



EL MAR SUBTROPICAL DEL JURÁSICO EN GUADALAJARA

J. J. Gómez¹ y M. L. Canales²

¹ Dpto. de Estratigrafía, Facultad de Ciencias Geológicas (UCM) e Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM). 28040 Madrid. jgomez@geo.ucm.es

² Dpto. de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas (UCM) e Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM). 28040 Madrid. mcanales@geo.ucm.es

INTRODUCCIÓN

Los materiales del Jurásico en la provincia de Guadalajara afloran extensamente en su zona oriental, incluida en la parte septentrional de la Rama Castellana

de la Cordillera Ibérica (Fig. 1). Desde un punto de vista litológico, estos materiales están representados por una potente sucesión de rocas carbonatadas, entre las que se intercalan algunas unidades margosas, casi todas ellas formadas en ambientes marinos.

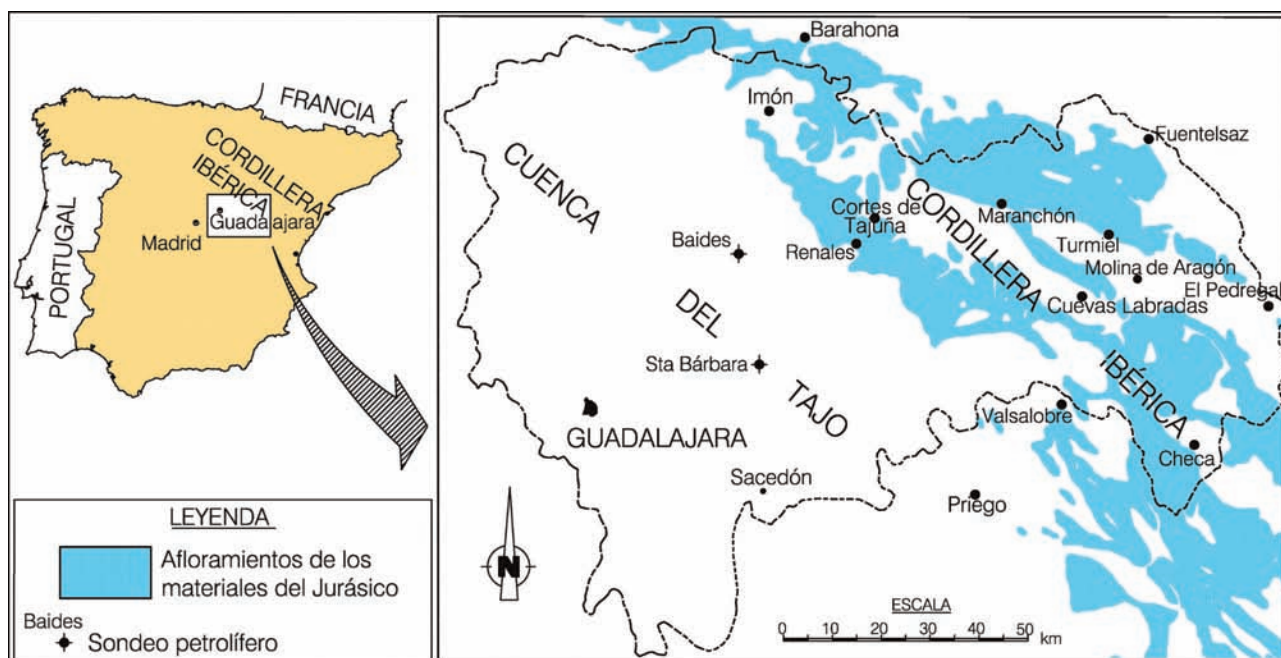


Figura 1. Mapa de afloramientos de los materiales del Jurásico en la provincia de Guadalajara y áreas circundantes. Los materiales de este Sistema afloran extensamente en la parte oriental de la provincia, siguiendo estructuras de orientación Noroeste generadas durante la etapa compresiva de la cordillera.



Esta sucesión ha sido dividida en unidades litoestratigráficas reconocibles en prácticamente toda la Cordillera Ibérica (Goy *et al.*, 1976; Gómez y Goy, 1979, 1998, 2004, 2005; Gómez *et al.*, 2003; Gómez y Fernández-López, 2004 a, b), cuya superposición puede verse en la figura 2. Sin embargo, su distribución no es uniforme en esta provincia, ya que las sucesivas etapas de erosión post-jurásicas, y especialmente las que ocurrieron durante el Cretácico, han condicionado que buena parte de estas unidades hayan desaparecido. Así, en la parte Oeste, bajo los sedimentos terciarios de la Cuenca del Tajo (sondeos Baides y Santa Bárbara), los materiales del Jurásico están ausentes mientras que en el borde Este de la provincia se conservan todas las unidades jurásicas (Gómez y Goy, 2005; Fig. 3).

