

# Superposición de estructuras y controles tectónicos en el desarrollo del límite SW de la depresión de Ronda (Subbético y Complejo de Flyschs, Béticas)

*Structural overprinting and tectonic controls on the development of the Ronda Basin SW boundary (Subbetic and Flysch Complex, Betics)*

Alejandro Jiménez-Bonilla, Juan Carlos Balanyá, Inmaculada Expósito y Manuel Díaz-Azpiroz

Dpto. de Sistemas Físicos, Químicos y Naturales, Universidad Pablo de Olavide, Cra. Utrera, km 1, 41013 Sevilla.  
alex\_jb16@hotmail.com, jcbalrou@upo.es, iexpram@upo.es, mdiaazp@upo.es.

## ABSTRACT

The intermontane Ronda Basin is located within the NE-SW trending external zones of the Western Betics. Newly acquired geometric and kinematic structural data from its southwestern margin and its neighbouring mountain ranges allow to inquire about the main tectonic controls on the basin development. During the Neogene, two events of NW-SE shortening and partially coeval NE-SW stretching seem to be responsible for the generation of along-strike structural highs and depressions. Shortening is evidenced by two co-axial fold-systems, mainly recorded in the Subbetic units, and a NW vergent imbricate stack (Flysch Units). Stretching was accommodated by NW-SE trending normal faults that partially delineate the southwestern current basin boundary. The wide distribution of these faults together with their throw, rising at places  $\geq 1$  km, point to the important role they played in the development of the basement basin architecture.

**Key-words:** Strain partitioning, Neogene, Ronda Basin, Betics.

## RESUMEN

La depresión intramontañosa de Ronda se sitúa dentro de un patrón estructural NE-SO en las zonas externas de las Béticas Occidentales. Datos estructurales y geométricos recién adquiridos de su margen suroeste y de las sierras adyacentes permiten indagar acerca de los principales controles tectónicos en el desarrollo de la cuenca. Durante el Neógeno, dos eventos de acortamiento NO-SE parcialmente coexistentes con un estiramiento NE-SO parecen ser responsables de la generación de altos y depresiones estructurales. El acortamiento se evidencia por dos sistemas de pliegues co-axiales, principalmente registrados en las unidades Subbéticas y, un abanico imbricado de vergencia NO (Unidades de los Flyschs). El estiramiento fue acomodado por fallas normales NO-SE que parcialmente delimitan el límite suroeste de la cuenca actual. La amplia distribución de estas fallas, junto con su salto vertical, en algunos casos  $\geq 1$  km, ponen de manifiesto el importante papel que desempeñaron en la configuración del basamento de la cuenca.

**Palabras clave:** Partición de la deformación, Neógeno, Depresión de Ronda, Béticas.

Geogaceta, 50-1 (2011), 23-26.  
ISSN:2173-6545

Fecha de recepción: 14 de Febrero de 2011  
Fecha de revisión: 28 de Abril de 2011  
Fecha de aceptación: 27 de Mayo de 2011

## Introducción

La Depresión de Ronda es una de las cuencas intramontañas Béticas y se encuentra instalada sobre sus zonas externas (Fig. 1). Estudios recientes han identificado que el segmento orogénico sobre el que se encuentra estuvo sometido durante el Neógeno a procesos de partición de la deformación que dieron lugar a estructuras de acortamiento con transporte tectónico de dirección subortogonal a las directrices tectónicas regionales, de orientación NE-SW (Fig. 1), y estructuras de extensión con direcciones de transporte subparalelas a dichas directrices (Balanyá *et al.*, 2007). Todo ello permite suponer que el desarrollo de la Depresión de Ronda estuvo controlado por un mecanismo de estiramiento de la corteza en el

que la subsidencia de la cuenca estaría controlada principalmente por fallas.

Pese a disponer de una base geológica regional bien conocida (Bourgeois, 1978; IGME, 1991), no se ha realizado hasta la fecha un análisis detallado que permita caracterizar los sistemas de fallas responsables del estiramiento de las unidades en ese sector y, que a la vez, explican la generación del relieve estructural y topográfico de las sierras vecinas. Tampoco se dispone de información acerca de la estructura interna de algunas de las unidades presentes en este sector, en particular del llamado Complejo de Flyschs.

