

trapolación directa de los resultados obtenidos a escala microestructural al contexto regional puede ser arriesgado, la contrastación de los resultados macroestructurales a partir de los microestructurales puede resultar de gran utilidad para la interpretación de los procesos y mecanismos de deformación.

#### Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado en el

marco del proyecto 221-48 del programa de Apoyo a la Investigación de la Universidad de Zaragoza.

#### Referencias

- Beuther, A. (1966): *Beih. Geol. Jb.*, 44, p. 103-121. Hannover.  
 Flinn, D. (1962): *Quart. Journ. Geol. Soc. London*, 118, 385-433.  
 Gil Imaz, A. *et al.* (1990): *Geogaceta*, 8, 28-30.

Lisle, R. J. (1985): *Geological strain analysis*. Pergamon Press 99 pp. Oxford.

Ramsay, J. G. (1967): *Folding and faulting of rocks*. Mc Graw-Hill-Book Co. 568 pp. Londres.

Ramsay, J. G. y Huber, M. I. (1983): *The techniques of modern structural geology*. Academic Press. 307 pp. Londres.

Tischer, G. (1966): *Beih. Geol. Jb.*, 44, p. 123-164. Hannover.

Recibido el 1 de octubre de 1990  
 Aceptado el 26 de octubre de 1990

## Estructuración de los Mantos Alpujárrides al W de Málaga (Béticas, Andalucía)

### *The structure of the Alpujarride nappes West of Malaga (Betics, Andalucía)*

J. C. Balanyá\* y V. García-Dueñas\*

\* Dpto. de Geodinámica, Inst. And. Geología Mediterránea, CSIC-Universidad. 18071 Granada

#### ABSTRACT

*The position and kinematics of shear zones, which developed under different P-T conditions, lead to redefine the Western Alpujarride nappes: Los Reales nappe group (Jubrique and Bermeja nappes, plus the Benarrabá imbrications) and the Blanca nappe group (Guaro nappe and other units). The Guaro Nappe dismembered in extensional horses. Some tectonic elements of the central Betics correlate with the nappes here defined.*

**Key words:** shear zone, nappe, Betics.

*Geogaceta*, 9 (1991), 30-33.

Los Alpujárrides son los constituyentes mayoritarios del Dominio cortical de Alborán en las Béticas occidentales (Balanyá y García-Dueñas, 1986, 1987). Se sitúan por debajo de los Maláguides y constan de varios mantos de edad alpina descritos por Dürr (1967), Mollat (1968), Didon *et al.* (1973), Navarro-Vila y Tubía (1983), Tubía (1985) y Balanyá *et al.* (1987). Todos ellos consideran que las peridotitas existentes están intercaladas entre los mantos y forman parte de ellos, pero discrepan en el número y límites de las unidades tectónicas mayores.

Muchas de las discrepancias están motivadas por la complicación estructural derivada de la superposición de estructuras post-manto, en particular fallas normales de bajo ángulo, pliegues de gran talla y fallas de salto en dirección (García-Dueñas y Balanyá, 1990).

Por nuestra parte redefiniremos los

Mantos Alpujárrides al W de Málaga a partir del análisis de la geometría y naturaleza de sus contactos, concediendo especial atención a la localización de diversas zonas de cizalla dúctil.

#### Sucesiones litológicas y foliaciones penetrativas

Las rocas metapelíticas constitutivas de las unidades y mantos alpujárrides representados en la fig. 1, poseen una esquistosidad Sp, penetrativa a todas las escalas y manifiesta a escala regional. La Sp, que es plano axial de pliegues isoclinales, se generó en condiciones correspondientes a una serie de facies de bajas presiones ( $\approx 4\text{kb}$  y  $\approx 700^\circ\text{C}$  para las rocas más profundas). La Sp en las mismas rocas oblitera otra esquistosidad (Sj) formada a  $P \approx 8\text{-}9\text{kb}$  y  $T \approx 750^\circ\text{C}$  (Westerhof, 1975; Tubía, 1985). Sj sólo se

conserva en el interior de cristales y en dominios lenticulares de la fábrica.

El trazado de las isogradas metamórficas es subparalelo a Sp. A escala cartográfica los contactos litológicos y la zonación metamórfica son también paralelos a la Sp, salvo en el caso de rocas intrusivas.