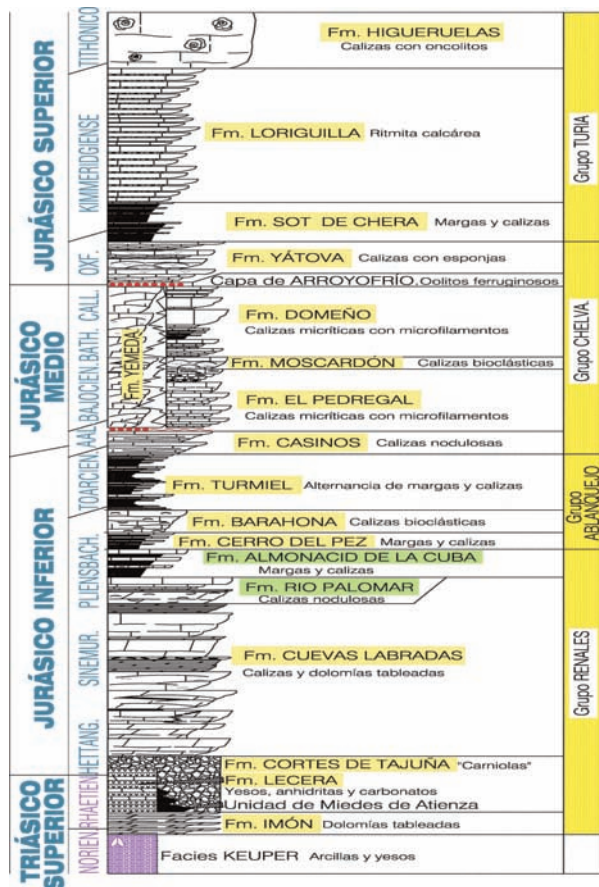


Figura 2. Columna mostrando la sucesión litológica y la edad de las unidades litoestratigráficas de los materiales del Jurásico en la Cordillera Ibérica, dentro de la provincia de Guadalajara. Las unidades marcadas en verde sólo están presentes en la parte Este de la Cordillera y, por tanto, no afloran en el área estudiada. La mayor parte de los materiales del Jurásico Inferior integran los grupos Renales y Ablanquejo. La mayor parte de los materiales del Jurásico Medio corresponden al Grupo Chelva, y los del Jurásico Superior al Grupo Turia.

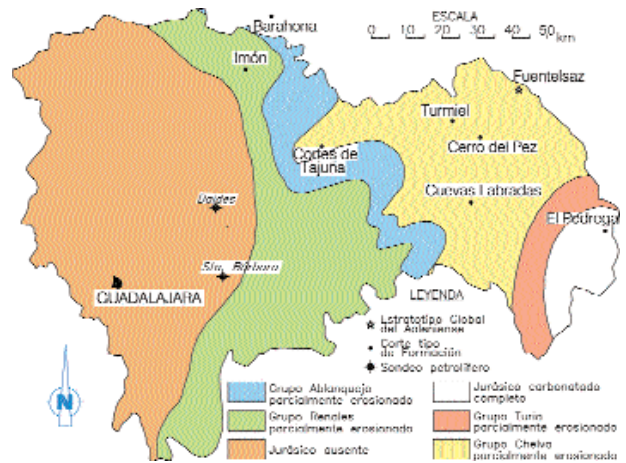


Figura 3. Mapa de la provincia de Guadalajara mostrando las áreas donde se encuentran preservadas de la erosión las diferentes unidades litoestratigráficas del Jurásico. En la parte Oeste todas estas unidades están ausentes. En la parte centro-occidental sólo se encuentran conservados, y parcialmente erosionados, los materiales del Grupo Renales. En la parte central se encuentran parcialmente erosionados los materiales del Grupo Ablanquejo y conservados los del Grupo Renales. En la parte centro-oriental se encuentran parcialmente erosionados los materiales del Grupo Chelva y completos los más antiguos. En la parte oriental se encuentran parcialmente erosionados los materiales del Grupo Turia, que se encuentran completos exclusivamente en el extremo oriental de la provincia. Por tanto, se trata de un mapa paleogeológico de tiempos pre-cretácicos, mostrando la distribución de materiales del substrato sobre el que se apoyan los materiales del Cretácico.

