

Geometría y cinemática de los dúplex de Pambuches (Unidad de Picos de Europa, Zona Cantábrica, NO de España)

P. FARIAS¹ y N. HEREDIA²

¹ Departamento de Geología. Universidad de Oviedo. C/ Arias de Velasco s/n. 33005 Oviedo, España.

² Instituto Tecnológico Geominero de España. Avda. República Argentina, 30, 1º B. 24004 León, España.

Resumen: Los Dúplex de Pambuches se sitúan en el frente de la Unidad de Picos de Europa, emplazada hacia el Sur durante el Estefaniense B. Dichas estructuras se disponen superpuestas y se localizan sobre una pared rocosa de más de 300 m de altura, visible desde el valle de Valdeón. En el dúplex superior, formado por 5 horses, aparecen involucradas las formaciones Alba y Barcaliente del Carbonífero inferior, mientras el inferior contiene 14 horses mayores desarrollados exclusivamente en la Formación Alba. Ambas estructuras presentan una geometría de tipo "hinterland dipping dúplex" y un variado cortejo de estructuras menores asociadas entre las que destacan los dúplex de pequeña escala y, en el dúplex inferior, los pliegues. Los distintos criterios cinemáticos tales como ejes de pliegues menores, líneas de bifurcación y fallas Riedel, permiten deducir un sentido de emplazamiento hacia el SSO (200°-225°) para estos dúplex. Por último se ha medido el desplazamiento total acumulado en el dúplex inferior, que se sitúa en torno a los 1.600 m y su acortamiento, cercano al 70%.

Palabras Clave: Varisco, Zona Cantábrica, Picos de Europa, Cabalgamientos, Dúplex.

Abstract: The Pambuches Duplexes are located in the frontal part of the Picos de Europa Unit (Cantabrian Zone) and emplaced towards the South during the Stephanian B. They constitute a stack of two duplexes located one on top of the other and situated in the SE face (300 m) of the Pambuches peak (West side of the Cares river). The upper duplex is constituted by 5 horses developed in limestones of the Carboniferous Alba and Barcaliente Fms. and the lower duplex is formed by 14 horses developed only in the Alba Fm. Both duplexes show a hinterland dipping geometry with a large number of minor structures such as detached, fault bend and fault propagation folds, and small-scale duplexes. Kinematic criteria indicate an emplacement direction towards the SSW for the duplexes. The total amount of displacement has been evaluated in the lower duplex at 1600 m with a shortening of approximately 70%.

Key words: Hercynian belt, Cantabrian Zone, Picos de Europa, Thrusts, Duplex.

Farias P. y Heredia, N. (1994): Geometría y cinemática de los dúplex de Pambuches (Unidad de Picos de Europa, Zona Cantábrica, NO de España). *Rev. Soc. Geol. de España*, 7 (1-2): 113-120.

Los Picos de Europa (Zona Cantábrica), constituyen una de las unidades más externas de la Cordillera Varisca en el NO de la Península Ibérica (Fig. 1). La columna estratigráfica de esta unidad muestra el predominio de las calizas marinas carboníferas, que con un espesor de 900-1500 m se extienden desde el Viseense al Kasimoviense. Esta sucesión calcárea se superpone a delgados niveles de areniscas y calizas del Devónico superior, las cuales se apoyan a su vez concordantemente sobre cuarcitas ordovícicas al Norte y sobre una delgada secuencia de materiales cámbricos hacia el Sur de la unidad. En la figura 2 se muestra la columna estratigráfica representativa de la unidad en el sector de la misma donde se ubican los dúplex, en el que no afloran los términos correspondientes al periodo Cámbrico.

Desde el punto de vista estructural, la Unidad de los

Picos de Europa se caracteriza por el importante desarrollo de cabalgamientos y la escasa presencia de pliegues, en su mayor parte de pequeña escala y asociados a los primeros, lo que sin duda ha estado determinado por la especial constitución litológica de la unidad, en la que dominan las rocas competentes y pobremente estratificadas.

En conjunto, la Unidad de los Picos de Europa constituye una lámina alóctona cabalgante hacia el Sur sobre las unidades del Ponga y Pisuerga-Carrión. El corte geológico de la figura 3, que corresponde al sector occidental de la Unidad, muestra una geometría característica de sistema imbricado de cabalgamientos. En este sistema, el cabalgamiento basal se localiza en la mayor parte de su trazado en los términos inferiores de la sucesión carbonífera o en las rocas del Devónico