Las peridotitas poseen texturas porfiroclásticas foliadas que evidencian una deformación rotacional penetrativa ( $T > 1.000^\circ\text{C}$ ). Tal foliación contiene una lineación de estiramiento de dirección general NE, con sentido de transporte hacia el SW, y es anterior al emplazamiento intracortical de las peridotitas (Tubía, 1985). Como la foliación de las masas peridotíticas es regionalmente subparalela tanto a la Sp como a sus contactos de techo y muro (donde no están reestructurados), se debe concluir que el conjunto de las peridotitas de los Alpujárrides occidentales constituían una lámina de varios kilómetros de

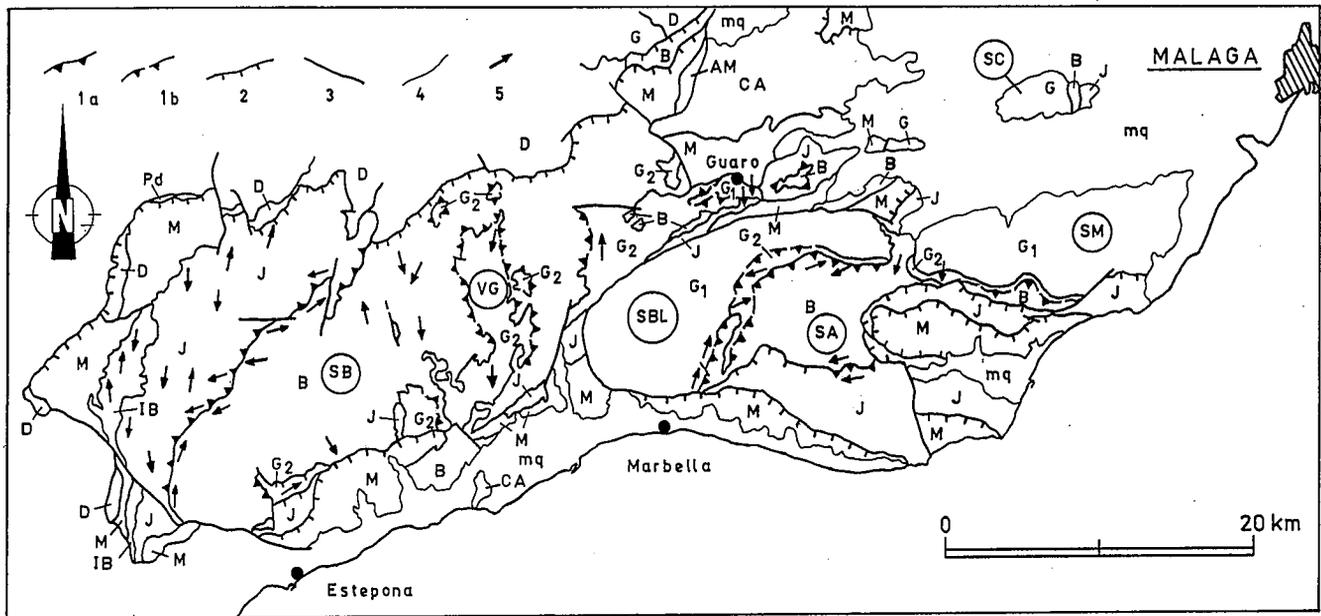


Fig. 1.—Esquema tectónico de los Mantos Alpujárrides occidentales: mq, Sedimentos del Mioceno sup-Cuaternario. CA, Complejo de Alozaina. AM, Formaciones de Alozaina y Las Millanas. Pd, Unidades de la Predorsal. D, Unidades de la Dorsal. M, Maláguides. Mantos de Los Reales (Alpujárrides sup.). B, M. de Bermeja; J, M. de Jubrique. IB, Imbricaciones de Benarrabá. Mantos de Blanca (Alpujárrides inf.): G, M. de Guaro (G1, Unidad de Ojén; G2, Unidad de Guadaíza). Mayúsculas dentro de círculos: SA, Sierra Alpujata; SB, Sierra Bermeja; SBL, Sierra Blanca; SC, Sierra de Cártama; SM, Sierra de Mijas. VG, Valle del Guadaíza. Zonas de cizalla: 1a, de alta temperatura; 1b, retrometamórficas. 2, Falla normal de bajo ángulo. 3, Contacto tectónico. 4, Contacto estratigráfico. 5, Lineación de estiramiento indicando el sentido de buzamiento (incluye medidas de Darot 1973 y Tubía 1985).

