergen en un nivel de despegue situado en el Silúrico
- pliegues de dirección E-O con ejes subhorizontales a los que se asocia la foliación principal, así como pliegues con ejes de dirección esencialmente N-S con una inmersión entre 30° y 60° hacia el N, a los que también se asocia la foliación principal y que se sitúan en el sector central del corte. Esto contrasta con las hipótesis propuestas anteriormente para la sucesión de estructuras en el sinclinal de Llavorsí, que consideraban el origen de los pliegues N-S como producto de una deformación anterior a la fase principal (Poblet, 1991).

En este trabajo se considera que los pliegues con ejes N-S se formaron durante la fase de deformación principal.

La presencia de pliegues con ejes E-O y pliegues con ejes N-S que se han formado en la misma fase de deformación, y el hecho de que la mayor cantidad de pliegues con ejes N-S se concentre en la zona central del corte, puede ser debido a la existencia de alguna estructura en profundidad que provoque el cambio de posición de los ejes de los pliegues, esta podría corresponder a rampas laterales de cabalgamientos contemporáneos a los pliegues (fig. 6).

Por otra parte, la relación entre los pliegues de la fase de deformación principal y cabalgamientos desarrollados en la base del Silúrico es evidente en áreas situadas al NO de la zona estudiada (García-Sansegundo, 1992) como ya señalamos en el capítulo anterior.

Esta interpretación se ve reforzada, teniendo en cuenta que las áreas de culminación de rampas, se presentan en el relieve como estructuras antiformales, mientras que todo el fondo del valle del río Civis es un gran afloramiento de ampelitas del Silúrico, que podría ser considerado como el núcleo de un sinforme asociado a una rampa lateral.

Por tanto parece factible interpretar que durante la etapa de deformación principal ha tenido lugar el desarrollo de cabalgamientos que convergen hacia la base en el silúrico, a los que se asocian pliegues con ejes bien E-O si se relacionan con rampas frontales o bien N-S si se asocian a rampas laterales de estos cabalgamientos.

