

La Unidad Olistostrómica, una formación clave para entender la historia neógena de las Zonas Externas de la Cordillera Bética

The Olistostromic Unit, a key formation to understand the Neogene history of the Betic Cordillera External Zones

Francisco Javier Roldán¹, José Rodríguez-Fernández² y José Miguel Azañón^{2,3}

¹ Instituto Geológico y Minero de España, Urbanización Alcázar del Genil 4, 18006 Granada, España. fj.rolدان@igme.es

² Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (UGR-CSIC), Avenida de las Palmeras, 4, 18100 Armilla, Granada, España. jrodrig@ugr.es

³ Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, 18071 Granada, España. jazonon@ugr.es

ABSTRACT

The Olistostromic unit is a mélangé made of olistostromes, formed by mass wasting processes, and broke formations or tectonosomas. This unit could include almost all the rocks units founded in the Betic Cordillera. The Mesozoic and Tertiary sequences formed by silts and gypsums are an additional component of the mélangé. This plastic rocks act as detachment levels during both the contractional events responsible of the cordillera prism accretion, and the extensional events linked to the orogen exhumation. Inside the broke formations, it is possible to distinguish gravitational olistostromic sequences including landslides, avalanches and debris flows. In this work we describe the main features of these formations differentiating olistostromes and tectonosomas. In addition, we discuss the role that this unit played during a westward extensional displacement of the Betic External Zones

Key-words: Olistostrome Unit, olistostromes, tectonosomas, extensional detachments.

RESUMEN

La Unidad Olistostrómica es una mezcla (mélangé) de olistostromas, originados por procesos de remoción en masa, y formaciones rotas o tectonosomas. Puede incluir cualquier fragmento rocoso de la Cordillera Bética. Las series pelíticas y yesíferas del Mesozoico y Terciario, son un componente más de estas mezclas, que debido a su plasticidad han constituido niveles de despegue tectónico, tanto en las fases compresivas de construcción del prisma, como en las extensionales de desmantelamiento y exhumación del orógeno. En el interior de esta brecha tectónica, es posible reconstruir secuencias olistostrómicas sensu estricto, en las que se distinguen deslizamientos, avalanchas y flujos de cantos, con un origen claramente gravitacional. En este trabajo, se presentan las características de estas brechas, separando olistostromas sensu estricto de tectonosomas. Además, se muestra el papel que ha jugado esta unidad en el desplazamiento extensional de las Zonas Externas hacia el Oeste.

Palabras clave: Unidad Olistostrómica, olistostromas, tectonosomas, despegues extensionales.

Geogaceta, 52 (2012), 9-12.

ISSN 2173-6545

Fecha de recepción: 15 de febrero de 2012

Fecha de revisión: 26 de abril de 2012

Fecha de aceptación: 25 de mayo de 2012

Introducción

Las masas caóticas de rocas o mezclas son relativamente comunes en cinturones orogénicos alpinos y suelen ir asociadas a los frentes de las cuñas de acreción (Hsü, 1968; Cowan y Pini, 2001). Su génesis se atribuye a la fragmentación tectónica en condiciones dúctil-frágil, de secuencias estratigráficas del orógeno. Las unidades fuertemente deformadas con interrupción de estratos y bloques, pero que conservan su identidad litológica y cronológica se denominan: "formaciones rotas" (Hsü, 1968) o "tectonosomas" (Pini, 1999). Cuando estas series pierden la coherencia original de sus secuencias estratigráficas, se fragmentan en

bloques y clastos dentro de una matriz fina y se redistribuyen mediante procesos gravitacionales en medios submarinos o subaéreos, se denominan: "olistostromas" (Beneo, 1956). La causa que origina los olistostromas se asocia con un sustrato móvil debido al emplazamiento de escamas en un prisma de acreción (Page, 1978). Sin embargo, los olistostromas, como cualquier otra unidad sedimentaria, pueden verse involucrados en procesos de carácter tectónico, acentuando el carácter brechoide de su fábrica y dificultando la interpretación de su origen.

Los materiales triásicos del Subbético han actuado de nivel de despegue bajo coberteras mesozoicas y terciarias, deformán-

dolas y trasladándolas de su posición original. Durante este proceso gran parte de las series mesozoicas y terciarias, especialmente las de naturaleza pelítica y yesífera, se han desmantelado y depositado mediante procesos gravitacionales, dando lugar a la Unidad Olistostrómica. Las propiedades mecánicas de los materiales pelíticos y yesíferos resultantes que dan origen a la Unidad Olistostrómica, han jugado un papel importante en la deformación neógena del orógeno Bético.