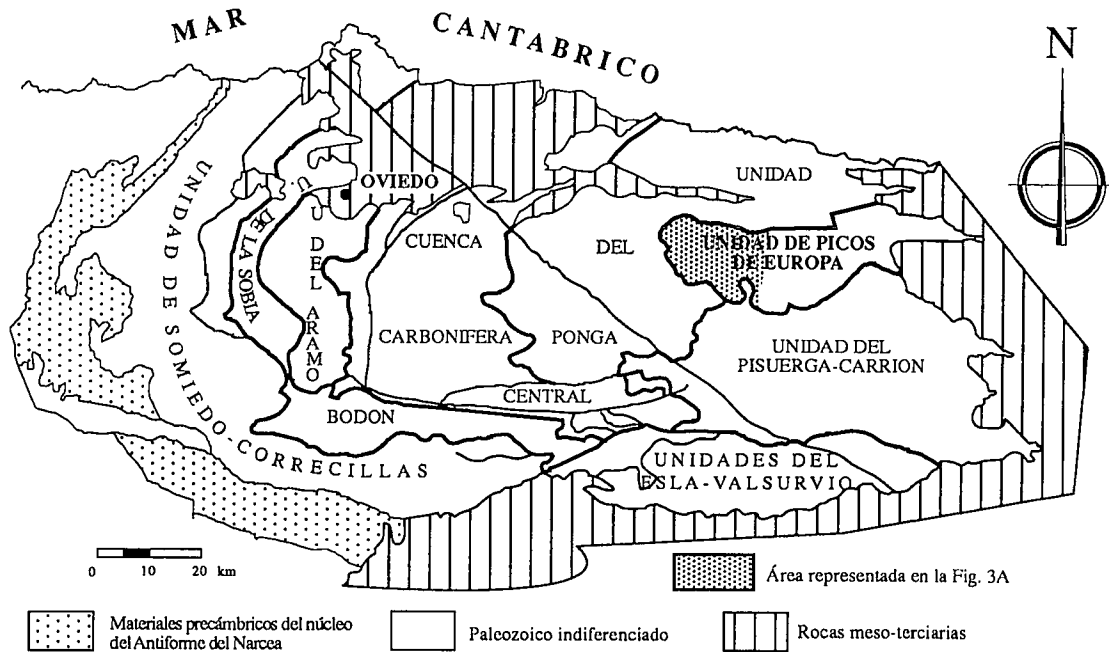


Figura 1.- Situación de la Unidad de los Picos de Europa en el contexto de la Zona Cantábrica. Modificado de Julivert (1967).

superior, llegando a disponerse bajo las cuarcitas ordovícicas en la parte norte de la Unidad (Farias, 1982; Marquínez, 1989; Marquínez et al, en prensa).

La geometría del sistema imbricado, con los cabalgamientos más adelantados vergentes al Sur y los más retrasados en posición invertida, indica que las láminas se han emplazado según una secuencia "hacia adelante" ("forward") y permite deducir un desplazamiento mínimo de 60 Km con una dirección de transporte hacia el S ó SSW (Farias y Marquínez, 1991).

El emplazamiento de la Unidad de los Picos de Europa sobre las unidades situadas al Sur tuvo lugar a partir del Estefaniense B, edad de los sedimentos sinorogénicos de dicha unidad (Heredia et al, 1991) y finalizó antes del Pérmico, que los fosiliza. La deformación alpina provocó la reactivación de algunas estructuras, principalmente cabalgamientos, aunque apenas modificó el edificio estructural hercínico.

El sistema imbricado de los Picos de Europa conlleva algunos dúplex de escala cartográfica que aparecen representados en el corte geológico de la figura 3. Este tipo de estructuras se encuentran a todas las escalas, ligadas esencialmente al cabalgamiento basal de la unidad, aunque también pueden observarse en escamas más retrasadas del imbricado.

De los dúplex desarrollados durante el emplazamiento de los Picos de Europa, dos de los más espectaculares, tanto desde el punto de vista de afloramiento como estructural, son los de Pambuches. Estos dúplex se encuentran superpuestos y situados en la parte frontal de los Picos de Europa, muy cerca del cabalgamiento basal de esta unidad, sobre un acantilado rocoso de más de 300 m de altura, en la vertiente sur del Pico de Pambuches (Macizo Occidental de los Picos de Europa) (Fig. 4). Con un tamaño conjunto aproximado de 1000 m de largo por 85 m de altura máxima, estas estructuras son visibles desde la mayor parte del Valle de Valdeón, sobre todo en la carretera de Posada de Valdeón a Cordiñanes.

La buena exposición de estas estructuras y su accesibilidad, permiten la recogida de los datos necesarios para discutir su geometría y cinemática, lo que constituye el objetivo de este trabajo. La información así obtenida tiene además un interés regional pues contribuye al mejor conocimiento de la cinemática de la Unidad de los Picos de Europa.

Geometría de los Dúplex de Pambuches

En la figura 5 se muestra un esquema geológico de los dúplex, para cuya elaboración se utilizó un conjunto de fotografías seriadas tomadas perpendicularmente al afloramiento, desde la ladera opuesta del río Cares. Dicho esquema representa, además de los Dúplex de Pambuches, el sector del frente de la Unidad de los Picos de Europa comprendido entre la Torre Bermeja y la Torre de Aristas, con el objeto de mostrar el complejo sistema de cabalgamientos en el que se incluyen las estructuras estudiadas. Alguno de estos cabalgamientos, sobre todo los mayores, presentan con cierta frecuencia dúplex, aunque su menor tamaño ha aconsejado no representarlos en el esquema con el objeto de no complicar en demasía su lectura.

Los Dúplex de Pambuches se disponen superpuestos y presentan tanto en su conjunto como individualmente la geometría de un "hinterland dipping dúplex" (Boyer y Elliott, 1982), cuyos cabalgamientos de muro y techo buzcan por término medio 40-45° al NNE (Fig. 5C). El cabalgamiento de muro del dúplex inferior aparece, de Norte a Sur, bien directamente sobre los materiales carboníferos (Estefaniense) de la Unidad del Pisuerga-Carrion o sobre una o dos láminas de Formación Barcaliente.