Fig. 1.—Structural sketch of the western Alpujárride nappes. mq, Upper Miocene-Quaternary sediments. CA, Alozaina complex. AM, Alozaina and Las Millanas formations. Pd, Predorsal units. D, Dorsal units. M, Malaguide complex. Los Reales nappes (higher Alpujárride nappes): B, Bermeja nappe; J, Jubrique nappe; IB, Benarrabá imbrications. Blanca nappes (lower Alpujárride nappes): G, Guaro nappe (G1, Ojén unit; G2, Guadaíza unit). Capital letters enclosed in circles: SA, Sierra Alpujata; SB, Sierra Bermeja; SBL, Sierra Blanca; SC, Sierra de Cártama; SM, Sierra de Mijas; VG, Guadaíza valley. Symbols: 1a, high-temperature shear zone; 1b, retrograde metamorphism shear zone; 2, low-angle normal fault; 3, tectonic contact; 4, stratigraphic contact; 5, stretching lineation showing the sense of dipping (including additional) data from Darot 1973 and Tubía 1985).

espesor, continua e intercalada entre rocas corticales. Fallas de bajo ángulo posteriores han modificado esa disposición genuina, desmembrando la lámina original y produciendo el adelgazamiento o basculamiento de los cuerpos resultantes.

Tres de las sucesiones litoestratigráficas supra- o infrayacentes a la lámina peridotítica se esquematizan en la fig. 2. Las columnas inferiores (Manto de Guaro) están en posición invertida. En casi todas las verticales las columnas litológicas se encuentran truncadas a diferentes niveles (García-Dueñas y Balanyá, 1990), siendo las de la fig. 2 las más completas de las observables en el área.

#### Las principales zonas de cizalla dúctil

Múltiples bandas de rocas, a diversos niveles de las sucesiones litológicas alpujárrides, poseen fábricas plano-lineares relacionadas con cizallamiento simple. Su espesor es muy variable,

desde centimétrico en zonas de cizalla próximas entre sí, hasta hectométrico en las más espaciadas. La posición y espesor de las principales bandas miloníticas se encuentra en al fig. 2.

Las fábricas miloníticas pertenecientes a las dos zonas de cizalla de techo y muro de las peridotitas se han generado a  $P \approx 4 \text{ kb}$  y  $T \approx 750^\circ \text{C}$ . En tales condiciones de P-T, coincidentes con las de metamorfismo de los gneises miloníticos adyacentes, las peridotitas han sufrido una deformación plástica sobreimpuesta a su fábrica previa de alta T. Excluidas las rocas ultramáficas, la blastesis ha sido general en ambas zonas de cizalla, cuyas fábricas y cortejo estructural indican sentido de transporte hacia el NE-ESE (Tubía y Cuevas, 1986; Balanyá *et al.*, 1987).

Las otras zonas de cizalla señaladas en la fig. 2 son retrometamórficas (facies de esquistos verdes a  $T \approx 400^\circ \text{C}$ , Tubía, 1985) respecto de Sp y de la foliación milonítica de los gneises. Dan lugar a milonitas y ultramilonitas sobre esquistos, gneises y

blastomilonitas previas y a serpentinitas sobre las peridotitas; el transporte predominante, de componente N, se efectuó según trayectorias en su mayoría entre N y NNE, inferidas de las lineaciones de estiramiento observadas al W de Sierra Alpujata y en el sector del Guadaíza (fig. 1).

Lineaciones de estiramiento de la misma dirección se encuentran como elementos de fábrica en zonas de cizalla distribuidas a distintos niveles de las Imbricaciones de Benarrabá y en el Manto de Jubrique (figs. 1 y 2).

Además, las rocas miloníticas aparecen localmente deformadas en bandas de rocas cataclásticas originadas en régimen extensional (García-Dueñas y Balanyá, 1990).