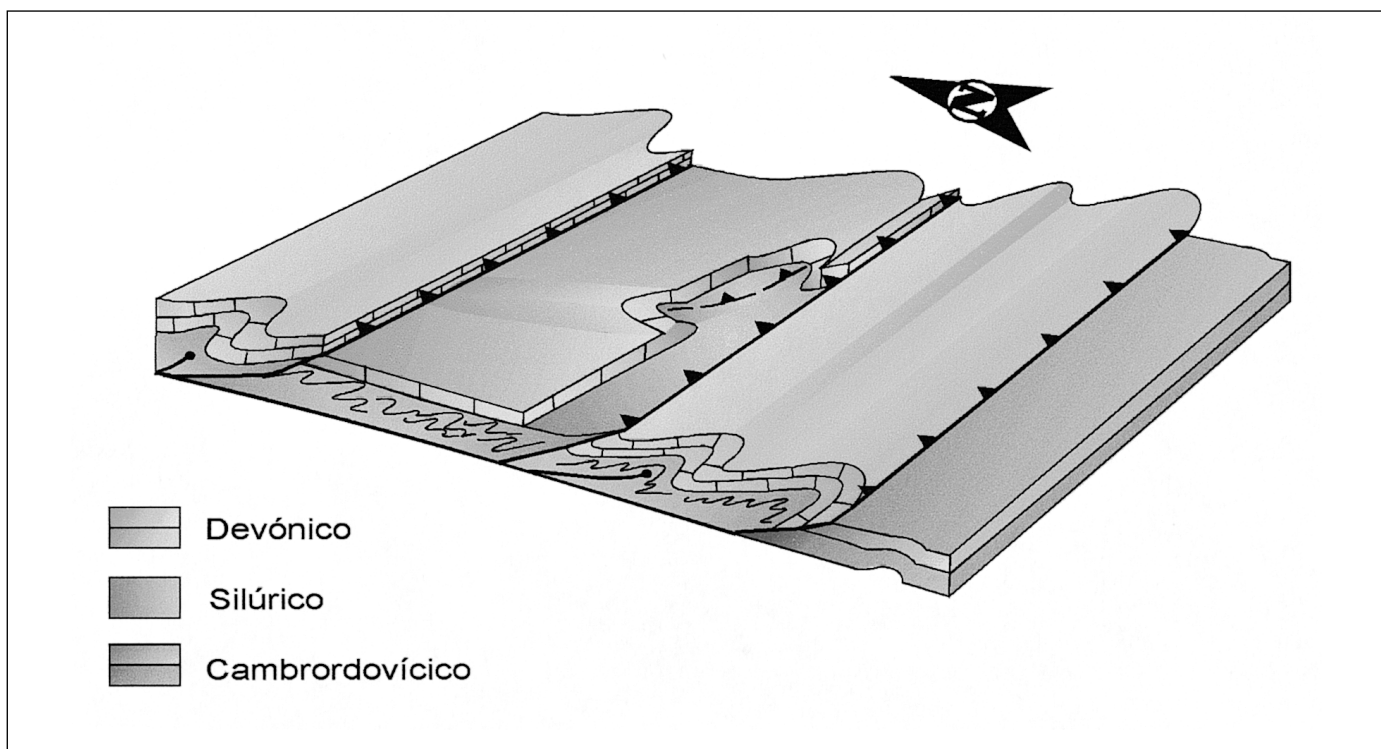


Fig. 6. Bloque diagrama esquemático mostrando el pliegue producido por el desarrollo de una rampa lateral de cabalgamiento. Estructura que podría explicar la existencia de los pliegues N-S en la zona

Fig. 6. Schematic block diagram showing a fold formed by development of a lateral ramp thrust. This structure could explain the fold with N-S trend in this area

Agradecimientos

La autora agradece al Dr. Joaquín García-Sansegundo la detallada revisión y crítica del manuscrito original. Este trabajo ha sido financiado por el IGME, dentro del proyecto MAGNA de Cartografía Geológica.

Referencias

- Capellà, I. 1988: *Estudi estructural del Sinclinal de Llavorsí entre els rius Cívís i Valira (Andorra - Lleida)*. Tesis de licenciatura, Univ. Autònoma de Barcelona, 104 pp. Inédita.
- Capellà, I., Carreras, J. 1996. La zonación estructural del Hercínico del Pirineo Central en el anticlinorio de la Pallaresa. *Estudios Geológicos*, 52, pp. 51-61.
- Capellà, Y., Bou, O. 1997. La estructura del domo de la Rabassa y del sector oriental del sinclinal de Llavorsí (Pirineo Central). *Estudios Geológicos*, 53, pp. 121-133.
- Carreras, J., Debat, P. (coord.), 1996. Tectonique Hercynienne. En: Barnolas, A., Chiron, J.C. y Guérangué, B.: *Synthèse géologique des Pyrénées*. Edition BRGM - ITGE, vol. 1, pp. 585-678.
- García-Sansegundo, J. 1992. Estratigrafía y Estructura de la Zona Axial Pirenaica en la Transversal del Valle de Aran y de la Alta Ribagorza. *Publicaciones Especiales del Boletín Geológico y Minero de España*, 167 pp.
- Hartevelt, J.J.A. 1970. Geology of the upper Segre and Valira valleys, central Pyrenees, Andorra/Spain. *Leidse Geol. Med.*, 45, pp. 167-236.
- Mey, P.H.W. 1967. The Geology of the Upper Ribagorzana and Baliera valleys, Central Pyrenees, Spain. *Leidse Geol. Meded.*, 41, pp. 135-220.
- Poblet, J. 1991. *Estructura hercíniana i alpina del vessant sud de la zona Axial del Pirineu Central*. Tesis doctoral, Univ. de Barcelona, 604 pp. Inédita.
- Zwart, H.J. 1979. The Geology of the Central Pyrenees. *Leidse Geol. Med.*, 50, 74 pp.

Recibido: Junio 2001
Aceptado: Agosto 2001