El dúplex inferior contiene 14 "horses" de tamaño decamétrico constituidos exclusivamente por rocas de la Formación Alba. Su cabalgamiento de muro se sitúa

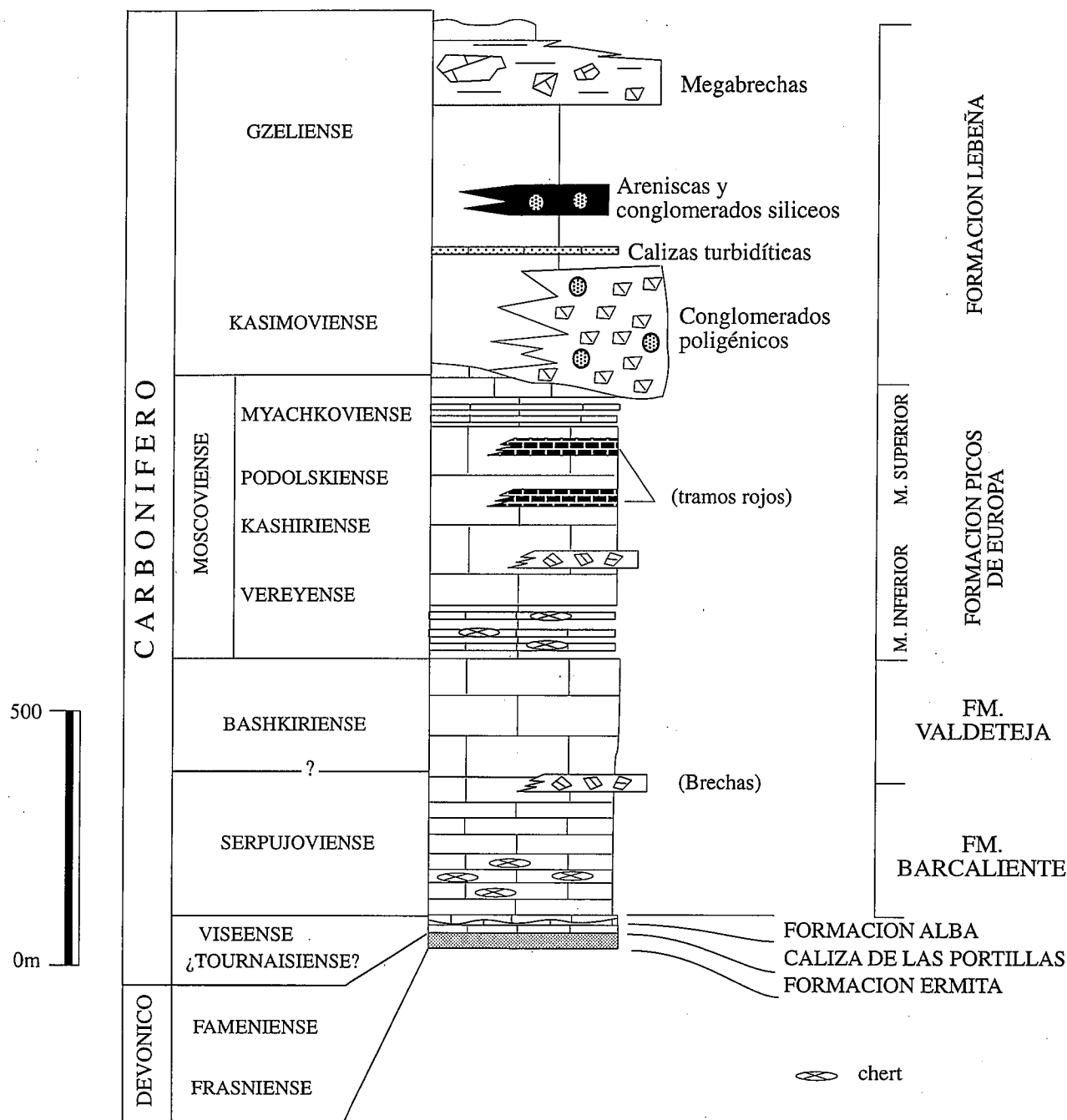


Figura 2.- Columna estratigráfica sintética de la Unidad de los Picos de Europa en el sector donde se ubican los dúplex de Pambuches.

en la base de dicha formación, mientras el de techo está constituido por la parte basal de la Formación Barcaliente (Fig. 5). Sobre estos términos inferiores de la Formación Barcaliente se encuentra despegada el resto de la formación, dando lugar al dúplex superior. Este tiene un tamaño menor (5 "horses"), y se encuentra formado casi exclusivamente por rocas de la citada formación, con excepción del "horse" más retrasado, donde aparece involucrada la Formación Alba en aparente continuidad con la anterior (Fig. 5).

El cabalgamiento muro del dúplex superior se encuentra ligeramente plegado al acomodarse pasivamente a la geometría de los "horses" inferiores. Por otra parte, en un solo caso, uno de los cabalgamientos inferiores corta al cabalgamiento de techo, situando durante un par

de metros a la Formación Alba del dúplex inferior sobre la Formación Barcaliente del superior, por lo que desde el punto de vista cinemático debe ser considerado como un cabalgamiento "fuera de secuencia" (Fig. 5C).