#### Redefinición de los Mantos Alpujárrides occidentales. Discusión

La conservación, en algunos segmentos del contacto basal de las peridotitas, de milonitas y blastomilonitas

MANTOS DE LOS REALES

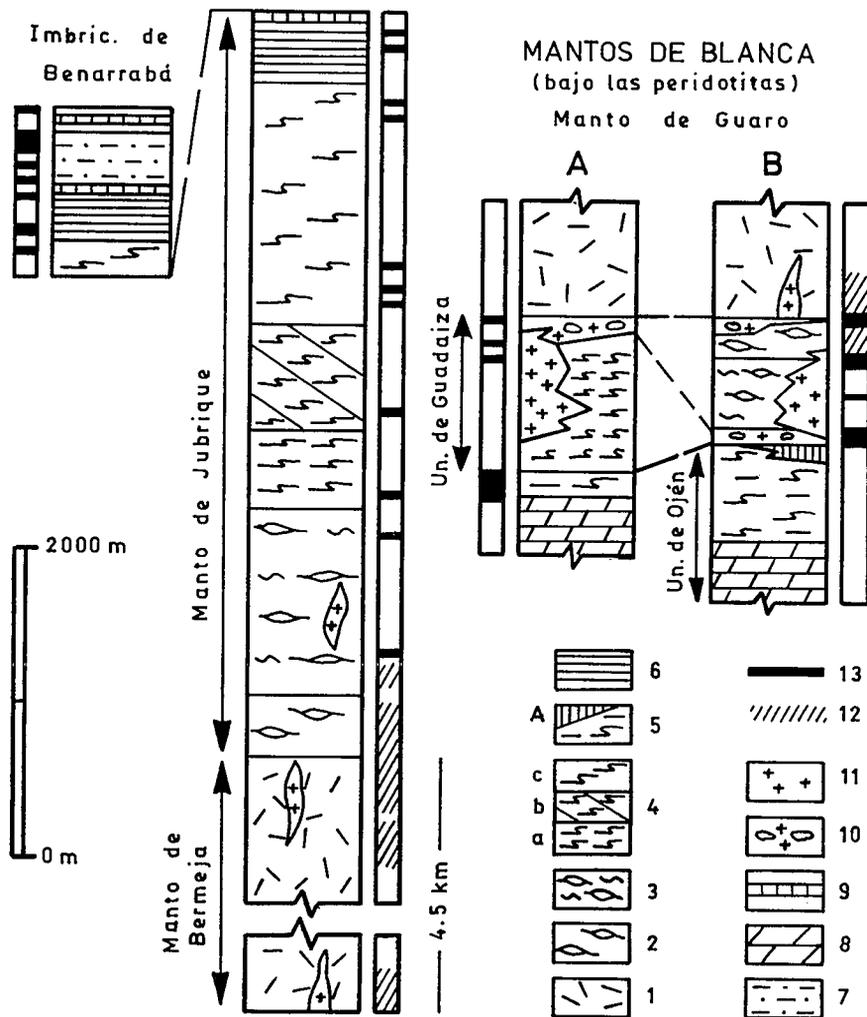


Fig. 2.—Sucesiones litológicas tipo de los Alpujarrides occidentales y posición de las zonas de cizalla. Se han utilizado datos de Westerhof (1975), Tubía (1985) y Muñoz (1990). Las sucesiones del Manto de Guaro corresponden a las áreas: A) Istán-Guaro y B, Ojén; las de los Mantos de Los Reales, a la vertiente NW de Sierra Bermeja. 1, peridotitas; 2, augen-gneises y gneises granatíferos con cordierita; 3, gneises y gneises migmatíticos; 4, esquistos oscuros grafitosos: 4a, con sillimanita; 4b, con estaurolita; 4c, con biotita y granate. 5, esquistos grises con sillimanita (A, anfibolitas). 6, fillitas. 7, cuarcitas. 8, mármoles con diópsido y forsterita. 9, dolomías y calizas recristalizadas. 10, gneises cordieríticos con litoclastos. 11, leucogranito con cordierita. 12, zona de cizalla de alta temperatura. 13, zona de cizalla retrometamórfica.