En este trabajo se realiza un análisis de la Unidad Olistostrómica, diferenciando los componentes de la misma en formaciones rotas o tectonosomas y olistostromas, según sean tectónicos o gravitacionales, respecti-

vamente. Además se interpreta el papel que juega la Unidad Olistostrómica en la configuración estructural de las Zonas Externas, como nivel de despegue extensional con transporte hacia el WSW.

Marco Geológico Regional

La Cordillera Bética es un orógeno resultante de la colisión entre el denominado Dominio de Alborán, y el paleomargen Sud-ibérico. Este último funcionó como un margen pasivo durante el Mesozoico. A partir del Paleoceno terminal, pasó de ser un margen pasivo a convergente y finalmente se produjo la colisión en el Mioceno inferior (Sanz de Galdeano, 1990). Tras esta colisión, el orógeno quedó estructurado en tres dominios diferentes: A) las Zonas Externas, con tres subdominios tectono-estratigráficos: Prebético, Unidades Intermedias y Subbético. B) El Complejo de los Flysch del Campo de Gibraltar. C) Las Zonas Internas o Dominio de Alborán (Fig. 1).

El Prebético está constituido por un conjunto de coberteras despegadas, a nivel del Trías, e imbricadas en un sistema de cabalgamientos de vergencia general hacia el NNW, y cortado por fallas de salto en dirección, dexas y transversales a las directrices tectónicas (NW-SE).

La deformación del Subbético no está bien definida, porque la mayor parte de los afloramientos presentan una estructura interna sin continuidad lateral lo cual es difícilmente restituible, que ha llevado a algunos autores a calificar como caótica (Vera, 2004). En la parte nororiental de la Cordillera, el Subbético se superpone al Prebético mediante cabalgamientos con vergencia N y pliegues de dirección N80E e igual vergencia. Hacia el límite con las Zonas Internas la deformación de las unidades subbéticas es más intensa y localmente se puede apreciar un cambio en la vergencia de los pliegues y cabalgamientos. Sedimentos pelítico-yesíferos de edades comprendidas entre Trías y Mioceno inferior, han contribuido a formar importantes niveles de despegue, bajo unidades subbéticas en los primeros estadios de estructuración compresional del paleomargen sud-ibérico debido a sus propiedades mecánicas.

El proceso de fragmentación y denudación de los relieves formados hacia el Mioceno medio, originó una mezcla de materiales diversos (*mélange*) que constituyeron

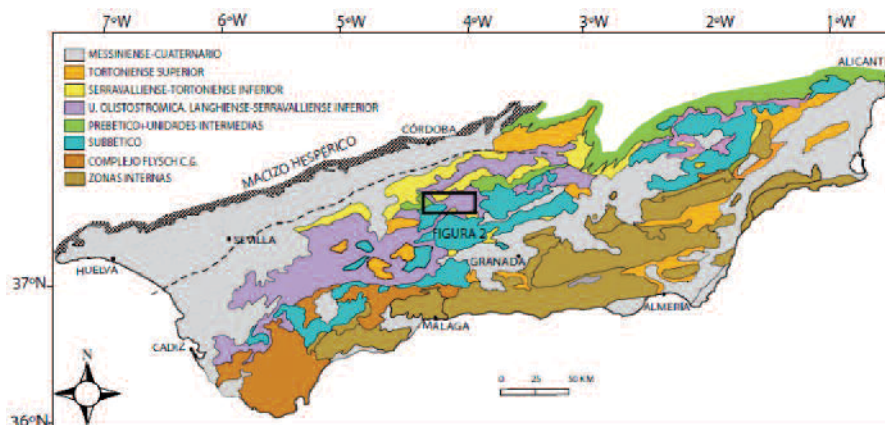


Fig. 1.- Mapa geológico simplificado de la Cordillera Bética con la zona de estudio.

Fig. 1.- Simplified geological map of the Betic Cordillera with the location of the studied area.

la Unidad Olistostrómica. Esta Unidad, muy extendida en las Zonas Externas, es el conjunto tectosedimentario que ocupa mayor área y representa el nexo que une el puzzle de sierras desconectadas entre sí, en las que afloran los materiales jurásicos y cretácicos.

