

Kink bands alpinos en rocas foliadas del basamento varisco del Sistema Central

Alpine kink bands on foliated rocks of the Central System variscan basement

Gerardo de Vicente^{1,2}, Alfonso Muñoz-Martín^{1,2}, Rubén Díez-Fernández³ y Antonio Olaiz⁴

¹ GEODESPAL, Facultad de C.C. Geológicas. Universidad Complutense de Madrid gdv@geo.ucm.es, amunoz@geo.ucm.es

² Instituto de Geociencias IGEO. CSIC-UCM. Madrid.

³ Instituto Geológico y Minero de España.

⁴ Repsol E&P. C/ Méndez Álvaro 44, 28045 Madrid. antoniojose.olaiz@repsol.com

ABSTRACT

The spatial and kinematic association between kink bands in rocks with variscan foliation and alpine thrusts in the Central System basement, allow us to deduce that the former have a Cenozoic age, and not variscan or late-variscan. Systematically, the fold axes trend of the kinks is sub-parallel to the strike of the thrusts. Three key outcrops are studied: the Villares de Jadraque thrust, the Valdesotos thrust and the El Atazar back-thrust.

Key-words: Kink bands, Alpine thrusts, Central System.

Geogaceta, 69 (2021), 7-10
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

RESUMEN

La asociación espacial y cinemática entre kink bands en rocas con foliación varisca y cabalgamientos alpinos en el basamento del Sistema Central, permiten deducir que los primeros tienen una edad cenozoica, y no varisca o tardívarisca. Sistemáticamente, la dirección de los ejes de los kinks es subparalela a los cabalgamientos. Se estudian tres afloramientos clave: El Cabalgamiento de Villares de Jadraque, el Cabalgamiento de Valdesotos y el Retrocabalgamiento de El Atazar.

Palabras clave: Kink bands, Cabalgamientos Alpinos, Sistema Central.

Fecha de recepción: 04/06/2020

Fecha de revisión: 23/10/2020

Fecha de aceptación: 27/11/2020

Introducción y objetivos

El Sistema Central Hispano-Portugués (SC) presenta una intensa deformación intraplaca de edad alpina relacionada, principalmente, con el orógeno pirenaico-cantábrico. Una de las cuestiones que quedan aún por resolver es el modo en que esta deformación es acomodada en el basamento varisco.

En la zona nororiental (al norte de Somosierra y en Honrubia de la Cuesta), parece evidente el desarrollo de una tectónica de piel fina con basamento implicado, favorecida por la presencia de una foliación varisca subhorizontal (de Vicente *et al.*, 2018). De este modo, conviene dejar de considerar al basamento varisco como algo "rígido" y poco deformable frente al acortamiento alpino. Por otra parte, son abundantes los trabajos que mencionan una última etapa de deformación varisca o tardívarisca, a la que a menudo se le atribuye el desarrollo de kink bands NE-SO a E-O (Bellido *et al.*, 1981; Gil Toja *et al.*, 1985) con acortamiento horizontal (Capote, 1973), y que algunos autores asocian con el desarrollo de una gran antiforma NE-SO.

En este trabajo analizamos la deformación que afecta a las rocas metamórficas en el sector oriental del SC, y algunas estructuras las relacionamos con los grandes cabalgamientos alpinos que son los responsables del relieve actual y de su estructuración cenozoica.

Kink bands alpinos en el basamento del Sistema Central

Cuando un cabalgamiento alpino afecta a rocas con foliación varisca, bien en el muro, en el techo, o en ambos, se suelen desarrollar kinks cuyos ejes presentan, sistemáticamente, la misma dirección que la falla. Otro aspecto a destacar es que estos kinks se concentran, fundamentalmente, en las proximidades de los grandes cabalgamientos alpinos, y su frecuencia disminuye, hasta desaparecer según nos alejamos de los mismos. Estudiaremos tres afloramientos clave en el extremo más nororiental del SC: El Cabalgamiento de Villares de Jadraque (CVJ) en el domo de Hiendelaencina, El Cabalgamiento de Valdesotos (CV), y el Retrocabalgamiento de El Atazar (RA), que duplica la terminación periclinal de la antiforma de El Cardoso (Fig. 1).