En este trabajo se analiza la geometría y cinemática de las estructuras principales desarrolladas en el límite SW de la depresión y en zonas próximas en las que el basamento

de la cuenca (Unidades Subbéticas y del Complejo de Flyschs) queda expuesto. A partir de la revisión de la cartografía existente (IGME, 1991), se presta especial atención a las estructuras de acortamiento, principales generadoras del relieve estructural, y a las fallas normales que limitan o se disponen cerca de la depresión. Este estudio permite además identificar la estructura del Complejo de Flyschs y correlacionarla con afloramientos más meridionales.

## Contexto geológico

El Arco de Gibraltar forma el extremo occidental del Orógeno Alpino Perimediterráneo. La rama Norte del Arco coincide con la Cordillera Bética (Fig. 1), formada por la colisión Miocena del Dominio de Alborán

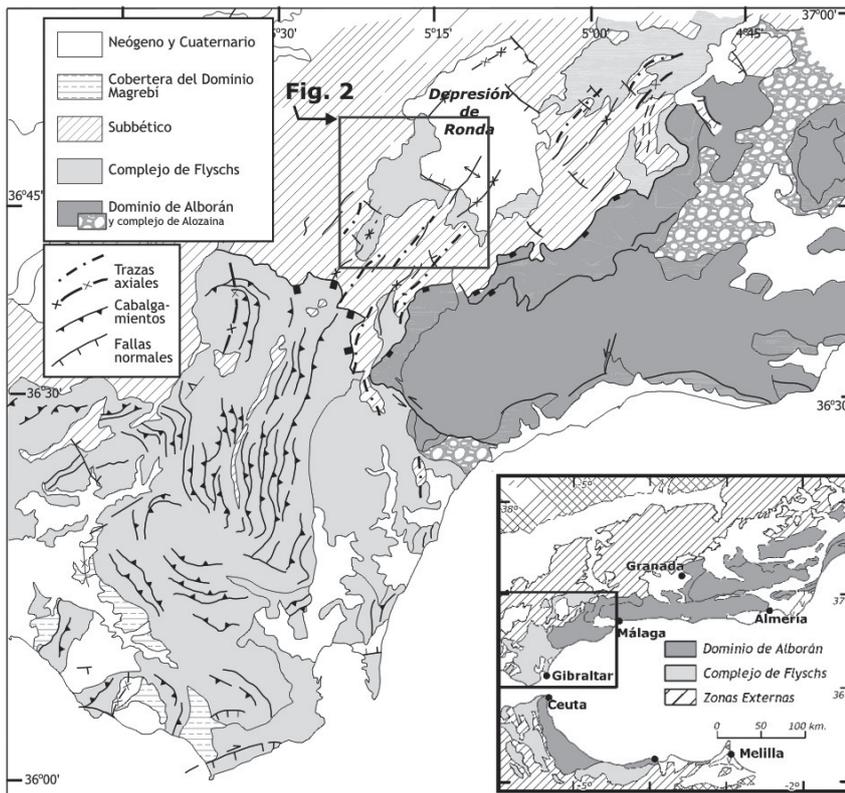


Fig. 1.- Complejos tectónicos principales en las Béticas Occidentales.

Fig. 1.- Main tectonic complexes in the western Betics.

sobre el Margen Sudibérico, en el que se localiza el área de estudio.

Las unidades presentes bajo el relleno discordante de la Depresión de Ronda forman parte del Penibético y del Complejo de Flyschs. Estas últimas afloran en el núcleo de un sinforme de gran radio (Klippe de Grazaleta).

El Penibético (Subbético Interno de las Béticas Occidentales) tiene una sucesión Triásico-Mioceno Inferior (Bourgeois, 1978; Martín-Algarra, 1987). El Jurásico está representado por una sucesión calcáreo-dolomítica. Los materiales Cretácico-Paleógenos están formados por margas y margocalizas blancas o rojas. La sucesión incluye niveles detríticos de edad Oligoceno-Mioceno Inferior.