Las relaciones geométricas entre ambos dúplex muestran variaciones a lo largo de la estructura mayor. Así, la estratificación se mantiene paralela al cabalgamiento techo en solo 5 de los horses más adelantados del dúplex inferior, mientras que los 6 horses más retrasados aparecen claramente intersectados por dicho cabalgamiento, lo que obliga a considerarlos como integrantes de un "falso dúplex".

Además de los que definen los horses mayores, existe un gran número de cabalgamientos menores dentro de los horses que se asocian dando lugar a dú-

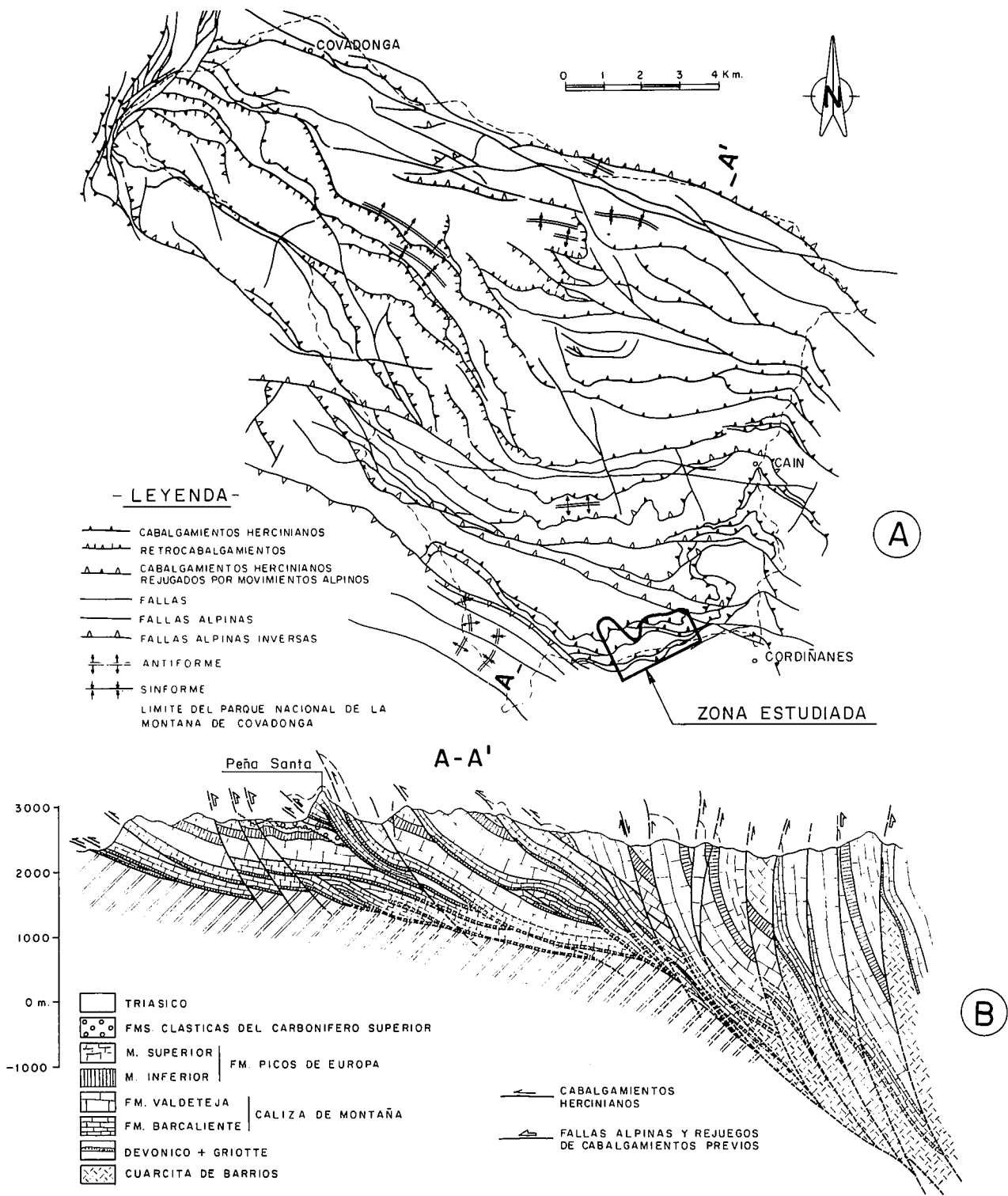


Figura 3.- A) Esquema tectónico del sector occidental de la Unidad de los Picos de Europa, con la situación del área en la que afloran los dúplex de Pambuches, representada en la figura 5. B) Corte geológico a través del mismo sector, según Farias y Marquín (1991).

plex de tamaño centimétrico a métrico (Fig. 6), los cuales afectan a una o unas pocas capas de las formaciones Alba o Barcaliente. Dentro de estos dúplex se encuentran geometrías que van desde los dúplex de techo plano hasta los apilamientos antiformales (Fig. 7).

Mientras el dúplex superior presenta escasas estructuras internas, con una geometría muy acusada en cuña de sus "horses" (Figs. 4 y 5), el inferior muestra un variado cortejo de estructuras, entre las que destacan por

su abundancia los pliegues ligados a los cabalgamientos (Figs. 5 y 8A).