ESCENARIO PALEOGEOGRÁFICO Y CONDICIONES PALEOAMBIENTALES DURANTE EL JURÁSICO

A comienzos del Jurásico (199,6 Ma; Ogg, 2004), las tierras emergidas estaban reunidas en un sólo continente (Pangea), rodeado por un gran océano (Pantlaza) y parcialmente dividido por el mar del Tethys. Guadalajara se encontraba situada a una latitud de unos 35°N (Osete *et al.*, 2000), es decir, en latitudes que corresponden al actual estrecho de Gibraltar (Fig. 4). Además, el clima de la Tierra era más cálido, 5 a 10°C por encima de la temperatura actual, y en general más árido, especialmente en el interior de Pangea (Hallam, 1975, 1993; Chandler *et al.*, 1992; Bailey *et al.*, 2003; Sellwood y Valdes, 2006). Así pues, Guadalajara estaba situada en el borde noroccidental del Tethys, pero conectada con el Norte de Pantlaza a través del estrecho de Laurasia (Bjerrum *et al.*, 2001), que representa el inicio del océano Atlántico (proto-Atlántico), y con el



continente americano a través del Corredor Hispánico. A lo largo del Jurásico, ambos estrechos se abrieron progresivamente, a medida que se produjo la separación de las diferentes placas.

EL CICLO DE SUBIDA Y BAJADA DEL NIVEL DEL MAR DURANTE EL TRIÁSICO SUPERIOR Y EL JURÁSICO INFERIOR



Figura 4. Mapa paleogeográfico del Jurásico Inferior mostrando la distribución de tierras y océanos. Puede observarse la posición del continente Pangea, separado en dos grandes masas por el océano del Tethys, que se comunicaba con el área ártica, parte del océano de Pantalasa, a través del estrecho de Laurasia. Un brazo de mar emergente comienza a abrirse entre Norteamérica y África, uniendo el Tethys con América del Sur y facilitando la dispersión faunística hacia esas latitudes. Guadalajara se encontraba situada a una latitud de unos 35°N, junto a un área emergida, el Macizo Ibérico. Modificado de Golonka (2006).

La última transgresión triásica

Los carbonatos de la Formación Imón (Figs. 2, 5), cuyo corte tipo se localiza en el Norte de Guadalajara (Fig. 3), representan la última transgresión marina del Triásico Superior, que provocó la inundación generalizada de las zonas que habían permanecido emergidas durante la sedimentación de la mayor parte de la facies Keuper. Esta subida del nivel del mar produjo un avance del Tethys desde el Sureste al Noroeste, provocando la instalación de un mar somero de tipo plataforma poco profunda, donde se sedimentaron carbonatos en ambientes submareales a intermareales y, a veces, por encima del nivel de las mareas (supramareales). No obstante, en algunas áreas se reconocen estructuras sedimentarias correspondientes a ambientes de llanuras costeras salinas de tipo «sebkha».



Figura 5. Aspecto de la Formación Dolomías tableadas de Imón y de la Unidad de Miedes de Atienza en un desmonte del ferrocarril de Madrid-Zaragoza, en las proximidades de Sigüenza.



Figura 6. Vista panorámica de la margen izquierda del río Henares, a unos 2,5 km al Suroeste de Sigüenza, mostrando las unidades del Triásico Superior y del Jurásico Inferior. El relieve deprimido situado a la derecha está condicionado por los materiales arcillosos del Keuper. Los materiales duros corresponden a las dolomías de la Formación Imón. La ladera cubierta de vegetación corresponde a los materiales arcillosos de la Unidad de Miedes de Atienza, que representan las facies detríticas adosadas al Macizo Ibérico de la Formación Lécera. Los relieves de la izquierda corresponden a las brechas de la Formación Carniolas de Cortes de Tajuña, formadas por disolución y colapso de las evaporitas de la Formación Lécera. Dentro de esta unidad se sitúa el límite entre el Triásico y el Jurásico.

El retorno a las condiciones áridas-desérticas evaporíticas

La retirada del mar hizo que se instalaran de nuevo ambientes continentales cálidos, incluso áridos o desérticos, en los que se acumularon espesores importantes de sedimentos evaporíticos (sales y yesos) con intercalaciones de dolomías, correspondientes a la Formación Lécera (Gómez y Goy, 1998; Fig. 2), que en las áreas próximas al emergido Macizo Ibérico pasan a facies de abanicos distales, correspondientes a la Unidad de Miedes de Atienza (Figs. 2, 5 y 6). Dentro de estos materiales evaporíticos se encuentra el límite entre el Triásico y el Jurásico sin que, de momento, se haya podido precisar su posición estratigráfica en la Cordillera Ibérica (Gómez et al., 2007). Estas evaporitas se han identifica-

do en los sondeos petrolíferos profundos realizados en las cuencas del Tajo y del Ebro, así como en otras cuencas terciarias y, localmente, en afloramientos de superficie (Gómez y Goy, 1998, 2005). No obstante, lo normal es que estos materiales solubles se hayan disuelto, debido a la acción de las aguas superficiales y/o subterráneas, al aflorar en superficie o al situarse en niveles someros del subsuelo, dando lugar a un sistema de grandes cavidades que llegan a colapsar y de las que sólo se conservan restos fragmentados de las intercalaciones dolomíticas en tamaños de cantos a bloques. Este proceso da lugar a una brecha de colapso, representada por la Formación Carniolas de Cortes de Tajuña (Figs. 2, 6 y 7), cuyo corte tipo se encuentra en la zona central de la provincia de Guadalajara (Fig. 3).