Dentro de las Unidades del Complejo de Flyschs se distinguen dos unidades tectónicas principales, la Unidad del Aljibe y la Unidad de Algeciras:

En el sector comprendido en la figura 2 la Unidad del Aljibe consta de dos formaciones. La Serie de Base (Paleoceno-Oligoceno Superior), está compuesta por arcillas rojas con intercalaciones de turbiditas calcáreas. Por encima se encuentra la Fm. Aljibe (Aquitaniense), constituida por 1-1,5 km de areniscas cuarzosas en bancos que pueden supe-

rar 10 m de potencia (Esteras *et al.*, 1995).

La Unidad de Algeciras comienza con la Serie de Base, equivalente a la de la Unidad del Aljibe. En su techo se sitúa la Fm. Algeciras, característica de esta unidad, constituida por un flysch arenoso-micáceo de edad Oligoceno Superior-Mioceno Inferior (Martín-Algarra, 1987).

Al NE de Grazaleta se encuentra una formación interpretada como una brecha olistoestrófica, de edad Burdigaliense, formada por olistolitos de naturaleza diversa envueltos en una matriz arcillosa (Bourgeois, 1978).

La depresión de Ronda tiene morfología poligonal y se encuentra parcialmente limitada por una red de fallas NW-SE. El relleno, de edad Tortoniense Superior a Messiniense, corresponde a sedimentos marinos con predominio de facies deltaicas (Viseras *et al.*, 2004). El espesor de estos sedimentos es irregular y alcanza 300 metros según datos gravimétricos (Ruíz-Constán *et al.*, 2009).

### Estructuras Neógenas

Se describen aquí las estructuras responsables de los desniveles estructurales existentes entre la terminación SW de la depre-

sión de Ronda y las sierras adyacentes. Se trata de estructuras de acortamiento (pliegues y cabalgamientos) y de estructuras extensionales, como las fallas normales que limitan o se sitúan próximas a la depresión.

### Pliegues asimétricos de vergencia NW en el Penibético

Estos pliegues son la estructura de acortamiento más antigua de todas las identificadas y están asociados al período de deformación principal. Son pliegues asimétricos de tipo *Chevron*, de escala métrica a hectométrica, y están generalmente asociados a una foliación estilolítica de espaciado centimétrico. Dentro del área de estudio se distinguen tres zonas de trenes de pliegues caracterizadas por la dirección de sus ejes (Fig. 2):

(1) El sector Villaluenga, el más septentrional, tiene una dirección de los pliegues N60°E de ligera inmersión hacia NE y de vergencias NW. (2) El sector Montejaque, al SE del anterior, tiene una dirección media de N30°-40°E y de igual vergencia. (3) El sector Conio-Fraile está situado al sur del anterior. La dirección de los pliegues es N40°E y N220°E de vergencias W-NW. Las direcciones de slip son perpendiculares a la de los ejes de los pliegues (N130°E y N310°E). Estas medidas han sido tomadas a partir del desarrollo de estructuras menores: fibras indicativas de deslizamiento flexural, estilolitos asociados a la foliación y estructuras S-C dúctil frágiles en las que se desarrollan fibras sobre superficies C.

La distribución de estos pliegues, circunscritos sólo a las formaciones Cretácico-Paleógenas, indica un desacoplamiento general entre estos materiales y las calizas jurásicas.

### Estructura de la Unidad del Aljibe

En la zona de estudio, la Unidad del Aljibe está representada sólo en el Klippe de Grazaleta. La estructura interna de la Unidad del Aljibe puede identificarse a partir de las repeticiones litoestratigráficas y del trazado de las capas de areniscas de la Fm. Aljibe.

La estructura interna se define como un abanico imbricado de 4 escamas vergentes al NW. Estas escamas están limitadas por superficies de cabalgamiento, con geometría de rampas y rellanos, que convergen en una superficie de despegue general localizada en los niveles inferiores de la Fm. Serie de Base. Las rampas definen geometrías ascendentes hacia el NW y las líneas de bi-

furcación y de corte tienen inmersión hacia el NE.