El importante desarrollo de pliegues en el interior de los horses constituye una de las principales características del dúplex inferior de Pambuches, que lo diferencian de la mayoría de los ejemplos de estructuras de este tipo existentes en la bibliografía. La génesis de estos pliegues ha estado sin duda favorecida por la especial constitución de la Formación Alba, muy bien es-

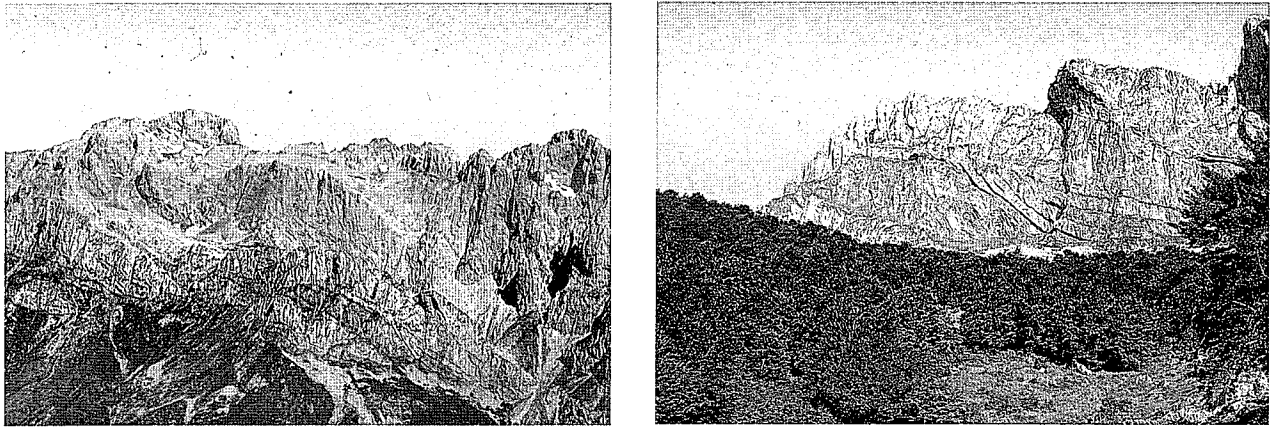


Figura 4.- A) Vista panorámica del Frente de la Unidad de los Picos de Europa en la vertiente sur del Valle de Valdeón, en cuya parte basal aparecen situados los dúplex de Pambuches. Destacan algunas de las cumbres más altas del Macizo Occidental de los Picos de Europa o Picos de Cornión.. B) Aspecto general de los dúplex.

traticada y con delgados interestratos arcillosos entre las capas centimétricas de caliza.

Los pliegues han sido desarrollados por procesos de "buckling" y muestran en general una clara vergencia hacia el SSE. Sin embargo, el efecto provocado por la acomodación de las capas plegadas de un determinado "horse" a la geometría de las que se emplazan inmediatamente por debajo ha dado lugar a la presencia de

vergencias opuestas en alguno de los horses más retrasados del dúplex inferior, cuyas superficies de cabalgamiento se encuentran progresivamente más invertidas a medida que se acercan a su cabalgamiento techo.

La difícil accesibilidad a la mayor parte del dúplex, debido a la fuerte pendiente de la ladera en la que aflora, impide realizar las observaciones de detalle necesarias para establecer con seguridad el tipo de relaciones