Figura 7. Aspecto masivo de la brecha de carbonatos que constituye la Formación Carniolas de Cortes de Tajuña (a) y detalle de la brecha de carbonatos (b) resultante de la disolución y colapso de la Formación Lécera, constituida originalmente por una alternancia de evaporitas y carbonatos. Foto tomada cerca de Cuevas Labradas.

LA INSTALACIÓN DEFINITIVA DEL MAR JURÁSICO SOBRE LA PLATAFORMA DE GUADALAJARA

La instalación de los ambientes marinos en la provincia de Guadalajara tuvo lugar en una serie de ciclos, en los que se puede reconocer una parte de carácter transgresivo y otra parte regresiva, durante la cual las condiciones marinas se hacen más someras e incluso el mar llega a retirarse en intervalos cortos.

El primer ciclo transgresivo-regresivo del Jurásico

La sedimentación de los carbonatos de la Formación Cuevas Labradas (Figs. 2, 8) representa la inundación marina prácticamente definitiva de la plataforma que

ocupó Guadalajara. El resto de los materiales del Jurásico de la Cordillera Ibérica se depositaron en diferentes ambientes marinos. El corte tipo de esta formación se ubica en el sector centro-oriental de esta provincia (Figs. 3 y 8). De forma general, en esta unidad se puede distinguir una parte inferior transgresiva y una parte superior de tendencia regresiva (Gómez y Goy, 2005). Los materiales que la constituyen ponen de manifiesto que se depositaron en un ambiente de plataforma somera submareal a supramareal.

La primera llegada de organismos de mar abierto a la plataforma de Guadalajara

La primera unidad de carácter predominantemente margoso corresponde a la Formación Cerro del Pez (Figs. 2, 9), que está constituida por una alternancia de margas y calizas cuyo corte tipo se encuentra en el



Figura 8. Formación Cuevas Labradas en su corte tipo. Puede observarse su estratificación en bancos bien marcados y su disposición en secuencias estratocrecientes y estratodecrescientes. En detalle, la mayor parte de la unidad se organiza en secuencias de somerización con un término inferior de calizas, en ocasiones bioclásticas, depositadas en ambientes submareales, un término intermedio con laminaciones de algas, depositadas en ambientes sub a intermareales, y un término superior con carbonatos depositados en ambientes supramareales, caracterizados por la presencia de láminas rotas, porosidad fenestral, brechas de cantos planos, etc., que en ocasiones presentan estructuras de disolución como tepees, pliegues enterolíticos y moldes de sales.

Cerro del Pez, cerca de la localidad de Turmiel (Fig. 3). Esta unidad representa un importante episodio transgresivo, que dio lugar a la instalación de condiciones marinas relativamente abiertas, favoreciendo la primera llegada notable de organismos nadadores (ammonites) y el registro de comunidades de organismos fósiles con una elevada diversidad.

La plataforma de ostréidos del Jurásico Inferior

Las calizas bioclásticas de la Formación Barahona (Figs. 2, 9) representan un nuevo retorno a condiciones

marinas más someras, en las que se depositaron calizas con un elevado contenido en restos fósiles, entre los que predominan los de bivalvos ostréidos. Estos materiales, organizados en secuencias de somerización, se depositaron en una plataforma somera influenciada con frecuencia por la acción de las tormentas. Los episodios de mayor energía hidrodinámica habrían provocado la rotura de los restos esqueléticos, encontrándose con frecuencia fragmentados. Como consecuencia de la tectónica sinsedimentaria, el techo de esta formación, situado entre el Pliensbachense superior y el Toarciense inferior, es diacrónico a la escala de piso (Goy et al., 1997).



Figura 9. Materiales del Grupo Ablanquejo en el área de Turmiel. En la parte inferior se observan las margas y calizas de la Formación Cerro del Pez. En la parte media, las calizas bioclásticas de la Formación Barahona y en la parte superior, la alternancia de margas y calizas de la Formación Turmiel en su corte tipo.

