

# Análisis de modelados de erosión y depósitos residuales transgresivos en el Sector Central de la Cuenca del Guadalquivir (Tortonense, SO de España)

*Analysis of erosive modelated and transgressive lag deposits in the Central Sector of the Guadalquivir Basin (Tortonian, SW Spain)*

M. Abad <sup>(1)</sup>, F. Ruiz <sup>(1)</sup>, M. Cantano <sup>(1)</sup>, J. Rodríguez-Vidal <sup>(1)</sup>, J.G. Pendón <sup>(2)</sup>, M.L. González-Regalado <sup>(1)</sup>, E.M. Mantero <sup>(1)</sup>, L. Cáceres <sup>(1)</sup>, J. Tosquella <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Departamento de Geodinámica y Paleontología, Universidad de Huelva, 21071, Huelva, España.

<sup>(2)</sup>Departamento de Geología, Universidad de Huelva, 21071, Huelva, España. manuel.abad@dgyp.uhu.es

## ABSTRACT

*The central sector of the northern foreland margin of the Guadalquivir Basin shows good examples of transgressive erosion surfaces, recognisable along all its extension. In the studied area (Villanueva del Río y Minas, Sevilla) these surfaces allow us to identify different erosion levels and various morphological structures linked to such surfaces. According to: i) the transgressive deposits related to these relieves, ii) the types of materials that these surfaces have associated (sediments or substratum) and, iii) its topographic elevation, we can link these geomorphologic structures ("plataformas", "mesas" y "cuestas") to a transgressed sedimentary environment, such as a rocky shoreline or a sandy-gravel beach. Other data such as the erosive agent (wave) that generated these surfaces or the situation of the shoreline during Tortonian can be inferred.*

**Key words:** erosion paleosurface, transgressive lag deposits, Guadalquivir Basin,

*Geogaceta*, 37 (2005), 207-110  
ISSN:0213683X

## Introducción y Objetivos

El registro de una transgresión se estudia mediante los depósitos acumulados durante la migración hacia el continente que experimenta una línea de costa. En la última década se han publicado numerosos trabajos destinados a describir la formación de estos depósitos (p.e. López-Blanco, 1993; Cattaneo y Steel, 2002). Por el contrario, los trabajos dedicados a estudiar las superficies transgresivas que aparecen asociadas a estos depósitos y al paleorrelieve transgredido, han recibido una atención mucho más limitada (Rodríguez-Vidal, 1992; Cáceres, 1995).

A lo largo del margen Norte de la Cuenca del Guadalquivir aflora el Complejo Basal Transgresivo (Abad, 2002; Pendón *et al.*, 2004), unidad en la que se han registrado de forma recurrente varias pulsaciones de ascenso del nivel del mar (Baceta y Pendón, 1999; Abad *et al.*, 2004) como consecuencia de la transgresión que experimentó esta depresión durante el Tortonense medio y superior (Sierro *et al.*, 1995).

El área de estudio (Fig. 1) constituye una zona de interés para la observación y estudio de superficies erosivas transgresivas, debido a su buen estado de conservación y a la gran extensión que presentan.