El Cabalgamiento de Villares de Jadraque

El CVJ (Fig. 1) corta el domo varisco de Hiendelaencina, donde aparecen rocas del dominio del "Ollo de Sapo". El cabalgamiento tiene una dirección NE-SO, buza 50°-60° hacia el NO, y superpone materiales de la Fm. Cardeñosa sobre los más recientes de la facies de grano fino de la Fm. Hiendelaencina. El salto vertical aproximado es de (500 m). En los materiales adyacentes y a muro de la falla, aparecen kink bands en una banda de unos 30 m de espesor medido perpendicularmente a la traza cartográfica del cabalgamiento. No hay kinking sistemático en el domo. Los ejes de los kinks caen en el plano de la falla, aunque son más abundantes los subhorizontales (Fig. 2).

Esta variabilidad puede responder a una marcada oblicuidad primaria entre los planos de cizallamiento que dan lugar a los kink bands y la foliación a plegar en el caso de kinks con notable inmersión, mientras que en el caso de kinks con ejes subhorizontales la oblicuidad primaria sería mucho menor, y los planos de cizallamiento tendrían una orientación pre-kink parecida a la foliación.

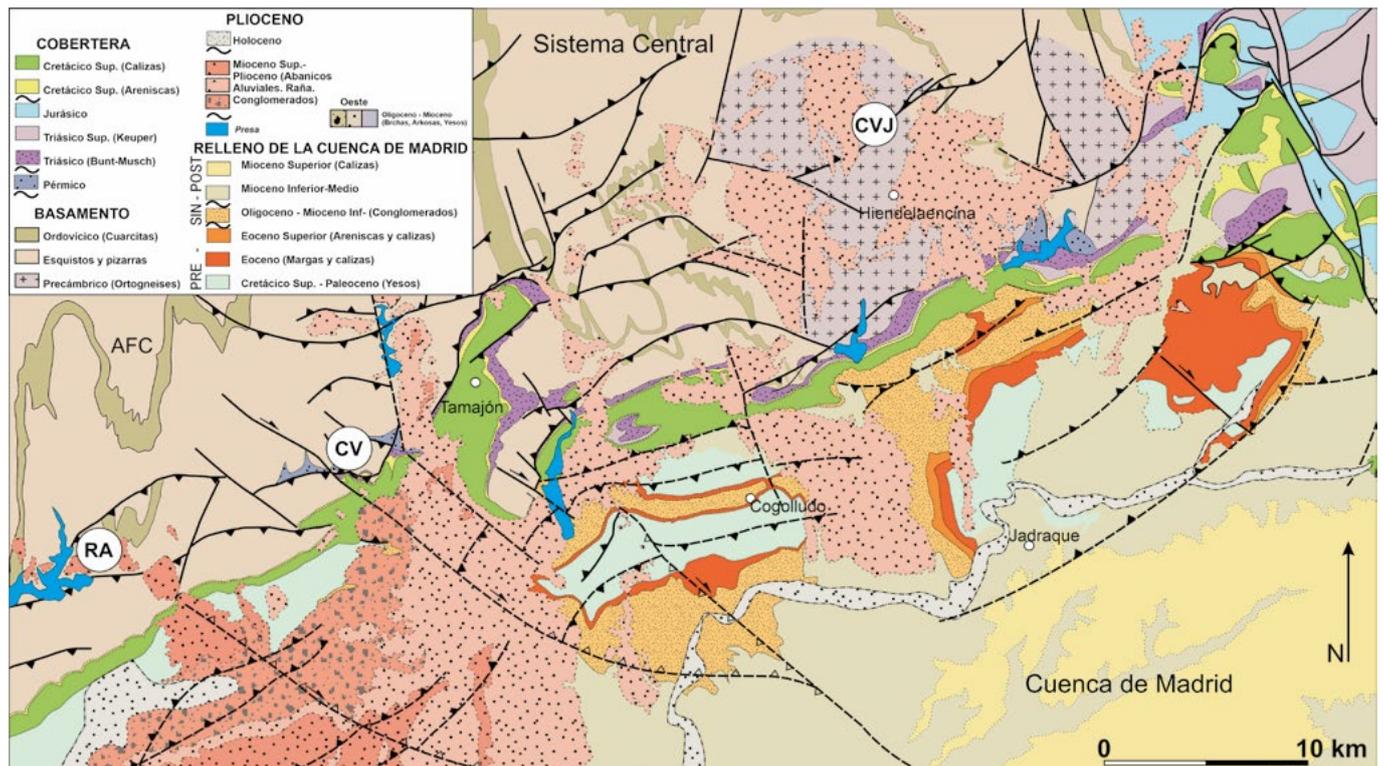


Fig. 1.- Mapa tectónico del borde S del Sistema Central en su terminación Nororiental. Los afloramientos analizados son CVJ, Cabalgamiento de Villares de Jadraque, CV Cabalgamiento de Valdesotos y RA Retrocabalgamiento de El Atazar. AFC: Antiforma Varisca del Cardoso. Ver figura en color en la web.

Fig. 1.- Tectonic map of the southern Central System, at its northeasternmost section. Studied outcrops are, CVJ Villares de Jadraque Thrust, CV Valdesotos Thrust and RA El Atazar backthrust. AFC: El Cardoso Variscan Antiform. See color figure in the web.



Fig. 2.- El Cabalgamiento de Villares de Jadraque (Fig.1) superpone materiales de la Fm. Cardenosa sobre los más modernos de la Fm. Hiendelaencina, donde se forman los kinks asimétricos que indican una dirección de transporte tectónico hacia el SE. El buzamiento de los planos de kink bands se aproxima al del plano de fractura. En la estereográfica se representan los planos de falla y el diagrama de contornos de los ejes de los kinks (contornos del 2%, 20 medidas). Sp (azul) es la esquistosidad principal regional (en el bloque de techo).

Fig. 2.- At the Villares de Jadraque Thrust (Fig.1) Cardenosa Fm. is overlapping younger materials of Hiendelaencina Fm., in which asymmetrical kink folds were developed, suggesting a SE tectonic transport direction. Kink bands axial surface dip is similar to fracture plane. Stereographic projection shows fault planes and contours from kink axes (2% contours, 20 data). Sp (blue) is the regional main schistosity (at the hanging wall).