Es de destacar la presencia de pliegues de escala hectométrica en las escamas inferiores del klippe de Grazaalema a 2 km al SE de esta población (Fig. 2). Tienen una foliación espaciada que se observa en la Serie de Base. Son asimétricos y vergentes hacia el NW, con un ángulo entre flancos entorno a

45°. Generan un patrón de repetición de materiales similar al de las imbricaciones (Fig. 2).

**Pliegues de gran radio y fallas inversas asociadas**

Los pliegues de gran radio tienen una edad Mioceno Superior-Plioceno y se superponen tanto a los pliegues asimétricos

del Penibético como a los cabalgamientos que estructuran la Unidad del Aljibe. Esta última aflora en los núcleos sinclinales (Klippe de Grazaalema; Fig. 2), mientras que las calizas y dolomías jurásicas del Penibético se sitúan en el núcleo de los anticlinales (Sierras del Endrinal y de Líbar). También afectan, aunque en menor medida, a los materiales de la depresión de Ronda (Fig.1).

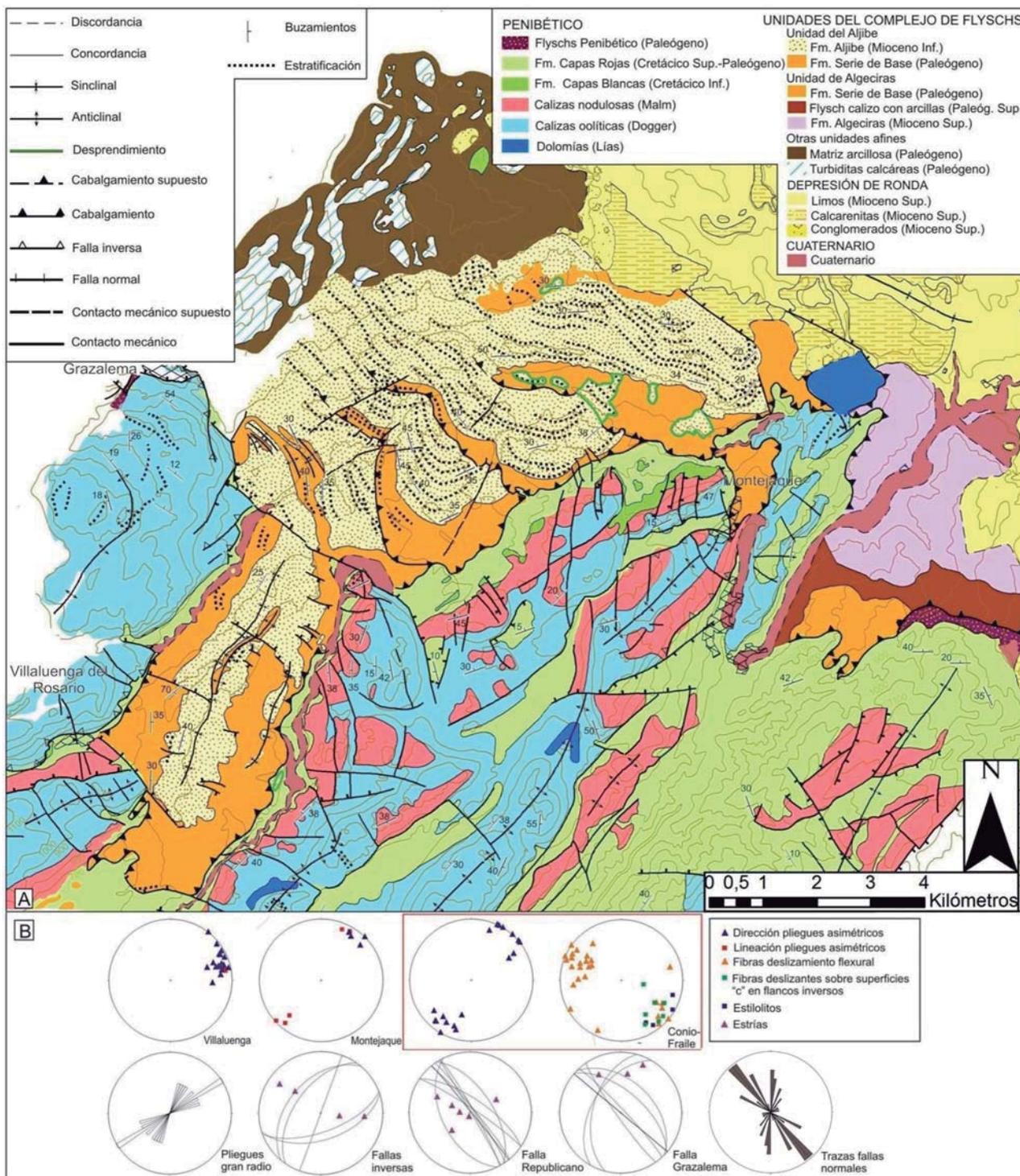


Fig. 2.- A. Mapa geológico del sector Grazaalema-Montejaque. B. Proyección estereográfica de las principales estructuras.

Son pliegues de escala kilométrica, abiertos y no cilíndricos, cuyas charnelas tienen inmersiones, por lo general hacia el NE. La dirección de sus ejes está en torno a N45°E (Fig. 2).

Los flancos alcanzan buzamientos cercanos a los 90° y paralelamente a éstos se desarrollan fallas inversas. Los planos de estas fallas tienen orientaciones N45°E con buzamientos superiores a los 45°. El ángulo de cabeceo de las estrías es alto lo que muestra que la componente principal es de salto en buzamiento.

### Sistema de fallas normales

En el sector estudiado (Fig. 2) se distinguen varias familias de fallas de componente normal. Las más representadas, de mayor salto y que discurren paralelas a las del borde SW de la depresión (ver diagrama de rosa y mapa, Fig. 2), corresponden a fallas de dirección aproximada NW-SE que cortan la estructura del Klippe de Grazalema. Los planos de falla buzando en todos los casos más de 45°, generalmente hacia el NE. Se encuentran repartidas por toda el área de estudio y son de dimensiones muy variables. Dentro de este sistema destacan dos por su mayor recorrido y salto, la falla del Republicano y la zona de falla de Grazalema (Fig. 2). Fallas de orientación y régimen similar también afectan a los materiales de la depresión de Ronda.