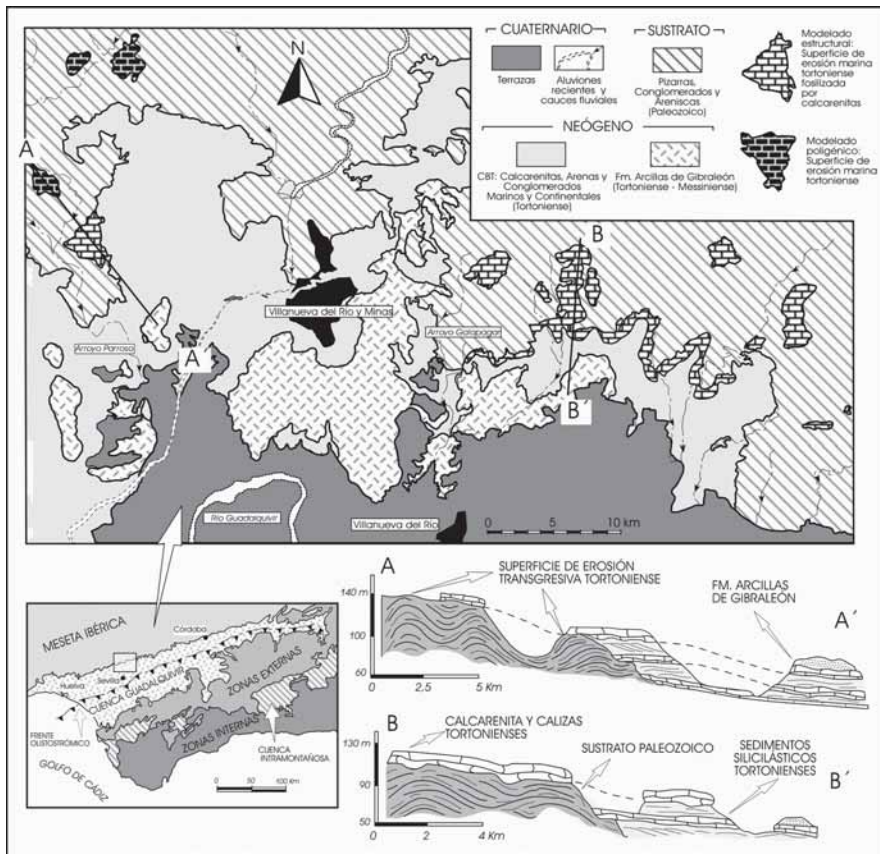
Los objetivos de este trabajo son: **I)** Describir la relación existente entre estas superficies y los depósitos tortonienses que las tapizan, **II)** Esbozar un modelo que explique el desarrollo de los modelados a los que dan lugar y, **III)** Analizar la implicación paleogeográfica y secuencial que conlleva la aparición de estas formas.

## Localización

La zona de estudio se ubica en el sector central del margen septentrional de la Cuenca del Guadalquivir, en las proximidades de la localidad de Villanueva del Río y Minas (Sevilla) (Fig. 1). En este punto se registra ampliamente la serie neógena, depositada de forma discordante sobre los materiales del Macizo Varisco Ibérico, principalmente conglomerados, areniscas, calizas, pizarras y cuarcitas paleozoicas.

La sucesión neógena se subdivide en dos unidades litoestratigráficas. De muro a techo, estas unidades son: **I)** El Complejo Basal Transgresivo o CBT, de edad Tortonense, y **II)** La Formación "Arcillas de Gibralfé" (Civis *et al.*, 1987), de edad Tortonense superior-Plioceno inferior (Sierro, 1995). Esta sucesión se ha interpretado como una secuencia deposicional (Secuencia B, Sierro *et al.*, 1995) asociada al Ciclo Global de Tercer Orden 3.2 de Haq *et al.* (1987), representando el CBT los materiales depositados en condiciones transgresivas, y la Formación "Arcillas de Gibralfé" los sedimentos formados durante la etapa de nivel del mar alto.

Desde un punto de vista geomorfológico, la zona estudiada se localiza en las estribaciones meridionales de la Meseta Ibérica, que muestra rasgos de un relieve hercínico muy envejecido. En algunos casos la erosión ha provocado el aislamiento de algunas pequeñas sierras y cerros, conformados por materiales del zócalo, en ocasiones coronados por depósitos neógenos. Sobre este paleorrelieve se depositan los materiales de la Cuenca del



**Fig. 1. Localización geográfica y contexto geológico del área de estudio. Se muestran la situación de las superficies erosivas y dos cortes geológicos de la zona.**

**Fig. 1. Geographical and geological setting of the studied area. Situation of the erosive surfaces and two geological cross-sections are shown.**

Guadalquivir, caracterizados por presentar un relieve muy suavizado en lomas, principalmente en las arenas, limos y arcillas, muy cultivadas cerca de la rivera norte del Río Guadalquivir. Los diferentes niveles de terrazas de este río afloran extensamente y se encuentran muy bien desarrollados al Sur del área de estudio. Sólo en una estrecha franja de terreno, próxima al borde de la meseta, es rota esta dinámica por los relieves aplanados que constituyen mesas y plataformas, en muchas ocasiones formadas por materiales muy competentes (calizas y calcarenitas).

En cuanto a la deformación tectónica en estos depósitos miocenos, se han observado algunas fallas aunque tienen poca relevancia y son de carácter muy local.

**Metodología**

Para la realización de este trabajo se ha elaborado una cartografía detallada de facies y de superficies erosivas atribuibles a la transgresión tortoniense a partir de fotografía aérea y mapas topográficos a escala 1:20.000. A su vez, se levantaron varios cortes geológicos de

detalle (Fig. 1). Por otro lado, se ha realizado el estudio de detalle de las discontinuidades que limitan las secuencias, y, sobre todo, de las superficies transgresivas de erosión (*ravinement surfaces*), así como el análisis detallado de la organización sedimentaria y contenido faunístico de estos depósitos.