La extinción masiva y el máximo transgresivo del Jurásico Inferior

Las condiciones marinas más abiertas se dieron durante la sedimentación de los materiales de la Formación Alternancia de margas y calizas de Turmiel (Figs. 2 y 9), cuyo corte tipo se encuentra en el sector nor-oriental de Guadalajara (Fig. 3). La subida del nivel del mar se realizó en varios impulsos, alcanzándose durante el Toarciense medio el máximo transgresivo registrado durante el Jurásico Inferior (Gómez y Goy, 2000, 2005). Como consecuencia, en estos materiales se registra la llegada masiva de organismos marinos nadadores (ammonites, belemnites), así como una gran diversidad de fauna bentónica (bivalvos, braquiópodos, foraminíferos, ostrácodos, etc.).

No obstante, durante el Toarciense Inferior se registra una de las cinco extinciones masivas más importantes de la historia geológica de la Tierra. Según algunos

autores, más del 25% de los géneros de los organismos existentes se extinguieron a nivel global (Sepkoski, 1996). Varios autores han relacionado las causas de esta extinción con la presencia de un evento anóxico oceánico de alcance global (p.e. Wignall *et al.*, 2005), pero la comparación de la edad de las facies ricas en materia orgánica generadas durante este evento pone de manifiesto que son diacrónicas entre sí y diacrónicas respecto a la edad de la extinción masiva. Recientemente se ha podido comprobar la sincronía entre este evento de extinción y una etapa de calentamiento global, con subidas de temperatura del orden de 6-7°C, que habría causado la desaparición de numerosas especies de diferentes grupos fósiles, incapaces de adaptarse a las nuevas condiciones ambientales (Gómez *et al.*, 2008). Este hecho guarda cierto paralelismo con las predicciones realizadas por el Panel de Estudio para el Calentamiento Global, cuyas estimaciones apuntan a la desaparición del 33% de las especies para un ascenso



de la temperatura media del planeta de 2°C. La regresión de la parte superior del Toarciense da lugar a la progradación de las plataformas de carbonatos marginales, representadas por las calizas de la Formación Casinos (Fig. 2).

EL MEJOR REGISTRO MUNDIAL DEL TRÁNSITO JURÁSICO INFERIOR-JURÁSICO MEDIO

En la transición entre el Jurásico Inferior y el Jurásico Medio (Toarciense-Aalenicense), se asiste a un importante impulso en el movimiento de las placas involucradas en la apertura del Atlántico. Como consecuencia, en gran parte del mundo el registro del Aalenicense es con frecuencia muy irregular y discontinuo. Sin embargo, en

la región de Fuentelsaz, situada en el Noreste de Guadalajara (Fig. 3), se ha encontrado un registro continuo y preciso del límite entre el Toarciense y el Aalenicense (Goy *et al.*, 1996 a, b), hasta el punto de haber sido seleccionado como Sección y Punto de Estratotipo Global del Aalenicense (Goy *et al.*, 1994; Cresta *et al.*, 2001). De este modo, la sección de Fuentelsaz representa el registro de comparación para todo el mundo del límite entre ambos pisos (Figs. 10, 11 y 12). Se trata del primer estratotipo global de límite oficialmente reconocido en el territorio nacional, siendo un serio candidato a Geositio de importancia mundial (Goy *et al.*, 1999). Esta sección es también un candidato a Monumento Natural de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha (Goy *et al.*, 2004).