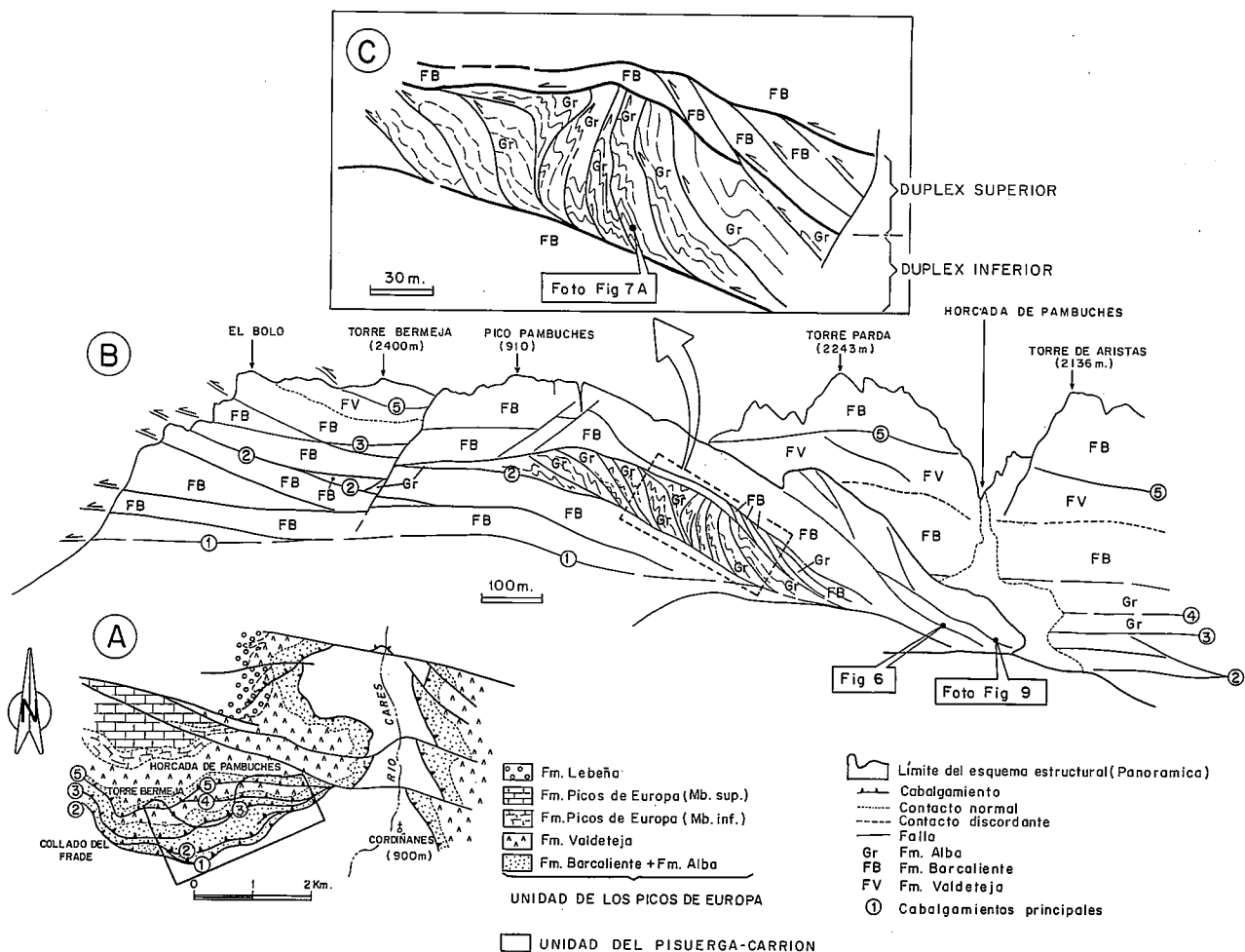


Figura 5.- A) Mapa geológico simplificado del frente de la Unidad de los Picos de Europa en el sector del Valle del Valdeón, con la situación del área representada en el (B) Esquema Estructural de los dúplex de Pambuches y su entorno. C) Detalle de una parte de los dúplex.

geométricas de los pliegues con las superficies de cabalgamientos menores dentro de los horses, lo que dificulta el establecimiento de conclusiones acerca de la cinemática de estas estructuras y en relación con la cinemática del propio dúplex.

No obstante, se observa la existencia tanto de pliegues de flexión de falla (Rich, 1954), como de pliegues de propagación de falla (Suppe, 1983) y pliegues despegados (Dahlstrom, 1969) (Figs. 5 y 8A), lo que permite deducir que la deformación interna de los horses pudo ser simultánea o haberse iniciado incluso previamente a la propagación de los cabalgamientos.

Cinemática de los dúplex.

De las unidades que constituyen la Zona Cantábrica, la de los Picos de Europa es posiblemente una de las que menos problemas plantean en cuanto al análisis cinemático, debido a que su emplazamiento al final del proceso orogénico ha evitado la existencia de estructuras posteriores superpuestas. Únicamente las deformaciones alpinas pueden haber rotado algo las estructuras, modificando ligeramente su posición con respecto a la que tenían a finales de la Orogénesis Hercínica.

De este modo, autores como Julivert (1971), Marquínez (1978, 1989), Farias (1982) y Perez Estaún et al. (1988), estiman un sentido de avance de esta unidad hacia el S o SSO, a partir sobre todo del análisis de las líneas de corte y bifurcación y de los ejes de pliegues menores asociados a las superficies de cabalgamiento.



Figura 7.- Foto y esquema de la parte superior de un apilamiento antiformal de pequeña escala desarrollado en calizas rojas de la Fm. Alba. Go- Miembro inferior rojo. Ca- Miembro superior blanco.

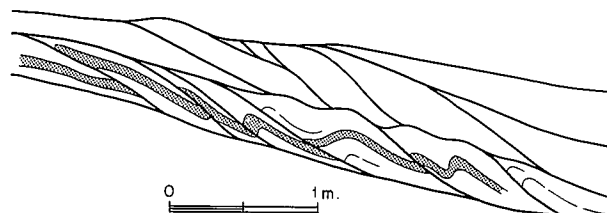
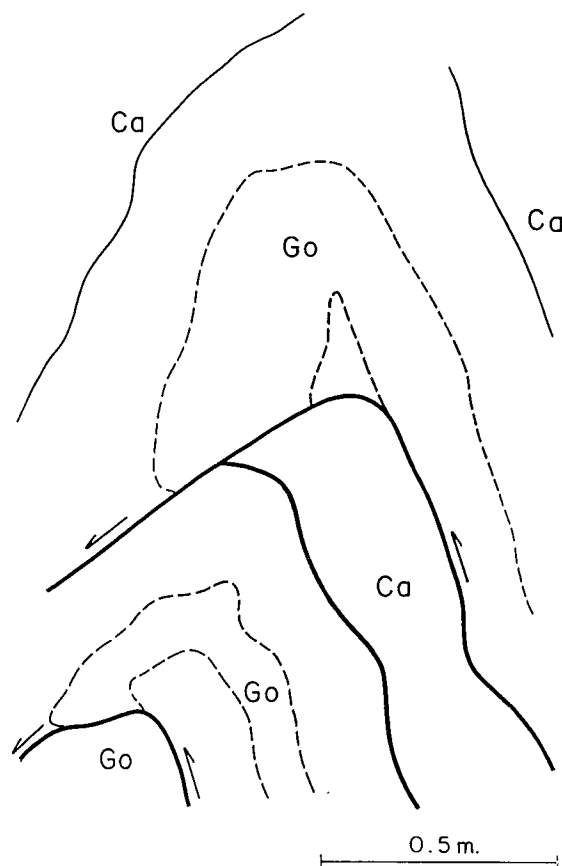