**Análisis del modelado y de superficies de erosión transgresivas**

Las superficies de erosión aparecen en posiciones cercanas al borde de la cuenca, constituido por las estribaciones de la Meseta Ibérica. La cota de aparición oscila entre los 210 metros en la zona más septentrional, y los 50 metros en la Rivera del Hueznar a su paso por Villanueva del Río y Minas.

En estos puntos, el zócalo buza entre 12° y 5° hacia el S-SE, disminuyendo progresivamente su inclinación hacia zonas más profundas de la cuenca. La disposición de los depósitos miocenos sobre el sustrato paleozoico denota la existencia de un paleorrelieve irregular que, en gran medida, tuvo una importante influencia en el transcurso de la transgresión.

Las superficies aparecen como modelados relictos aplanados o suavizados en puntos de relieve positivo, elaborados sobre diferentes litologías paleozoicas, en ocasiones fosilizadas por calcarenitas y calciruditas (Fig. 1). En determinados afloramientos es posible continuar lateralmente las superficies desarrolladas sobre el sustrato y sobre los depósitos detríticos del Complejo Basal Transgresivo, que conforman una superficie de erosión transgresiva sobre facies deltaicas y de playas de sedimentación siliciclástica (R5 a R7 en Fig. 2).

Estas superficies, que están en clara relación con sedimentos suprayacentes de la misma edad y que son lateralmente correlacionables en conformidad, tienen su origen en los diferentes eventos de arrasamiento marino que tuvieron lugar durante el Tortoniano tras cada una de las pulsaciones de ascenso del nivel del mar.

La cartografía de facies y geomorfológica de estas formas nos ha permitido diferenciar dos tipos de modelados asociados a dichas superficies y a los depósitos residuales transgresivos que las tapizan. El origen de estas formas se explica mediante un intenso proceso de erosión diferencial sobre los materiales que suprayacen a la calcarenita (arenas, arcillas y margas), que responde al gran vaciado que se ha producido en la cuenca durante el Plioceno y Cuaternario, tras la retirada definitiva del mar.

En función del tipo de materiales sobre los que se desarrollan las superficies y los depósitos que las tapizan, su morfología, inclinación y su posición con respecto al paleorrelieve, la erosión ha dado lugar a dos tipos de modelados:

*1. Mesas y Cuestas (modelado estructural):* Situadas a diferentes cotas dentro de la unidad, aunque las mejor representadas corresponden a la parte media-alta de la formación, asociadas a R5, R6 y R7 (Fig. 2). Son morfologías planas, en ocasiones de gran extensión, que se presentan horizontales (mesas) o con una inclinación muy leve, nunca superior a 4° (cuestas), dentro de la unidad tortoniense. Aparecen próximas al borde de cuenca, delimitando en múltiples ocasiones el contacto entre sustrato y depósitos de cuenca. Hacia el Sur desaparecen bajo las lomas compuestas por las arenas limosas de la parte alta del CBT y la Formación Arcillas de Gibralforte.

Están formadas por paquetes de calcarenitas que aparecen fosilizando el sustrato paleozoico abrasionado o en sedimentos siliciclásticos del CBT. Su

exposición se produce al erosionarse los materiales finos que cubrían la calcarenita (arenas limosas y margas) y quedar los materiales más competentes definiendo superficies aplanadas que resaltan en un entorno de relieve más suavizado.

**2. Plataformas (modelado poligénico).** Son superficies aplanadas cartografiables (Fig. 1), formadas directamente sobre el sustrato paleozoico abrasionado. Se reconocen (Fig. 2): **I**) como relieves positivos constituidos por pequeñas elevaciones y/o cerros desligados del relieve general y/o, **II**) definiendo grandes superficies aplanadas próximas al borde de la cuenca (el sector oriental del área de estudio).

Las plataformas presentan un buzamiento muy variable, en general superior al de las mesas y cuestras. Las superficies mejor representadas se encuentran a una cota entre 150 y 210 m, correspondientes a la superficie transgresiva R7 del CBT (Fig. 2). Localmente, la superficie R6 puede aparecer bien representada a cotas inferiores en el sector oriental del área estudiada. Otras superficies (R1 y R5) dan lugar a este tipo de modelado de forma más puntual, gracias a la reciente exhumación por erosión fluvial. Las superficies R8 y R9 no se han registrado en buenas condiciones dentro del área de estudio.