Componentes de la Unidad Olistostrómica: formaciones rotas (tectonosomas) y olistostromas

La Unidad Olistostrómica ha sido ampliamente reconocida, cartografiada y definida entre el noreste de la provincia de Granada y las inmediaciones del Golfo de Cádiz (Roldán y García-Cortés, 1988 y Roldán, 1995). García-Cortés *et al.* (1991), identifican materiales equivalentes en las provincias de Albacete, Murcia y Alicante, gran parte de ellos sobre Prebético y proponen que esta Unidad debe prolongarse cartográficamente al tercio oriental de la Cordillera Bética. Recientemente, Roldán *et al.* (2012), en la elaboración del Mapa Geológico Digital Continuo de España, la representan por el sur hasta los límites con los Flysch del Campo de Gibraltar y la parte meridional del Subbético próxima a las Zonas Internas (Fig. 1).

La Unidad Olistostrómica *s.l.* incluye una mezcla (*mélange*) producida por un proceso de remoción y emplazamiento en masa, de cuerpos rocosos formados por tectonosomas y olistostromas. La diferenciación entre olistostromas y tectonosomas no es simple pero se puede realizar, en condiciones favorables, a partir de criterios tales como: relación geométrica, fábrica, posición stratigráfica y edad. Se ha seleccionado una región (Fig. 2) entre Baena (Córdoba) y Alcaudete (Jaén).

Los tectonosomas constituyen series fragmentadas, rotas y entremezcladas de edades comprendidas entre el Trías y el Mioceno inferior, cuando proceden de las Zonas Externas y los Flysch, y más antiguas si los elementos constituyentes proceden de las Zonas Internas (micasquistos, calcoesquistos, etc). Los tectonosomas pueden ser susceptibles de cartografiarse separadamente por el mayor predominio de unas series fragmentadas respecto de otras. Así pues, se pueden identificar tectonosomas de series triásicas a series del Oligoceno-Mioceno inferior (Fig. 2). Los estratos más competentes han sido fragmentados en losas o bloques muy estirados, orientados a favor de una fábrica plano-lineal, generalmente de carácter extensional, dentro de una matriz con una foliación de tipo pizarrosidad que es muy penetrativa, anastomosada y brechoide y suele envolver los estratos más competentes (Fig. 3A).

Los olistostromas (U. Olistostrómica, *s.s.*) pueden formar secuencias masivas de varias decenas de metros de brechas denominadas *debris* (Ricci Lucchi 1986), con abundantes clastos angulosos o subangulosos de rocas mesozoicas y terciarias. Suelen estar soportados por una matriz arcillosa y yesífera.

También se ordenan en secuencias estratificadas con alternancias de episodios formados por procesos de *debris flow* y *mud flow*. Las secuencias formadas por *mud flow* forman estratos muy irregulares en espesor y forma, debido la distinta densidad del flujo de barro que depende a su vez de la naturaleza de los sedimentos de origen. En este tipo de secuencias se reconoce muy bien la procedencia de los elementos que forman cada ciclo (Fig. 3B).

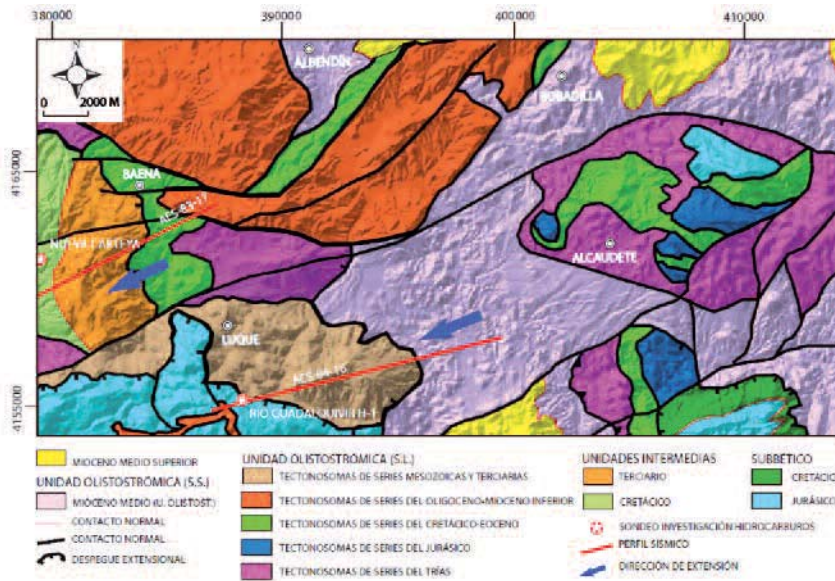


Fig. 2.- Mapa geológico con la representación cartográfica de la Unidad Olistostroma s.l. Situación de perfiles sísmicos y sondeos.

