

# El sistema aluvio-travertínico de Frailes (Cuenca Neógeno-Cuaternaria de Alcalá la Real, provincia de Jaén, Cordillera Bética)

*The Frailes alluvial-travertine system (Alcalá la Real Neogene-Quaternary Basin, Jaén province, Betic Cordillera)*

F. García-García y L.M. Nieto

Departamento de Geología, Universidad de Jaén. 23071 Jaén. fegarcia@ujaen.es; lmnieto@ujaen.es

## ABSTRACT

*On study an alluvial-travertine complex system located near to Frailes village (Betic Cordillera, Jaén province). It is made up of two steps with their flat top located at 930 and 1026 m a.s.l. The lower one prograding to N130°E is mainly formed by allochthonous travertine facies. The upper step consists of alluvial and travertine facies. There are two detrital facies associations, characteristic of alluvial fan, and three carbonate facies associations consisting of allochthonous and bioconstructed travertine sediments, oncolite and stromatolite facies. The carbonate facies associations were deposited in pool-dam-cascade sub-environments. The progradation of the upper step is to N210°E.*

**Key words:** *alluvial sediments, travertine, facies association, pool, dam*

*Geogaceta, 37 (2005), 75-78  
ISSN:0213683X*

## Introducción

Frailes se sitúa en el sur de la provincia de Jaén, a 9 km al NE de la ciudad de Alcalá la Real (Figs. 1A y B). Desde el punto de vista geológico, se encuentra en la parte meridional de la unidad subbética del Ventisquero-Sierra del Trigo (Sanz de Galdeano, 1973; Nieto *et al.*, 1992). En esta zona, también es posible observar el contacto entre el Subbético y la Cuenca Neógena de Alcalá la Real, que fue estudiada con detalle por Rodríguez-Fernández (1982). Díaz de Neira *et al.* (1992 a y b), que confeccionaron las hojas MAGNA de Alcalá la Real (990) y de Iznalloz (991) a escala 1:50.000, también la estudiaron. Recientemente, Ruano *et al.* (2004) señalan que esta cuenca neógena sería un sinforme perteneciente a un gran sistema de pliegues desarrollado desde el Tortonense inferior en el sector central de la Zona Subbética.

En este trabajo se presenta un análisis de facies preliminar de un sistema aluvio-travertínico dispuesto sobre el borde nororiental de la Cuenca de Alcalá la Real (Fig. 1B). En el sistema aluvio-travertínico se encaja el río Frailes, alimentado por los arroyos de la Martina y de los Barrancos (Fig. 1C). Aunque los materiales travertínicos ya fueron citados por Sanz de Galdeano (1973), ninguno de

los autores que han trabajado en esta región los ha estudiado con detalle, así como tampoco se ha establecido la relación sedimentaria entre los sedimentos aluviales y los travertínicos. En cuanto a su datación, los únicos datos disponibles son los que presentan Díaz de Neira *et al.* (1992 a y b), quienes los atribuyen al Pleistoceno, edad que adoptaremos en este trabajo. Con esta limitación cronoestratigráfica, se planteará una aproximación a los ambientes y subambientes sedimentarios que integran el sistema aluvio-travertínico de Frailes.

## Arquitectura estratigráfica

El sistema aluvio-travertínico está organizado en dos edificios horizontales, tabulares y escalonados con un desnivel topográfico entre ambos de 100 m. El edificio inferior, principalmente travertínico, tiene su mejor afloramiento en la pedanía de Ribera Alta (Fig. 1C). Allí se ha medido una potencia de 20 m y desarrolla una superficie de *toplap* a la cota topográfica de 930 m. El edificio superior, aluvio-travertínico, con 90 m de potencia máxima, aflora en una posición algo más septentrional, en el pueblo de Frailes (Fig. 1C), y su *toplap* se encuentra a la cota de 1026 m. Las cliniformas en facies travertínicas que se observan en ambos edificios indi-

can dos sentidos de progradación dominantes, hacia el SO (N210°E) para los materiales que afloran en los alrededores de Frailes y hacia el SE (N130°E) para los de Ribera Alta. A su vez, el edificio travertínico superior puede desmembrarse en dos subsistemas menores, uno con facies exclusivamente carbonatadas (travertínicas), dispuesto hacia la cabecera del Arroyo de la Martina, y otro que tiene su ápice hacia la cabecera del Arroyo de los Barrancos (Fig. 1C), constituido por materiales aluviales y travertínicos.