Figura 6.- Esquema de uno de los dúplex menores, situado en la base del horse más retrasado del dúplex superior.

Desde este punto de vista, los Dúplex de Pambuches parecen tener esencialmente una secuencia de emplazamiento "hacia adelante" ("forward"), tal como indica la posición de sus diferentes "horses", progresivamente más verticalizados hacia el N, lo que coincide con la establecida para el conjunto de la Unidad de los Picos de Europa, (Farias y Marquínez, 1991).

La disposición de los pliegues dentro del dúplex inferior, cuyos ejes se encuentran incluidos mayoritariamente en la envolvente de los planos de cabalgamiento (Fig. 8B), permiten deducir una dirección de emplazamiento para este dúplex hacia 210° - 220° . Lo mismo ocurre con las líneas de bifurcación de los cabalgamientos, que se concentran entre los 200° y 215° .

En la base de uno de los horses más retrasados del dúplex superior se ha localizado una roca de falla de unos 55 cm de espesor que tiene una anisotropía planar bastante penetrativa. Esta foliación es subparalela a la



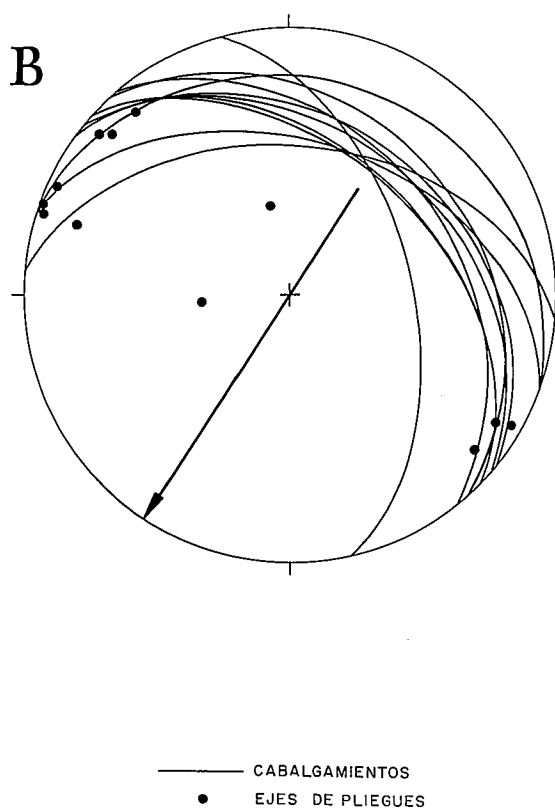
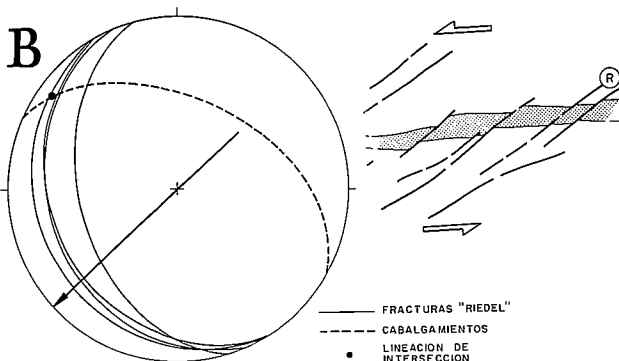


Figura 8.- A) Ejemplo de pliegues de tamaño decimétrico y métrico en las calizas tableadas de la Fm. Alba. B) Representación en proyección equiareal de las superficies de cabalgamiento y de los ejes de pliegues menores asociados, generados en el interior del dúplex inferior.



Figura 9.- A) Foto y esquema de una roca de falla en la base de una de las láminas del dúplex superior, en la que se aprecia el desarrollo de fracturas tipo «Riedel» (R). B) Representación en proyección equiareal de dichas fracturas. Las flechas indican el sentido de avance deducido a partir de estos criterios cinemáticos.



superficie de cabalgamiento y forma un ángulo de unos 30° con otras superficies de fractura que buzcan en sentido contrario y que tienen un juego aparentemente normal (Fig. 9A). Esta segunda superficie puede relacionarse con fracturas secundarias de tipo “Riedel” de bajo ángulo, situándose la línea de intersección entre estas dos superficies en torno a 310°/15° (Fig. 9B). Si se tiene en cuenta que las fracturas “Riedel” se sitúan sobre los planos principales de fractura, en una posición aproximadamente perpendicular a su dirección de movimiento (Petit, 1987), esto permite obtener una dirección de avance para este cabalgamiento hacia 225°.