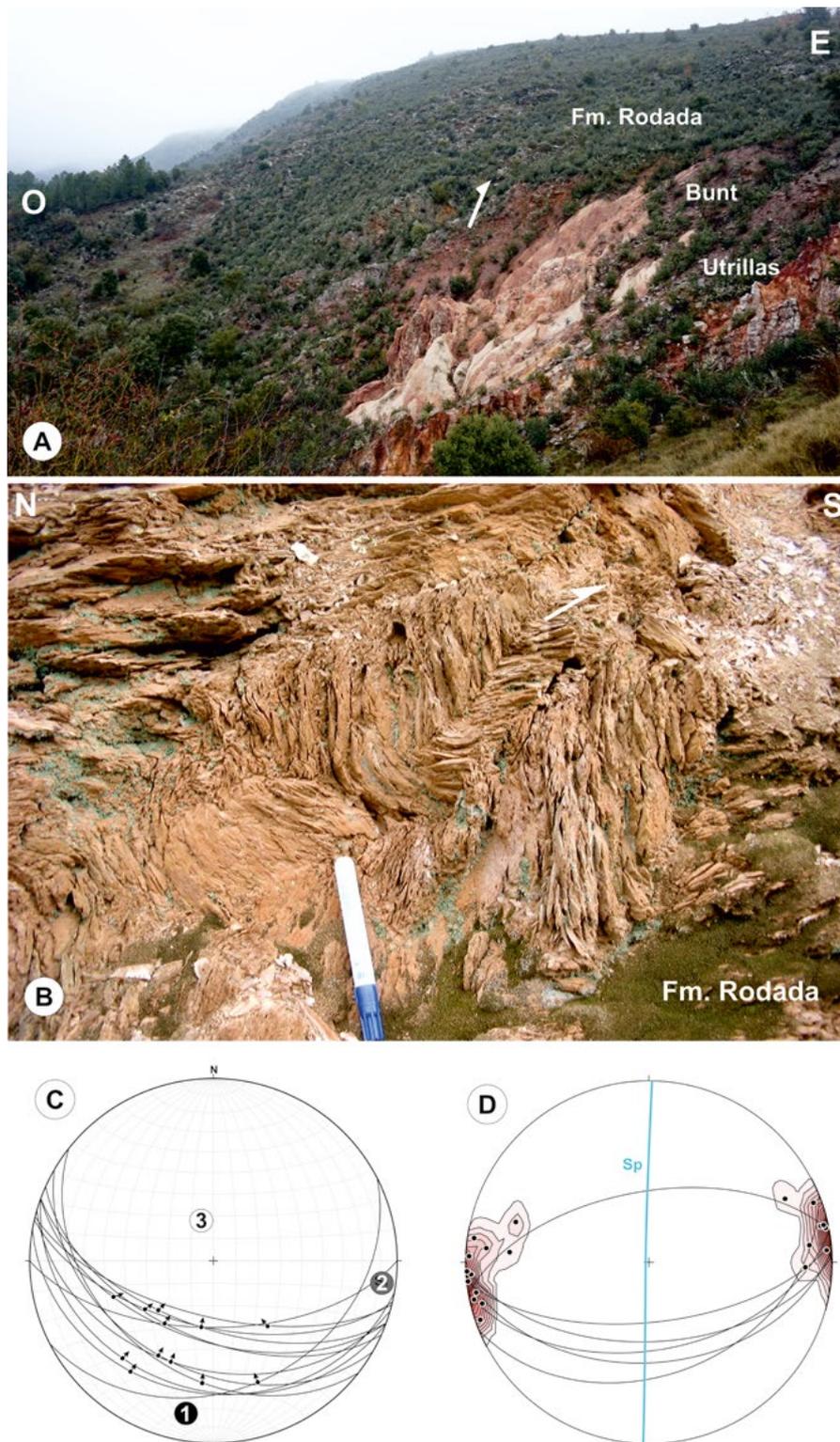


Fig. 3.- El Cabalgamiento de Valdesotos (Fig. 1). A) Vista general mirando al N, Fm. Rodada (Silúrico) cabalgando al Bunt y al Cretácico Superior. B) Kinks en el bloque de techo (Fm. Rodada). C) Inversión de esfuerzos asociado a fallas en el bloque de muro (Bunt y Cretácico Superior) $\sigma_1 = 16/190$, $\sigma_2 = 07/097$ y $\sigma_3 = 71/343$ con un R de 0.53 (compresivo). D) ejes de kinks (contornos del 2%, 20 medidas) y planos de falla (12 medidas) en el bloque de techo. Sp (azul) es la esquistosidad principal regional. Ver figura en color en la web.

Fig. 3.- Valdesotos Thrust (Fig.1) A) Northern general view. Rodada Fm (Silurian) thrusting Bunt and Upper Cretaceous rocks. B) Kinks at the hanging wall (Rodada Fm.) C) Stress inversion results obtained from faults located in the foot wall (Bunt and Upper Cretaceous) $\sigma_1 = 16/190$, $\sigma_2 = 07/097$ and $\sigma_3 = 71/343$, where R is 0.53 (compressive). D) Kink axes (2 % contours, 20 data) and fault planes (12 data) in the hanging wall. Sp (blue) is the regional main schistosity. See color figure in the web.