La falla del Republicano se sitúa al SE de Villaluenga del Rosario. Su buzamiento varía entre 45° y 90°, siendo mayor en las calizas jurásicas que en las margas y margocalizas cretácicas. En esta falla se han podido observar y medir indicadores cinemáticos, tales como estructuras S-C y S-C' frágiles con fibras y escamas de fibras de calcita que indican un descenso del bloque de techo hacia el NE. El salto vertical de falla es de 900-1000 m.

La zona de falla de Grazalema se sitúa junto a esta localidad, continuándose 8 km hacia el SE. En este caso se observa un sistema de fallas a escala cartográfica. Las superficies de falla son en general de alto ángulo con buzamientos hacia el NE, aunque se identifican algunos planos con buzamiento contrario. Estos planos buzantes al SW podrían corresponder a fallas Riedel localizadas en la misma zona de falla. Los indicadores muestran el mismo sentido de movimiento en todos los casos, descendiendo el bloque NE. El salto vertical de la falla es de 1500 m.

### Discusión

La Un. del Aljibe en el Klippe de Grazalema presenta una estructura definida, identificable como la de un abanico imbricado. La dirección de transporte tectónico, deducible de la asimetría de los pliegues apretados dentro de las escamas inferiores y de las estructuras de cizallamiento encontradas en las Formaciones Cretácico-Paleógenas del Penibético cercanas al nivel de despegue regional, es hacia el WNW, congruente con la vergencia indicada por la geometría de las rampas. La posición regional del klippe (Fig. 1), su estilo tectónico y la vergencia de los cabalgamientos, indica que este grupo de afloramientos son la prolongación del Dominio Oriental de la Unidad del Aljibe definido más al Sur por Luján *et al.* (2006). Estos resultados contradicen interpretaciones previas en las que el klippe era considerado un olistolito (Bourgeois, 1978; IGME, 1991).