## Asociaciones de facies y ambientes sedimentarios

Las cinco asociaciones de facies que se han reconocido y se describen a continuación se engloban dentro de los dos grupos de depósitos, detríticos y autóctonos, en que tradicionalmente se han dividido los sedimentos travertínicos (Ordóñez y García del Cura, 1983; Pedley, 1990). En el sistema aluvio-travertínico que describimos hemos optado por diferenciar dos tipos de depósitos detríticos, los clásticos no travertínicos, es decir, sin precipitación de carbonato y los depósitos clásticos travertínicos (*clastic tufa deposits* de Pedley, *op.cit*) con mayor o menor participación de la precipitación de carbonato autóctona.

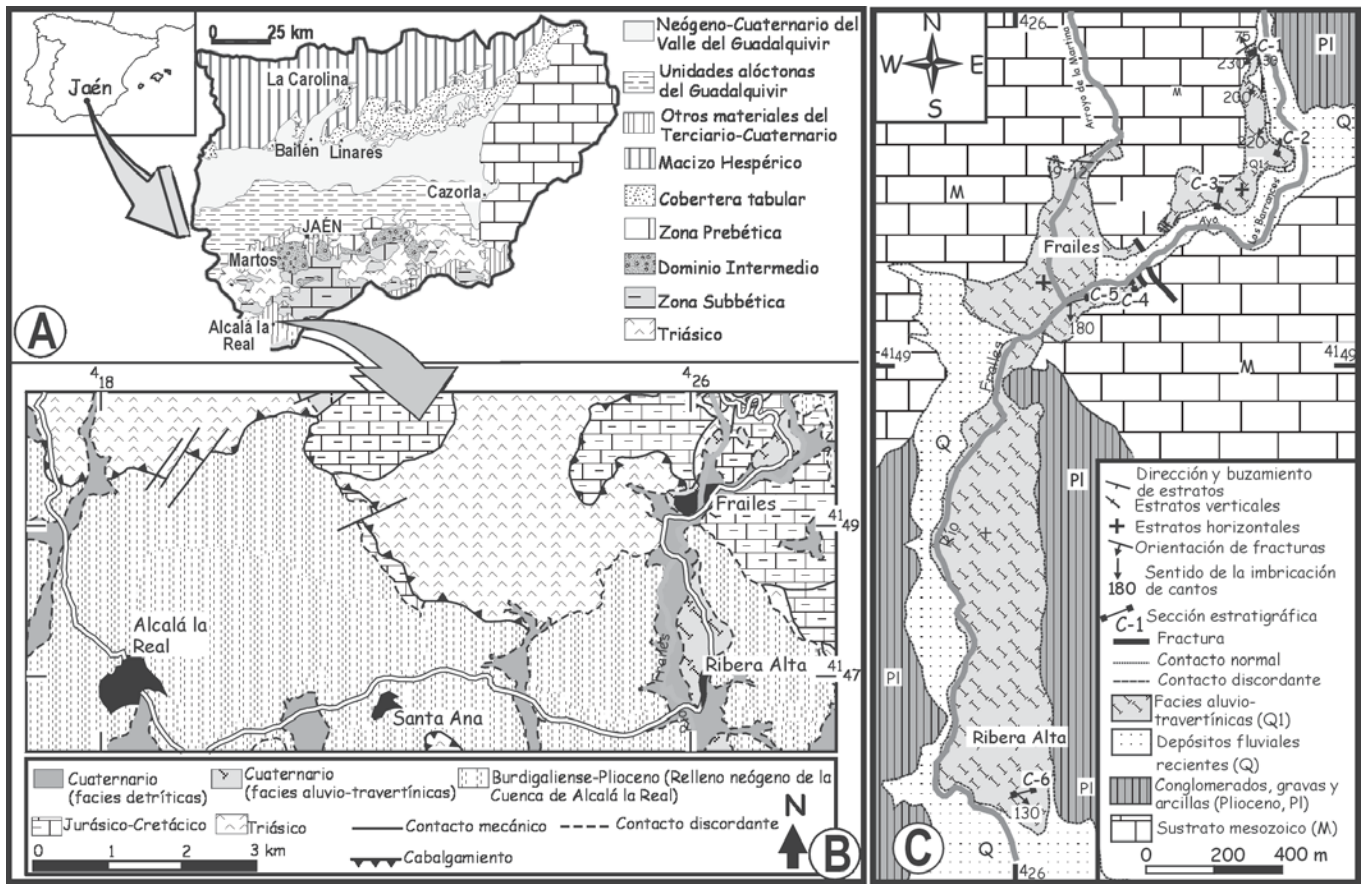


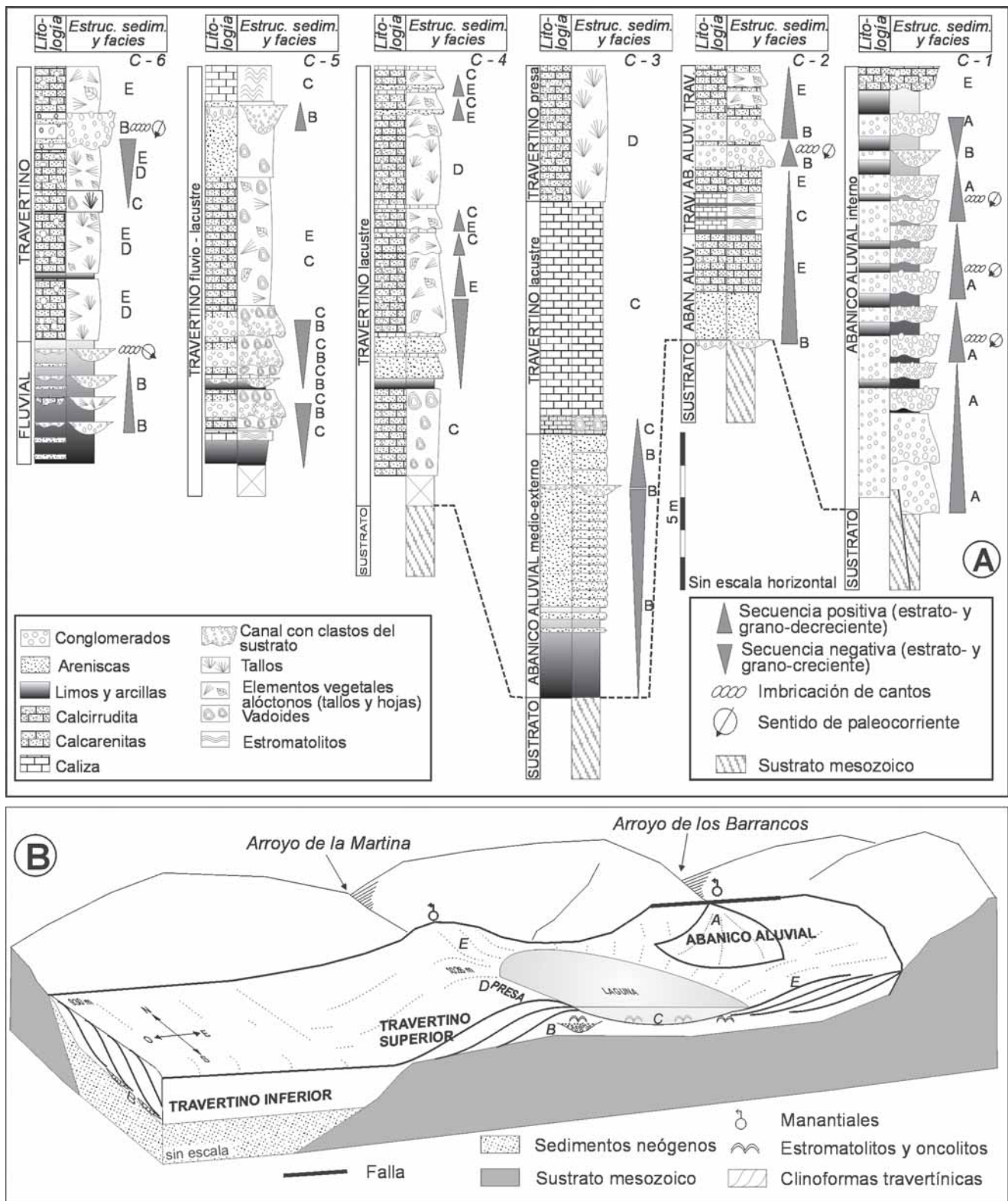
Fig. 1.- A) Situación geográfica y geológica de la Cuenca Neógeno-Cuaternaria de Alcalá la Real. B) Mapa geológico del sector nororiental de la Cuenca Neógeno-Cuaternaria de Alcalá la Real (simplificado de Díaz de Neira *et al.*, 1992 a y b). C) Mapa geológico del sistema aluvio-travertínico de Frailes.

Fig. 1.- A) Geographic and geological setting of the Alcalá la Real Neogene-Quaternary Basin. B) Geological map of the northeastern sector of the Alcalá la Real Neogene-Quaternary Basin (simplified from Díaz de Neira *et al.*, 1992 a and b). C) Geological map of the Frailes alluvial-travertine system.