Fig. 2.—Characteristic lithologic sequences of the western Alpujarride nappes and position of the shear zones. Data from Westerhof (1975), Tubía (1985) and Muñoz (1990) are included. The sequences of the Guaro nappe belong to the following areas: A, Istán-Guaro and B, Ojén; those ones of the Los Reales nappes were established in the NW of Sierra Bermeja. 1, peridotites. 2, augen-gneisses and garnetiferous cordierite gneisses. 3, gneisses and migmatitic gneisses. 4, graphitic dark schists: 4a, sillimanite schists. 4b, staurolite schists; 4c, biotite-garnet schists. 5, sillimanite gray schists (A, amphibolite). 6, phyllites. 7, quartzites. 8, diopside-forsterite marbles. 9, recrystallized limestones and dolomites. 10, cordierite gneisses with lithic fragments. 11, cordierite leucogranite. 12, high-temperature shear zone. 13, retrograde metamorphism shear zone.

sinmetamórficas, dentro de una zona de cizalla con potencia >0,5 km., se ha relacionado con el emplazamiento intracortical de la lámina peridotítica (Tubía y Cuevas, 1986). Es decir, la zona de cizalla atestiguaría la existencia de una sutura alpujarride, respon-

sable de la superposición a gran escala de rocas del Manto superior subcontinental a otras corticales. La mayor porción de contacto conservada tiene geometría de rellano, por lo que el carácter contraccional de la sutura se deduce de la superposición genera-

lizada de rocas mantélicas a otras corticales, ordenadas en una sucesión invertida coronada por mármoles atribuidos al Trías (Mollat, 1968).

Por encima de esta sutura alpujarride (fig. 1) se sitúa un grupo de unidades tectónicas (Balanyá *et al.*, 1987) que agruparemos como Mantos de los Reales. De ellos forman parte la Unidad de Casares de Dürr (1967) y el Manto de Los Reales de Navarro-Vilá y Tubía (1983).

Una zona de cizalla similar a la anterior se instala sobre el contacto peridotitas/gneises granatíferos suprayacentes (fig. 2). Esta segunda zona de cizalla separa el Manto de Bermeja (lámina de peridotitas) del Manto de Jubrique, despegados según un rellano, ya que la banda cizallada es subparalela a las foliaciones penetrativas de las rocas de techo y muro. La traslación a favor del despegue entre las rocas corticales (M. de Jubrique) y las mantélicas (M. de Bermeja) es >8 km., deducida de estimaciones de la deformación por cizallamiento.

La parte superior de Los Mantos de Los Reales corresponde a las Imbricaciones de Benarrabá, colocadas sobre el Manto de Jubrique. Repiten las formaciones del Paleozoico superior y Trías, y cada una de ellas tiene un desplazamiento mínimo de varios kilómetros (Balanyá *et al.*, 1987). La dirección de transporte se desconoce, aunque es probable que tenga componente E.

Para designar el conjunto de materiales que aparecen por debajo de las peridotitas, Mollat (1968) definió la Unidad de Blanca, subdividida en los Mantos de Guadaiza y Ojén por Navarro-Vilá y Tubía (1983). Adicionalmente se ha propuesto que el Manto de Guadaiza era una repetición del flanco inverso del Manto de Ojén (Balanyá *et al.*, 1987). Sin embargo, el contacto entre las unidades de Guadaiza y Ojén es una de las zonas de cizalla retrometamórficas con transporte de componente N; otro tanto ocurre con el contacto entre la Unidad de Guadaiza y el Manto de Bermeja (Valle del Guadaiza y más al W), en donde las rocas miloníticas de la sutura alpujarride han sido eliminadas.

La naturaleza retrometamórfica de las milonitas de techo y muro de la Unidad de Guadaiza (figs. 1 y 2) atestigua una caída de T≈350°C, desde las condiciones del pico metamórfico. Este proceso, con alguna recurrencia,

va acompañado de una disminución de carga indicativa de su carácter extensional (cf. Muñoz, 1990). Tal carácter extensional se confirma estructuralmente por las notables omisiones litológicas relacionadas con las zonas de cizalla retrometamórficas que limitan la unidad de Guadaiza (fig. 2). Por tanto, sugerimos que la Unidad de Guadaiza es un «horse» extensional movido aproximadamente hacia el N, que descansa sobre la Unidad de Ojén también adelgazada. Durante el cizallamiento extensional intruyen leucogranitos y se originan «gneises cordieríticos con litoclastos» (Muñoz, 1990).

En definitiva, las Unidades de Guadaiza y Ojén, individualizadas a resultas de un proceso de enfriamiento y atenuación corticales, provendrían de la reestructuración extensional de un elemento tectónico mayor para el que proponemos la denominación de Manto de Guaro. Este manto estaba colocado bajo de las peridotitas (Manto de Bermeja).