Fig. 2.- Geological map showing the extension of the Olistostromic unit. The seismic profiles and boreholes are marked.

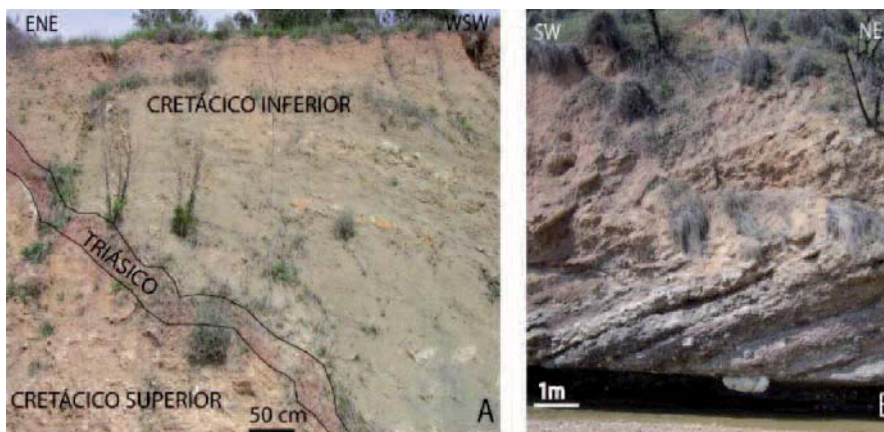


Fig. 3.- A) Fábrica de los tectonosomas. B) Secuencias estratificadas en los olistostromas.

Fig. 3.- A) Tectonosomes fabric. B) Stratigraphic olistostromic sequence.

Estas secuencias suelen incorporar en su interior olistolitos de gran tamaño que proceden de cualquier dominio de la Cordillera. En la matriz se ha datado la edad más moderna como Langhiense superior-Serravallense inferior.

Imagen sísmica de la estructura de la Unidad Olistostromática y de las Zonas Externas

El análisis y la interpretación de datos de subsuelo (consulta en: Archivo Técnico de Hidrocarburos, Dirección General de Política Energética y Minas, <http://hidrocarburos.mityc.es/ath/ATH.ASPX>), en el sector estudiado entre Baena (Córdoba) y Alcaudete

(Jaén), permiten proponer una nueva hipótesis de la estructura de las Zonas Externas y su relación con la Unidad Olistostromática (Fig. 4).

Los perfiles muestran unas facies sísmicas planoparalelas en secuencias pertenecientes a las Unidades Intermedias, de series comprendidas entre el Jurásico y el Mioceno inferior, como pone de manifiesto el sondeo Guadalquivir H-1. Las facies sísmicas con reflexiones caóticas pertenecen a la Unidad Olistostromática que es correlacionada con los afloramientos de superficie y soporta en esta región elementos pertenecientes al Subbético (Fig. 4B). En ambos perfiles los tectonosomas de series mesozoico-terciarias son predominantes sobre

los olistostromas (U. Olistostromática s.s.).

La interpretación de ambos perfiles (Figs. 4A y B) demuestra una estructura extensional de componente W, que produce pliegues abiertos (*roll over*) en el bloque de techo y zonas con desarrollo de *boudins* cuando las fallas son subhorizontales. Por lo general la deformación es transferida a la Unidad Olistostromática, favorecida por la naturaleza pelítica y yesífera de sus componentes, generando una fábrica muy penetrativa como se observa en los tectonosomas de la figura 4 B bajo las U. Intermedias.

Discusión

Diferenciaci3nes entre tectonosomas y olistostromas como las que aqu3 se proponen, han sido realizadas en el norte de los Apeninos por Pini, (1987a).

Sin embargo, la discriminaci3n de estas mezclas en el registro geol3gico resulta problemática debido a la convergencia de sus productos y facies. Tambi3n por la deformaci3n subsecuente que los distorsionan y a veces enmascaran a los procesos previos de su formaci3n.