**1. Depósitos clásticos no travertínicos**  
**Asociación de facies A.** Está representada por cuerpos de base erosiva de 30 cm a 1,8 m de potencia constituidos por brechas. Estos cuerpos se agrupan componiendo secuencias de escala métrica grano- y estrato-decrecientes. Los clastos, mal clasificados, de tamaño canto y naturaleza carbonatada, similar a los materiales que forman el sustrato, presentan una fábrica desorganizada soportada por la matriz. Los mejores afloramientos se encuentran en la columna C-1, situada en las inmediaciones de la cabecera del Arroyo de los Barrancos (Figs. 1C y 2A). Estos depósitos se generaron a partir de flujos de derrubios (Lowe, 1982) en sectores proximales de un abanico aluvial que tuvo su cuenca de drenaje instalada sobre materiales del sustrato subbético.  
**Asociación de facies B.** Está representada por dos subasociaciones de facies, por un lado, arenas y arcillas con huellas de raíces e intercalaciones de

niveles de carbón (subfacies B1) y, por otro, cuerpos canalizados de extensión lateral entre 1 y 10 m, y altura entre 0,5 y 1,5 m rellenos de conglomerados (subfacies B2) con clastos de tamaño canto de diversa litología (dolomías, calizas, calizas radiolaríticas). La fábrica de estos cuerpos canalizados está soportada por los clastos que a menudo aparecen imbricados hacia N210°E o hacia N130°E, según se trate de afloramientos próximos a Frailes o Ribera Alta, respectivamente (Fig. 1C). Los depósitos representativos de la asociación de facies B aparecen a la base de la columna estratigráfica del edificio travertínico de Ribera Alta (columna C-6, Figs. 1C y 2A) y a techo del edificio de Frailes (los mejores afloramientos se encuentran en la columna C-3, Figs. 1C y 2A). Esta asociación de facies caracteriza subambientes de tipo fluvial (subfacies B1: llanura de inundación y subfacies B2: canal fluvial -Miall, 1978-) de un abanico

aluvial en posición media (área de Frailes, columna C-3) y distal (área de Ribera Alta, columna C-6).  
**2. Depósitos clásticos travertínicos**  
**Asociación de facies C.** Comprende depósitos de calizas, calcarenitas y calcirruditas de granos oncolíticos con morfología tanto subsférica como elipsoidal. Las gravas de oncolitos subsféricos rellenan pequeños cuerpos de geometría canalizada intercalados entre arenas (subfacies B1). Estos oncolitos se ordenan en la vertical con gradación normal. Junto a los oncolitos elipsoidales aparecen estromatolitos con morfologías cupulares, que alcanzan alturas comprendidas entre 0,5 y 1 m, o forman bloques aislados de hasta 1 m de diámetro. La laminación estromatolítica está formada por la alternancia de láminas milimétricas claras, de carbonato, y láminas más oscuras, con mayor componente detrítico.  
 El desarrollo de los estromatolitos y oncolitos posiblemente esté relacionado con la actividad de algas y bacterias



verde-azules. Los estromatolitos y oncolitos con morfologías elipsoidales se generarían en contextos de baja energía de tipo lagunar (*pool*), mientras que

los oncolitos subsféricos lo harían en contextos de mayor energía como pequeños canales fluviales. La morfología de los oncolitos está controlada por la

energía dominante del medio donde se generan (Pedley, 1990). *Asociación de facies D.* Están compuestas por una alternancia de escala decimé-

trica de elementos removilizados (clastos de tallos en posición horizontal, hojas, oncolitos) y elementos en posición de vida (tallos verticales con estromatolitos encostrantes alternando con estromatolitos planares). Puntualmente las láminas de estromatolitos recubren superficies de alta pendiente y presentan buzamientos casi verticales.

Esta asociación de facies representa los subambientes de presa (*dam*) y cascada. En la parte superior de las clinofomas travertínicas se desarrolla la presa donde el crecimiento vertical de la vegetación favorece el aislamiento de los subambientes lagunares descritos en la anterior asociación de facies. Hacia el frente de la presa, la cascada se pone de manifiesto por las facies caóticas (mezcla de elementos alóctonos y autóctonos) y láminas de estromatolito sub-verticales. Hacia la parte interna de la presa dominan los depósitos autóctonos.

*Asociación de facies E.* Están representadas por capas con geometría sigmoidal formando clinofomas de espesor centimétrico hasta 1,5 m. Cada una de las capas presenta gradación positiva desde calcirruditas de microbrechas y/o calcarenitas con fragmentos de tallos y hojas hacia la base a una micrita hacia el techo de cada capa. Estas capas se disponen en posición marginal alrededor de los depósitos lagunares definidos por la asociación de facies C.