El Cabalgamiento de Valdesotos

El CV (Fig. 1) tiene una orientación próxima a E-O con transporte tectónico hacia el S, buzamiento hacia el N de más de 50° , y se desarrolla en una zona transpresiva NO-SE. Esta estructura superpone materiales metamórficos de la Fm. Rodada (filitas con protolito Silúrico) sobre rocas sedimentarias del Triásico (facies Buntsandstein) y del Cretácico Superior. Es en el bloque de techo donde aparecen kinks subhorizontales con ejes con dirección paralela a la del cabalgamiento (Fig. 3). En los materiales mesozoicos se han podido medir fallas que indican un acortamiento N-S. La ligera diferencia entre los datos de fallas (Fig. 3C) y los ejes de kinks (Fig. 3D) se debe a que estos últimos están medidos algo más al NO, donde la falla cambia progresivamente de E-O a NO-SE. El salto vertical de este cabalgamiento debe superar la potencia de la serie mesozoica en este sector (400 m). La estrecha relación espacial y geométrica entre el cabalgamiento, las fallas y los kinks, permiten establecer una edad alpina para el desarrollo de las estructuras mencionadas.

El retrocabalgamiento de El Atazar

Los retrocabalgamientos son ubicuos en el borde S del SC al E de la *tear-fault* lateral izquierda N-S del Puerto de Somosierra (de Vicente y Muñoz-Martín, 2012). Uno de los más importantes es el Retrocabalgamiento de El Atazar (RA), que duplica la terminación periclinal de la antiforma varisca de El Cardoso (Fig. 1). Este cabalgamiento presenta una traza orientada NE-SO a E-O, con un salto vertical que supera los 1500 m (Fernández Casals, 1976). En el afloramiento estudiado (situado en el bloque de techo del cabalgamiento) justo al O del pueblo de El Atazar, tramos inferiores de la Fm. Rodada cabalgan sobre tramos superiores de esta misma formación. La traza del retrocabalgamiento conecta hacia el E con la zona transpresiva de Valdesotos (Fig. 1). De nuevo se desarrollan kink bands que, en este caso, aparecen relacionados a fallas frágiles secundarias subparalelas al cabalgamiento principal (Fig. 4). Los ejes son, también, horizontales y con direcciones paralelas a estas fallas, además de mostrar una marcada asimetría (vergencia) compatible con el sentido de transporte tectónico de dichas fallas.