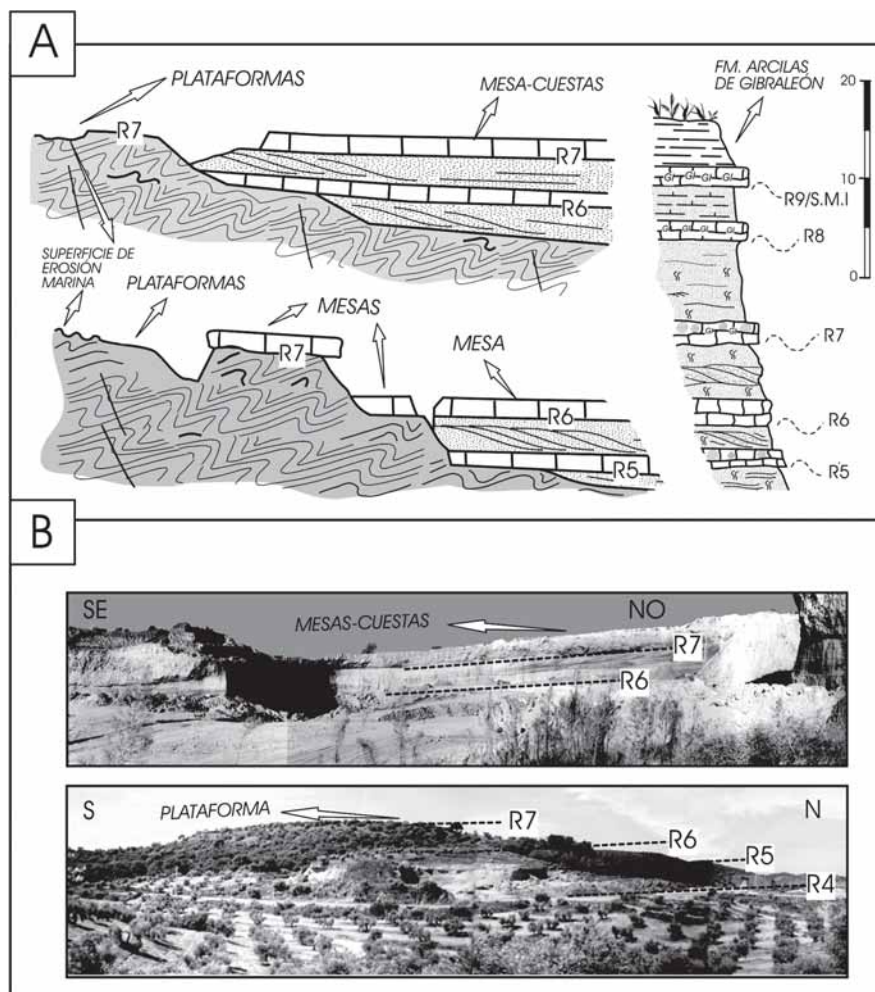
La aparición de superficies erosivas marinas, directamente sobre el sustrato paleozoico, no fosilizadas por depósitos carbonatados, aunque claramente relacionables con estos mediante cartografía, implica la existencia de un modelado poligénico antiguo, retocado durante la transgresión que tuvo lugar en el Tortoniense.

### Los depósitos residuales transgresivos

La naturaleza de los depósitos que fosilizan las superficies de erosión marina depende del material sobre el que aparecen. Aún así, suelen mostrar una organización interna parecida.

Cada una de las barras calcareníticas (tramo carbonatado) representa la sedimentación de la base de las secuencias transgresivas. Los tramos carbonatados de las diferentes secuencias constituyen unidades de gran extensión lateral cartografiables sobre el terreno, en ocasiones durante más de 15 km.

A cada pulso o ascenso relativo del nivel del mar le sigue una fase de estabilización en la que se produce la progradación de los sistemas continenta-



**Fig. 2. A,** Esquema de los diferentes tipos de modelados descritos en el área de estudio y situación de las superficies erosivas dentro del Complejo Basal Transgresivo; **R,** Superficie de Ravinement; **S.M.I,** Superficie de Máxima Inundación; **Gl,** Glauconita. **B,** Ejemplo de modelado en mesas y plataformas en el área de estudio.