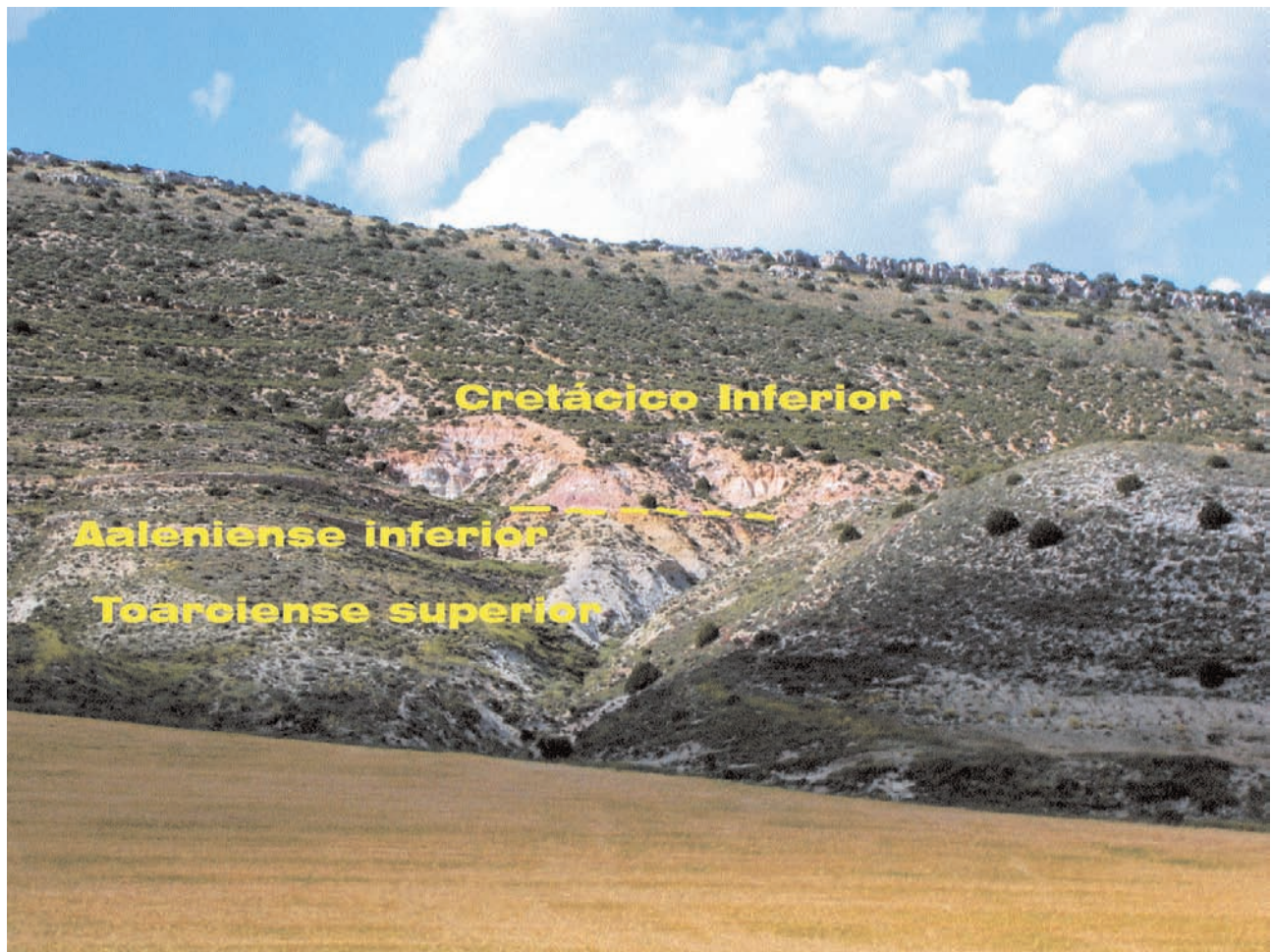


Figura 10. Vista general de la sección de Fuentelsaz. En la zona abarrancada, por debajo de la línea discontinua, se encuentran los materiales margosos y calizos de la Formación Turmiel, dentro de los cuales está el límite entre el Toarciense (Jurásico Inferior) y el Aalenicense (Jurásico Medio). Por encima se disponen, netamente discordantes, los materiales del Cretácico, con unas facies siliciclásticas en la parte inferior. En la parte superior se reconocen las facies carbonatadas del Cretácico Superior.