La sucesión del Manto de Guaro aflora invertida en la Sierra de Mijas, Sierra Blanca y al W de Guaro (fig. 1). En la Sierra de Cártama una sucesión semejante en posición normal se halla bajo una fina lámina de peridotitas, a su vez debajo del Manto de Jubrique.

Es presumible que la sucesión de Cártama se encontrara en continuidad y por debajo de la columna de la Unidad de Ojén dibujada en la fig. 2. La columna compuesta de ambas sucesiones se correspondería con la de un pliegue cuyo núcleo se localizara en mármoles triásicos. En consecuencia, El Manto de Guaro sería un sinclinal recumbente sobre el que se colocan peridotitas subcontinentales trasladadas varias decenas de kilómetros hacia el NE-ENE.

### Conclusiones finales

El Manto de Guaro, incluyendo materiales de la Sierra de Cártama, junto con otras unidades aflorantes más al N (fig. 1), constituye un conjunto que denominamos Mantos de Blanca. Otras unidades reconocidas al E de Málaga, como las de Canillas, Venta de Palma, Tejeda y otras (Aldaya *et al.*, 1981), forman parte también del grupo de Mantos de Blanca.

En las Béticas centrales los Mantos de Blanca se encuentran bajo un manto perteneciente al grupo de Mantos de Los Reales, plausiblemente prolongación del Manto de Jubrique.

*Trabajo financiado por CICYT, proyecto PB 87-0461-01.*

### Referencias

- Aldaya, F.; García-Dueñas, V. y Navarro-Vilá, F. (1981): *Acta Geol. Hisp. «Hom. a Lluís Solé Sabaris»*, 14, 154-166.
- Balanyá, J. C.; Campos, J.; García-Dueñas, V.; Orozco, M. y Simancas, F. (1987): *Geogaceta*, 2, 51-53.
- Balanyá, J. C. y García-Dueñas, V. (1986): *Geogaceta*, 1, 19-21.
- Balanyá, J. C. y García-Dueñas, V. (1987): *C. R. Acad. Sci. Paris*, 304, 929-934.
- Darot, M. (1973): *Tesis Univ. Nantes*, 1-120.
- Didon, J.; Durand-Delga, M. y Kornprobst, J. (1973): *Bull. Soc. géol. Fr.*, 15, 77-105.
- Dürr, S. (1967): *Geologica Romana*, 6, 1-73.
- García-Dueñas, V. y Balanyá, J. C. (1991): *Geogaceta*, 9, 33-37.
- Mollat, H. (1968): *Geol. Jb.*, 86, 471-532.
- Muñoz, M. (1991): *Geogaceta*, 9, 10-13.
- Navarro-Vilá, F. y Tubía, J. M. (1983): *C. R. Acad. Sci. Paris*, 296, 111-114.
- Tubía, J. M. (1985): *Tesis Univ. País Vasco*, 1-263.
- Tubía, J. M. y Cuevas, J. (1986): *J. Struct. Geol.*, 8, 473-482.
- Westerhof, A. B. (1975): *G.U.A. Papers*, 6, 1-216.

*Recibido el 1 de octubre de 1990  
Aceptado el 26 de octubre de 1990*

## Fallas normales de bajo ángulo a gran escala en las Béticas occidentales

### *Large scale low-angle normal faults in western Betics*

V. García-Dueñas\* y J. C. Balanyá\*

\* Dpto. de Geodinámica, Inst. And. Geología Mediterránea, CSIC-Universidad. 18071 Granada.

#### ABSTRACT

*Low angle normal faults (LANF) related with extensional detachments are mapped in the Western Betics. They developed during Middle and Late Miocene on continental crust which was previously thickened by fold- and thrust-nappes and the Gibraltar Crustal Thrust. The LANF thinned the basement of the Alborán basin. Superimposed folds and strike-slip faults have modified the geometry of the extensional system.*

**Key words:** *low angle normal fault, detachment, crustal thinning, Betics.*

*Geogaceta*, 9 (1991), 33-37.

La existencia de grandes fallas extensionales, que adelgazan el Dominio cortical de Alborán y modifican

sus relaciones con la cobertera del Dominio Sudibérico (zonas externas béticas), ha sido señalada al S de

Ronda por Balanyá y García-Dueñas (1986, 1988). De hecho, el cortejo de estructuras con valor cinemático en