**Fig. 2. A,** Sketch of the different modelated which have been described in the studied area and situation of erosive the surfaces inside the Transgressive Basal Complex; **R,** Ravinement surfaces; **SMI,** Maximum Flooding Surface; **B,** Examples of "Mesas" and "Plataformas" morphologies in the studied area.

les y costeros (facies de arenas y conglomerados o tramo detrítico).

Así, cuando la superficie se observa directamente sobre el sustrato rocoso, el depósito que la tapiza está formado por un nivel muy desorganizado de potencia variable (entre 15 y 50 cm), de arenas microconglomeráticas con cantos de cuarzo y grandes clastos y bloques angulosos del zócalo, restos de cirripedos (*Balanus* sp.), valvas desarticuladas de grandes ostreidos (*Crassostrea crassissima*, *Ostrea edulis*) y, en menor medida, otros restos de fauna marina como vertebrados (cetáceos y seláceos) y diversa malacofauna. Desde un punto de vista tafonómico, la fauna presenta un claro *status* de resedimentación, al mostrarse por lo general muy fragmentada y abrasionada. Es común la aparición de bioperforaciones en conchas, como

*Entobia* isp. y *Caulostrepsis* isp., así como sobre el sustrato o en cantos de *Gastrochaenolites* isp.

Cuando la superficie aparece sobre arenas y conglomerados del CBT, este depósito se hace algo más potente (hasta 1 m), la proporción de bloques del zócalo en la base del depósito no es tan abundante y la fauna se compone de diferentes grupos de bivalvos (pectínidos y venéridos), gasterópodos (*Conus*, *Calyptraea*, *Turritella*) o equínidos (*Clypeaster*, *Echinolampas*), afines todos ellos a medios algo más profundos que en el caso anterior.

El depósito transgresivo finaliza a techo con acumulaciones mono-específicas del nummulítido *Heterostegina gomez-angulensis* y, en ocasiones, cantidades considerables de arenas con glauconita. Estos depósitos implican



condiciones de condesación en mar abierto y mayores batimetrías.

Las estructuras sedimentarias más frecuentes en la calcarenita son laminaciones y estratificaciones cruzadas en surco y planares de mediana escala, cerca de la base del tramo carbonatado. La granoclasificación normal es frecuente en la parte inferior del paquete transgresivo.

## Discusión y Conclusiones

### Origen de las morfoestructuras

Estas morfoestructuras en calcarenitas o directamente sobre el sustrato se observan actualmente gracias a un proceso de erosión diferencial. Las calcarenitas constituyen, tras el sustrato hercínico, la litología más competente de la zona de estudio. En el caso de las mesas o cuestras, su formación tendría lugar cuando la erosión desmantela los paquetes superiores de arcillas, arenas y conglomerados, permitiendo que el techo de las calcarenitas quede expuesto como superficies estructurales en un paisaje suavizado. Por el contrario, las plataformas responden a la erosión conjunta de los materiales suprayacentes a la calcarenita, de muy baja competencia, y de la propia calcarenita, en zonas topográficamente elevadas y/o desconectadas lateralmente del margen continental ibérico.

### Implicaciones paleogeográficas y secuenciales

La aparición de plataformas se explica mediante la existencia, previa al modelado erosivo tortoniense, de una tendencia hacia la planitud o suavizado del relieve, herencia de la morfogénesis mesozoica-paleógena. Esta circunstancia ha sido ampliamente descrita en otros sectores del borde hercínico ibérico (Chapput, 1971; Martín-Serrano, 1986; Cantano, 1996). Dicha superficie pre-tortoniense habría experimentado un último e intenso proceso de reelaboración durante el descenso del nivel del mar que precedió a la transgresión tortoniense y durante la misma.

La aparición de las superficies de erosión, constituye una evidencia de las pulsaciones de ascenso del nivel marino que experimentó la cuenca durante el Tortoniense (Abad *et al.*, 2004, Pendón *et al.*, 2004). Desde un punto de vista sedimentológico y secuencial, la aparición de los relieves aplanados sobre el zócalo y/o asociados a depósitos identificables como *lags* transgresi-

vos, nos permite clasificar estas morfológicas como superficies de *ravinement* asociadas a procesos de oleaje (*Wave Ravinement Surface*; Cattaneo y Steel, 2002).