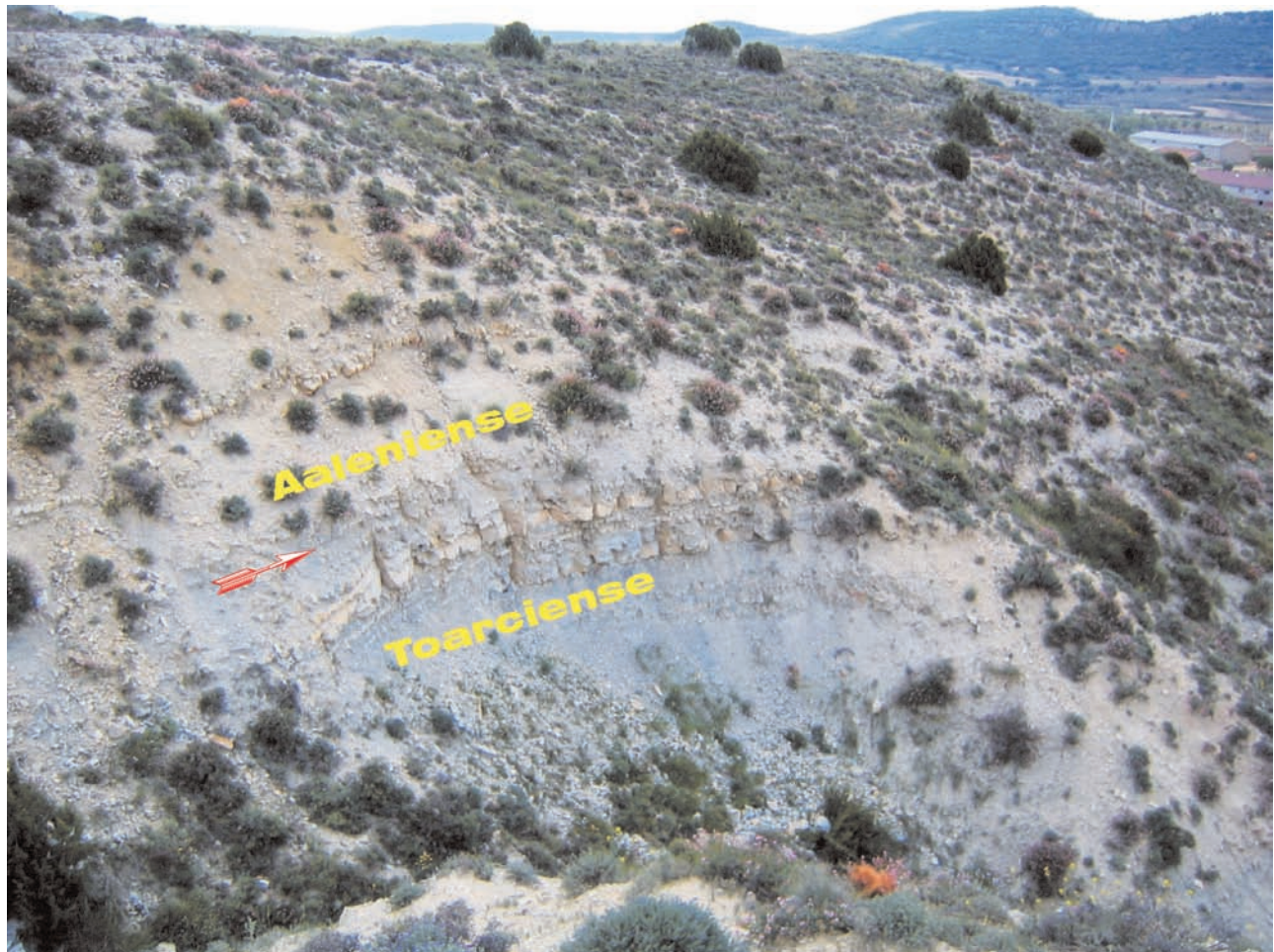


Figura 11. Aspecto del estratotipo global de límite del Aalenense (Jurásico Medio), representado en los materiales de la Formación Alternancia de margas y calizas de Turmiel. El límite, señalado por la flecha, se sitúa en la capa 107.

Durante el Aalenense, en gran parte de Iberia se asiste al movimiento tectónico diferencial bajo un ambiente generalmente extensional, que da lugar a un sistema de elementos elevados y hundidos. Sin embargo, el área de Fuentelsaz representa una cuenca subsidente en la que se produce un excelente registro del tránsito entre el Jurásico Inferior y el Jurásico Medio, en un ambiente de plataforma externa, representado por los materiales de la Formación Turmiel, en la que los fósiles de ammonites son frecuentes a abundantes.

UN MAR DE MICROFILAMENTOS ENTRE DOS GRANDES DISCONTINUIDADES

En el tránsito entre el Aalenense y el Bajociense se registra una importante discontinuidad sedimentaria, de diferente amplitud y desarrollo, pero reconocible en la mayor parte de la Cordillera Ibérica, con frecuencia

ligada a facies con oolitos ferruginosos (Fig. 13a). Por encima de la discontinuidad inferior se encuentran materiales calcáreos del Bajociense inferior. Estos primeros materiales constituyen la Formación El Pedregal, cuyo corte tipo se sitúa en las proximidades de la localidad de El Pedregal, cerca del límite entre las provincias de Guadalajara y Teruel (Fig. 13b). Sobre esta unidad se disponen las calizas de las Formaciones Moscadón y Domeño (Fig. 2). Estas unidades están representadas por una facies muy característica, conocida como "calizas de microfilamentos", llamada así porque en ella predominan los restos de bivalvos nadadores de concha fina, que en sección presentan una morfología característica a modo de filamentos (Fig. 13c). Estos organismos proliferaron en plataformas externas de poca profundidad, de aguas cálidas y generalmente de salinidad normal, que en ocasiones fueron colonizadas por otros organismos nadadores, como algunas especies de ammonites (Gómez y Fernández-López, 2006).