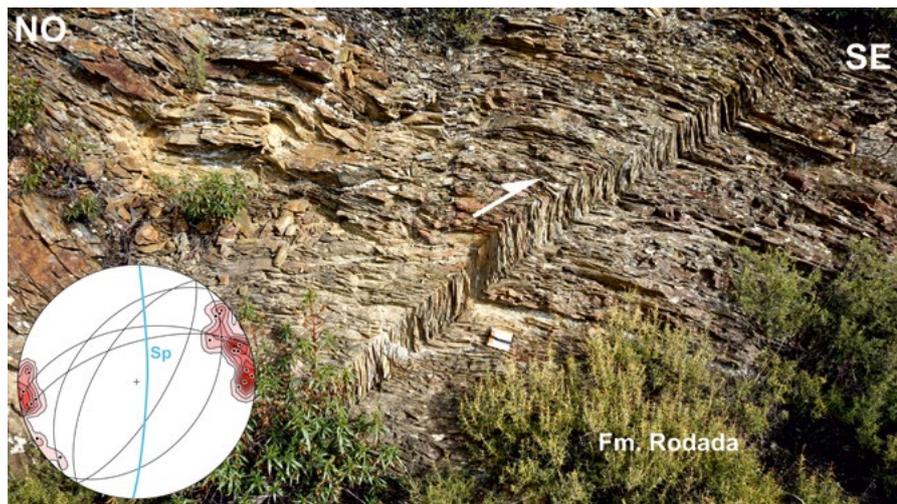


Fig. 4.- El Retrocabalgamiento de El Atazar (Fig.1) afectando a la Fm. Rodada (Silúrico). Kinks asimétricos que indican una dirección de transporte tectónico hacia el SE. Nótese como el buzamiento de los planos de kink bands es similar al buzamiento de las fallas (6 medidas). En la estereográfica se representan los planos de falla y el diagrama de contornos (2%, 17 datos) de los ejes de los kinks. Sp (azul) es la esquistosidad principal regional.

Fig. 4.- RA (Fig.1) affecting Rodada Fm. (Silurian). Asymmetric kinks suggesting that tectonic transport towards SE. Notice that kink band dip is similar to fault dip. Stereographic projection represents fault planes (6 data) and kink axis contours (2%, 17 data). Sp (blue) is the regional main schistosity.

Discusión

En el SC (y en la Cordillera Cántabro-Pirenaica) resulta compleja la cartografía de los cabalgamientos alpinos cuando no hay marcadores post-variscos afectados. El relieve proporciona indicios importantes sobre su traza. Planteamos aquí que el desarrollo de kink bands asociados a una fracturación frágil puede ser otra evidencia sobre su localización y cinemática. Esta situación es evidente en el CV, donde kinks, fallas y materiales afectados no dejan duda sobre su origen alpino. El RA es la prolongación hacia el O del CV y paralelo al cabalgamiento principal del borde Sur del SC sobre la Cuenca de Madrid donde son abundantes los retrocabalgamientos. Este último

es una estructura desarrollada en la corteza superior en un ambiente muy frágil, apareciendo los kinks directamente relacionados con estas condiciones de deformación (Fig. 4). La situación en el CVJ es menos evidente, aunque es también paralelo a los cabalgamientos alpinos y en el bloque de techo aparece un relieve importante (la Sierra del Alto Rey), mientras que en el de muro se desarrollan abundantes abanicos aluviales pliocenos (rañas).

En los tres afloramientos los kinks son asimétricos, con flancos cortos y largos que indican direcciones de transporte tectónico compatibles con las fallas a las que aparecen espacialmente relacionados (hacia el SE en el CVJ, hacia el S en el CV y hacia el N en el RA).

Conclusiones

La deformación alpina en el SC afecta el interior de los bloques de basamento varisco.

En rocas foliadas, tanto en los bloques de techo, como de muro de cabalgamientos alpinos, se desarrollan zonas de kink bands de varias decenas de metros (desarrollándose una banda con una fábrica penetrativa frágil)

La disposición geométrica de los kinks, así como su cinemática, sugieren que son consecuencia de la deformación asociada a los cabalgamientos alpinos.

En zonas de basamento sin marcadores post-variscos, la presencia de los kinks puede ayudar a la cartografía precisa de los cabalgamientos alpinos.

Agradecimientos

Los autores quieren reconocer la mejora sustancial del texto que ha supuesto su revisión por parte de los Profesores Carlos Fernández Rodríguez y Juan Luis Alonso.

Referencias

- Bellido, F., Capote, R., Casquet, C., Fúster, J.M., Navidad, N., Peinado, M. y Villaseca, C. (1981). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 7, 15-51.
- Capote, R. (1973). *Boletín Geológico y Minero* 84-85, 426-437
- de Vicente, G. y Muñoz-Martín, A. (2012). *Tectonophysics* 602, 259-285.
- de Vicente, G., Cunha, P.P., Muñoz-Martín, A., Cloetingh, S. A. P. L., Olaiz, A., y Vegas, R. (2018) *Tectonics*, 37, 4444-4469.
- Fernández Casals, M.J. (1976). Tesis. U. Complutense de Madrid. 305 pp.
- Gil Toja, A., Jimenez-Ontiveros, P. y Seabra, J.R. (1985). *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 9, 91-103.