A su vez, los datos barajados en este trabajo permiten realizar una asociación directa entre el sustrato y medio sedimentario en que se registra la transgresión y el modelado erosivo elaborado posteriormente (mesas-cuestras o plataformas). Las mesas y cuestras desarrolladas sobre sedimentos siliclásticos denotan con claridad una transgresión sobre un medio litoral (playa o frente deltaico) o sublitoral (plataforma marina somera) compuesto por facies detríticas tortonienses, produciéndose un proceso de selección en el que sólo las grandes valvas de ostreoides, los sedimentos más groseros y algunos bloques del zócalo permanecerían reorientados tapizando la superficie de erosión marina. La aparición de las plataformas y mesas sobre el zócalo conlleva un ascenso del nivel del mar directamente sobre un sustrato rocoso, que daría lugar a la formación de playas acantiladas o rocosas.

Por otro lado, tradicionalmente, las facies del Complejo Basal Transgresivo o Facies de Borde se han considerado como un indicador de la paleolínea de costa tortoniense (IGME, 1974; Baceta y Pendón, 1999). Esta afirmación puede ser cierta en la parte baja y media de la formación, gracias al continuo registro de avances y retrocesos de la línea de costa de pequeña magnitud (R0 a R6), pero no en la parte alta de la misma (R7 a R9) en la que el avance de la paleocosta en cada pulsación transgresiva hacia el continente es bastante mayor (Abad, 2002). La aparición de la superficie de erosión correspondiente a R7 directamente sobre el sustrato en posiciones muy septentrionales nos permite localizar el litoral al menos 15 km más al Norte que los afloramientos estudiados. Las dos pulsaciones siguientes (R8 y R9) debieron suponer un avance de varios kilómetros más sobre el continente.

## Agradecimientos

Los autores agradecen la ayuda de un revisor anónimo, a partir de la que el manuscrito ha mejorado considerablemente. Este trabajo ha sido financiado mediante una beca F.P.U. concedida por MECD, por el Plan Propio de la Universidad de Huelva (Grupo

“Paleontología y Ecología Aplicadas”) y por el Plan Andaluz de Investigación (Grupo RNM-238).

## Referencias

- Abad, M. (2002). *Arquitectura estratigráfica y Paleontología del Complejo Basal Transgresivo*. Seminario de Investigación. Univ. Huelva, 255 p.
- Abad, M., Ruiz, F., Pendón, J. G., Tosquella J., González-Regalado, M. L. y López-González, N. (2004). *Geogaceta*, 35, 27-30.
- Baceta, J. I. y Pendón, J. G. (1999). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 12, 419-437.
- Cáceres, L.M. (1995). *Geomorfología del sector occidental de la Cuenca del Guadalquivir*. Tesis Doctoral, Univ. Huelva, 166 p.
- Cantano, M. (1996). *Evolución morfodinámica del Sector Suroccidental de la Cuenca de Ciudad Rodrigo, Salamanca*. Tesis Doctoral, Univ. Salamanca, 277 pp.
- Cattaneo, A. y Steel, R. J. (2002). *Earth Science Reviews*, 62, 127-228.
- Chapput, J. L. (1971). *Revue Géographie Physique et Dynamique* (2), XIII, fasc. 1, 55-56.
- Civis, J., Sierro, F. J., González-Delgado, J. A., Flores, J. A., Andres, I., Porta, J. y Valle, M. F. (1987). En: *Paleontología del Neógeno de Huelva* (J. Civis, Ed.). Univ. Salamanca, 9-21.
- Haq, B., Hardenbol, J. y Vail, P.R. (1987). *Science*, 235, 1156-1167.
- Pignatelli, R., Crespo, A., Torres, T. y García-Hidalgo, A. (1974): *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 963 (Lora del Río)*. IGME.
- López-Blanco, M. (1993). En: *Tectonic controls and signatures in sedimentary successions* (L. E. Frostick y R. J. Steel, Eds.), I.A.S.S., Spec. Publ. 20, 67-88.
- Martín-Serrano, A. (1986). *El relieve de la región occidental zamorana*. Tesis Doctoral, Univ. Salamanca, 311 p.
- Pendón, J. G., Ruiz, F., Abad, M., González-Regalado, M. L., Baceta, J. I. y Tosquella, J. (2004). *Revista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 10, 503-515.
- Rodríguez-Vidal, J. (1992). *Geogaceta*, 11, 85-86.
- Sierro, F.J., González-Delgado, J.A., Dabrio, C.J., Flores, J.A. y Civis, J. (1995). En: *Tertiary Basins of Spain* (Friend, P. F. y Dabrio, C. J. Eds.), Cambridge University Press, 339-345.