Estas clinofomas constituyen el talud tobáceo de la laguna, como las descritas para las lagunas altas de Ruidera por González-Martín *et al.* (1987). Se interpretan como el resultado de la pérdida de energía de flujos laminares ligados a pequeñas inundaciones que alcanzan la laguna, adaptándose a la morfología marginal de la misma, de forma que las capas progradan desde el margen hacia el centro de la laguna.

### Discusión y conclusiones

En el edificio travertínico inferior, el de Ribera Alta, sobre facies detríticas fluviales (asociación de facies B), con

abundantes huellas de raíces, se disponen materiales travertínicos removilizados. Este cambio litológico indicaría una modificación climática hacia un ambiente cálido y húmedo, óptimo para la formación de facies travertínicas (asociaciones de facies D y E), que serían removilizadas por actividad fluvial.

Al analizar la arquitectura estratigráfica se indicó que el edificio travertínico superior o de Frailes está constituido por dos subsistemas, posiblemente coetáneos (Fig. 2B). El primero de ellos, constituido exclusivamente por facies travertínicas (asociaciones de tipo C y D) se desarrollaría en las inmediaciones de la surgencia que proporcionaba las aguas cargadas en carbonato. Estaría constituido por ambientes de laguna, limitada por presas que darían lugar a cascadas. El segundo subsistema, cuyo ápice se encontraría en la cabecera del Arroyo de los Barrancos, sería más complejo, ya que se interrelacionarían materiales aluviales y travertínicos.

El abanico aluvial desarrollado en este segundo subsistema sería el resultado de la erosión de los relieves subbéticos situados al norte. Es probable que su formación estuviera relacionada con importantes cambios de relieve, lo que estaría en consonancia con la morfología irregular del contacto entre el sustrato y los materiales aluviales, observable en el afloramiento.

La reducción de la pendiente conllevaría la formación del abanico aluvial, así como la disminución de la energía y turbidez del agua; esto favorecería la formación de una laguna en la que precipitaría el carbonato cálcico entorno a la abundante vegetación existente en la zona y a la que llegarían flujos de sedimentos cargados de clastos de facies travertínicas. En los márgenes de esta laguna, se desarrollaron facies estromatolíticas y oncolíticas, reguladas por la agitación de las aguas. Los materiales estromatolíticos serían los responsables de la formación de subambientes de presa que sería rebasada por el

agua, formándose cascadas.

El sistema aluvio-travertínico de Frailes constituiría un ejemplo de modelo travertínico mixto de tipo fluvial y presa con desarrollo de laguna (*braided fluvial and barrage model*) descrito por Pedley (1990) o Ford y Pedley (1996).

### Agradecimientos

Trabajo financiado por los Proyectos de Investigación BTE2001-2872 y BTE2000-1151 (D.G.I.) y por los Grupos de Investigación RNM-163 y RNM-200 (Junta de Andalucía).

### Referencias

- Díaz de Neira, J.A., Enrile, A., Hernáiz, P.D. y López-Olmedo, F. (1992a). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 990 (Alcalá la Real)*. ITGE.
- Díaz de Neira, J.A., Enrile, A., Hernáiz, P.D. y López-Olmedo, F. (1992b). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja 991 (Iznalloz)*. ITGE.
- Ford, T.D. y Pedley, H.M. (1996). *Earth Science Reviews*, 41, 117-175.
- González-Martín, J.A., Ordóñez, S. y García del Cura, M<sup>a</sup> A. (1987). *Estudios Geológicos.*, 43, 227-239.
- Lowe, D.R. (1982). *Journal of Sedimentary Petrology*, 52, 279-297.
- Miall, A.D. (1978). En: *Fluvial Sedimentology* (A.D. Miall, ed.). Calgari, 5, 597-604.
- Nieto, L.M., Molina, J.M., y Ruiz-Ortiz, P.A. (1992). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 5, 95-111.
- Ordóñez, S. y García del Cura, M.A. (1983). En: *Ancient and Modern Fluvial Systems* (J.D. Collinson y J. Lewin, eds.) *International Association Sedimentary, Special Publication.*, 6, 485-497.
- Pedley, H.M. (1990). *Sedimentary Geology*, 68, 143-154.
- Rodríguez-Fernández, J. (1982). *El mioceno del sector central de las Cordilleras Béticas*. Tesis Doctoral, Univ. Granada, 224 p.
- Ruano, P., Galindo-Zaldívar, J. y Jabaloy, A. (2004). *Pure Appl. Geophys.*, 161, 541-563.
- Sanz de Galdeano, C. (1973). *Geología de la transversal Jaén-Frailes (provincia de Jaén)*. Tesis Doctoral, Univ. Granada, 274 p.