En el Arco Bético-Rifeño, Camurri *et al.* (2005) interpretan dos cuerpos ca3ticos de tamaño considerable, uno formado por dep3sitos gravitatorios (olistostromas). Otro constituido por una mezcla tect3nica (cuña de acreci3n).

Las revisiones cartogr3ficas recientes en las Zonas Externas de la Cordillera Bética, han contribuido a la identificaci3n de "melanges" de car3cter tect3nico (tectonosomas) y gravitacional (olistostromas).

Baena (1973) us3 el t3rmino "Complejo Frontal" para designar un conjunto de afloramientos subb3ticos muy tectonizados, de facies margosas y edades comprendidas entre el Tr3as y el Nummulítico, que se hallan pr3ximos al Prebético.

Entre las unidades del Subbético y Prebético, Roldán (1995) y Roldán *et al.* (2009), diferenciaron una unidad tect3nica formada por paquetes fuertemente deformados y entremezclados de materiales mesozoicos y terciarios asociados a la Unidad Olistostromática.

Conclusiones

En la Cordillera Bética nunca se ha realizado una diferenciaci3n cartogr3fica entre olistostromas y tectonosomas, como la propuesta en este trabajo (Fig. 2).

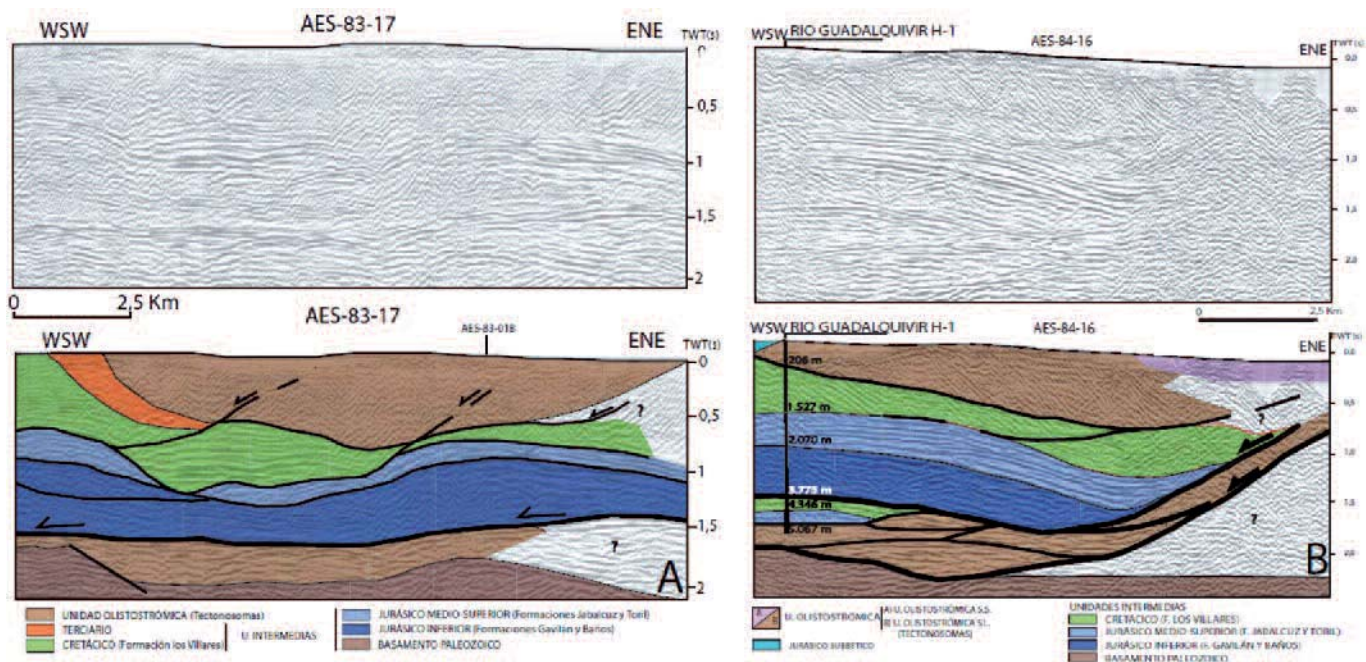


Fig. 4.- Interpretación de la estructura del subsuelo a partir de dos perfiles sísmicos (A y B) y el sondeo Guadalquivir H-1. Su localización está incluida en la Fig 2.