En toda la zona estudiada, las estructuras de acortamiento más tempranas (aunque post-Aquitanienses, en función de los materiales implicados) corresponden a estructuras de vergencia NW a WNW. Son los pliegues asimétricos del Penibético y el abanico imbricado de la Unidad del Aljibe. Ambas estructuras deben ser de edad Mioceno Inferior o Medio dado que se encuentran plegadas por los pliegues de gran radio de dirección NE-SW cuya edad es Mioceno Superior-Plioceno de acuerdo con datos regionales (Balanyá *et al.*, 2007) y los resultados de este trabajo.

Las fallas normales NW-SE, por regla general, cortan a los pliegues de gran radio. Sin embargo, pliegues y fallas de iguales características a las descritas llegan a deformar los materiales del Mioceno Superior de la Depresión (Figs. 1 y 2), habiéndose debido solapar en el tiempo.

Las fallas normales NW-SE, en combinación con las estructuras de acortamiento descritas, han jugado un papel muy importante en la generación de desniveles estructurales entre las sierras Penibéticas y la Depresión de Ronda. El salto vertical mínimo de las fallas principales suma 2,5 km, lo que señala su importancia en la configuración del límite SW de la cuenca.

### Conclusiones

1. La revisión cartográfica y los datos cinemáticos obtenidos indican una superposición de estructuras de acortamiento y de extensión generadas a lo largo del Mioceno y

Plioceno. De más antiguas a más modernas: pliegues asimétricos y un sistema de cabalgamientos de vergencia NW a WNW, pliegues de gran radio de dirección NE-SW y fallas normales de dirección NW-SE.

2. El mapa geológico presentado indica que la estructura de la Unidad del Aljibe en el Klippe de Grazalema corresponde a la de un abanico imbricado de vergencia WNW y no puede ser considerada una estructura caótica. La posición, estilo tectónico y vergencia del klippe permite su correlación con el Dominio Oriental definido más al sur (Luján *et al.*, 2006).

3. Las fallas normales principales tienen dirección NW-SE, un salto vertical kilométrico y descienden el bloque NE hacia donde se sitúa la depresión de Ronda. Afectan también a los materiales de la depresión y definen su actual borde SW.

### Agradecimientos

El trabajo ha sido financiado por los proyectos CGL2009-11384, RNM 215, RNM3713, CONSOLIDER INGENIO 2010-CSD2006-00041. Los autores agradecen a J.M. Azañón Hernández y G. Booth Rea la atenta revisión del manuscrito.

### Referencias.

- Balanyá, J.C., Crespo-Blanc, A., Díaz-Azpiroz, M., Expósito, I. y Luján, M. (2007). *Tectonics*, 26, 1-19.
- Bourgeois, J. (1978). *La transversale de Ronda (Cordillères bétiques, Espagne). Données géologiques pour un modèle d'évolution de l'arc de Gibraltar, Annales scientifiques*, Tesis Doctoral Univ. Besançon, 30, 445 p.
- Esteras, M., Feinberg, H. y Durand-Delga, M. (1995). En: *IV Coloquio Internacional sobre el Enlace Fijo del Estrecho de Gibraltar*, II, 205-215.
- Moreno Serrano, F., García Dueñas, V., Campos Fernández, J., García Rosell, L., Orozco Fernández, M. y Sanz de Galdeano, C. (1991). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 1.050* (Ubrique). IGME.
- Luján, M., Crespo-Blanc A. y Balanyá, J.C. (2006). *Tectonics*, 25/6, doi:TC6001-10.1029/2005TC001910:1-17.
- Martín-Algarra A. (1987). *Evolución geológica alpina del contacto entre las zonas internas y externas de la Cordillera Bética*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada, 1171 p.
- Ruiz-Constán, A., Galindo-Zaldívar, J., Pedrera, A. y Sanz de Galdeano, C. (2009). *Journal of Geodynamics*, 47, 210-217.
- Viseras, C., Soria, J.M. y Fernández, J. (2004). En: *Geología de España* (J.V. Vera, Ed.). SGE-IGME, 576-581.