Todos los datos cinemáticos hasta ahora expuestos, parecen indicar un sentido de emplazamiento para estos dúplex entre 200°-225° (SSO-SO), lo que sería extrapolable al menos a la parte frontal de la Unidad de Picos de Europa. Sin embargo existe la posibilidad de una cierta rotación hacia el O debido al juego de las estructuras alpinas, que aunque todavía sin evaluar, debe ser relativamente pequeña.

Medida del Acortamiento

Se ha obtenido la medida del acortamiento del dúplex inferior, que puede reconocerse en toda su extensión. La orientación de la ladera en donde afloran los dúplex forma un ángulo de 11° con la dirección media de avance de las láminas (210°), lo que permite calcular el acortamiento aplicando el método de Hossack (1979).

El área total del dúplex inferior, cuyas dimensiones se han deducido a partir de los esquemas y fotos que se

presentan, resulta ser de 35.188 m², con una altura máxima de 74 m y una longitud final de 750 m aproximadamente. Por lo que respecta a la potencia de la sucesión estratigráfica incluida en las láminas (horses), se ha considerado el espesor total de la Formación Alba (Caliza Griotte) estimado en 15 m en el corte de Las Llacierias (Marquínez et al., 1982), única localidad en los Picos de Europa donde son reconocibles los límites inferior y superior de esta formación. y donde no se observan repeticiones dentro de la misma.

Con estos datos, la longitud inicial deducida para este dúplex es de 2.346 m, lo que significa un acortamiento mínimo del 68%, con un desplazamiento acumulado de las láminas de 1.646m. Es importante destacar en este aspecto que la gran deformación interna que muestran los horses de este dúplex implica que la mayor parte de este acortamiento tuvo lugar en relación con su emplazamiento.

Deseamos manifestar nuestro agradecimiento a los doctores J. Alvarez Marrón y J. L. Alonso, revisores científicos del trabajo, cuya crítica ha contribuido a mejorar sensiblemente el texto original.

Bibliografía

- Boyer, S.E. y Elliot, D. (1982).- Thrust systems *Amer Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 66, 1196-1230.
- Dahlstrom, C. D. A. (1969).- Balanced cross sections. *Can.Jour. Earth Sci.*, 6, 727-735.
- Farias, P. (1982).- La estructura del Sector Central de los Picos de Europa. *Trab. Geol. Univ. de Oviedo*, 12, 63-72.
- Farias, P. y Marquínez, J. (1991).- The imbricate thrust system of the Picos de Europa Unit (Variscan Belt, NW Spain). *Abstracts of the J. Ramsay Meeting on the Geometry of Naturally Deformed Rocks*. Mitt.Geol. Inst.ETH Zürich, Neue Folge. 136.
- Heredia, N., Rodríguez Fernandez, L.R. y Wagner, R.H. (1990).- Carboniferous of the Palentian Zone. En: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia* (R.D. Dallmeyer y E. Martinez García Eds.). Springer Verlag. 34-38.
- Hossack, J.R. (1979).- The use of balanced cross-sections in the calculation of orogenic contraction: A review. *J. geol. Soc. London*, 136, 705-711.
- Marquínez, J. (1978).- Estudio geológico del sector SE de los Picos de Europa (Cordillera Cantábrica, NW de España). *Trab. Geol. Univ. de Oviedo*, 10, 295-315.
- Marquínez, J.L. (1989).- Mapa geológico de la Región del Cuera y Picos de Europa (Cordillera Cantábrica- NW de España). *Trab. Geol. Univ. de Oviedo*, 18, 137-144.
- Marquínez, J.L., Farias, P. et al. (en prensa).- *La geología del Parque Nacional de la Montaña de Covadonga*. ICONA.
- Marquínez, J., Mendez, C., Menendez Alvarez, J.R., Sanchez de Posada, L.C. y Villa, E. (1982).- datos bioestratigráficos de la sucesión carbonífera (Tournesiense- Kasimoviense) de Las Llacierias, Picos de Europa, N de España. *Trab. Geol. Univ. de Oviedo*, 12., 187-193.
- Julivert, M. (1971).- Decollement tectonics in the Hercynian cordillera of NW Spain. *Am. J. Sci.*, 270, 1-29
- Pérez-Estaún, A., Bastida, F., Alonso, J.L., Marquínez, J., Aller, J., Alvarez-Marrón, J, Marcos, A. y Pulgar, J.A. (1988).- A thin-skinned tectonic model for an arcuate fold and thrust belt: Cantabrian Zone. *Tectonics*, 7, 3, 517-537.
- Petit, J.P. (1987).- Criteria for the sense of movement on fault surfaces in brittle rocks. *Jour. Struct. Geol.*, 9, 5/6, 597-608.
- Rich, J.L. (1954).- Mechanics of low angle overthrusting faulting as illustrated by the Cumberland thrust block, Virginia, Kentucky, Tennessee. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 18., 1584-1596.
- Suppe, J. (1983).- Geometry and kinematics of fault-bend folding. *Am.J. Sci.*, 283, 684-721.
- Suppe, J. y Medwedeff, D.A. (1984).- Fault-propagation folding. *Geol. Soc. Amer. Anu. Mtg. Prog. Abs.*, 16, 670.

Recibido el 30 de agosto de 1993; manuscrito revisado
aceptado el 31 de enero de 1994