Fig. 4.- Seismic profiles and geological interpretations, also considering the borehole Guadalquivir H-1. Their positions are marked in Fig. 2.

La intensidad de la deformación ha producido una mezcla de afloramientos mesozoicos y terciarios, soportados por la Unidad Olistostrómica s.l. Gran parte de estos afloramientos se entremezclan como formaciones rotas y olistostromas, configurando un puzzle de sierras aisladas, en los sectores central y occidental de las Zonas Externas.

La mayor parte de los afloramientos de la Unidad Olistostrómica, a lo largo de la Cordillera, se pueden caracterizar como brechas de origen tectónico, asociadas a la surrección y desmantelamiento del orógeno Bético. Las características mecánicas que presenta la matriz de esta unidad, la hacen idónea para canalizar los despegues extensionales posteriores al Serravaliense inferior, con transporte hacia el WSW como se muestran en la Fig. 4 B. No obstante, en el interior de esta brecha tectónica, es posible reconstruir secuencias olistostrómicas, *sensu stricto*, en las que se distinguen deslizamientos, avalanchas y flujos de cantos con un origen claramente gravitacional. Estas secuencias, de edad Mioceno medio, están ligadas a procesos de inestabilidad generados en los márgenes de las cuencas durante el levantamiento y propagación del orógeno hacia el antepaís.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado con el proyecto de investigación CGL-2011-29920 del M.C.I. Agradecemos los comentarios de Francisco M. Alonso Chaves y otro revisor anónimo de este trabajo, que han contribuido a mejorar la calidad del mismo.

Referencias

Baena, J. (1973). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 910 (Caravaca)*. IGME. 34 p.
 Beneo, E. (1956). *Bollettino del Servizio Geologico Italiano*, 78, 291–319.
 Camurri, F.T., Torelli, L., Zitellini, N., y Thiebot, E. (2005). *Geophysical Research, Abstracts*, 7, 2.
 Cowan, D.S. (1985). *Geological Society of America Bulletin*, 96, 451–462.
 Cowan, D.S. y Pini, G.A. (2001). Disrupted and chaotic rocks in the Apennines. In "Anatomy of an orogen" (I.P. Martini y G.B. Vai, Eds.), 165-176.
 García-Cortés, A., Mansilla, H., y Quintero, I. (1991). *Boletín Instituto Geológico y Minero de España*, 102, 524-535.
 Greenly, E. (1919). *Vols I y II: Memoirs of Geological Survey: London, HM Stationary Office*, 1–388 y 390–980.
 Hsü, K.J. (1968). *Geological Society of America Bulletin*, 79, 1063–1074.

Meschede, M., Zweigel, P., Frisch, W., y Völker, D. (1999). *Terra Nova*, 11, 141–148.
 Page, B.M. (1978). *Tectonophysics*, 47, 665–672.
 Pini, G.A. (1987). *Rendiconti della Società Geologica Italiana*, 10, 47-50.
 Pini, G.A. (1999). *Geological Society of America Special Paper*, 335, 73 p.
 Ricci Lucchi, F. (1986). *Foreland basins: International Association of Sedimentologists, Special Publication*, 8, 105–139.
 Roldán, F.J. y García Cortés, A. (1988). En: *II Congreso Geológico de España. Comunicaciones*, 1, 189-192.
 Roldán, F.J. (1995). *Evolución Neógena de la Cuenca del Guadalquivir*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada, 259 p.
 Roldán, F.J., Lupiani, E., Villalobos, M., Hidalgo, J. y Soria, J. (2009). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 971 (Cuevas del Campo)*. IGME. 68 p.
 Roldán, F.J., Rodríguez-Fernández, J., Villalobos, M., Lastra, J., Díaz-Pinto, G. y Pérez Rodríguez, A.B. (2012). Zonas: Subbético, Cuenca del Guadalquivir y Campo de Gibraltar. In *GEODE*. SIGECO. IGME. (Navas, J., Ed.) Disponible en: <http://cuarzo.igme.es/sigeco/default.htm>
 Sanz de Galdeano, C. (1990). *Tectonophysics*, 172, 107-119.
 Vera, J.A. (2004). *Geología de España. Sociedad Geológica de España-Instituto Geológico y Minero de España*.