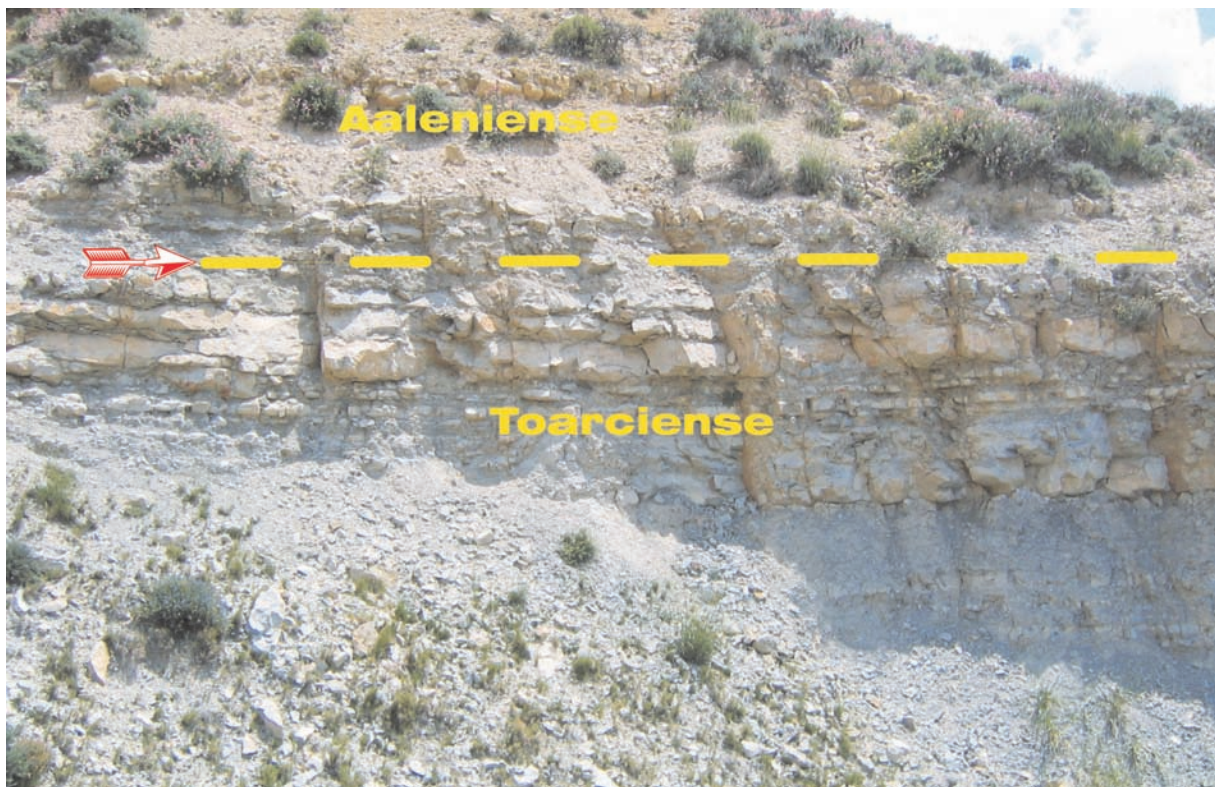


Figura 12. Detalle del límite entre el Toarciense y el Aalenienense en la sección de Fuentelsaz, estratotipo global de límite entre el Toarciense y el Aalenienense. El límite está marcado en la capa 107, por la primera aparición de *Leioceras opalium* (REINECKE) y *Leioceras lineatum* BUCKMAN. Puede observarse que este límite se encuentra dentro de una secuencia de somerización, por lo que es improbable la presencia de lagunas estratigráficas suficientemente importantes.

El desarrollo de estos mares someros se vio interrumpido por un importante cambio en las condiciones ambientales, que dio lugar a la sedimentación de niveles con ooides ferruginosos de génesis compleja (Calizas con oolitos ferruginosos de Arroyofrío, Fig. 2), niveles de retrabajamiento de sedimentos y removilización de fósiles, y de una laguna estratigráfica que afecta, al menos, a parte del Calloviense superior y del Oxfordiense inferior.

UN MAR DE ESPONJAS

Una vez superada esta crisis, se volvieron a instalar condiciones de plataforma marina, como resultado de una importante subida del nivel del mar que inundó parte de los bordes del Macizo Ibérico que hasta el Oxfordiense representaban ambientes someros, con frecuencia afectados por el oleaje y las mareas. En estas plataformas los organismos dominantes son las esponjas (facies espongiolíticas), que tienden a formar bio-

construcciones de tipo arrecifal (biohermos). Aunque rara vez llegan a construir edificios arrecifales de importancia, el volumen generado por su destrucción cubre prácticamente todo el sistema de plataformas ibéricas que se extiende por el Sur hasta los límites con las Cordilleras Béticas. Por el Norte, sin embargo, el levantamiento y erosión del Macizo Ibérico y del Macizo del Ebro da lugar a la presencia de facies terrígenas.

EL FENÓMENO QUE CAMBIÓ LA CONFIGURACIÓN DE LOS MARES DEL JURÁSICO SUPERIOR

Durante el Oxfordiense se produjo un cambio importante en el escenario en el que se habían estado desarrollando estas plataformas. La tectónica extensional a la que estaban sometidas las placas registró una gran aceleración durante el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior, pasándose a una etapa de «rifting» caracterizada por la subsidencia diferencial muy acentuada

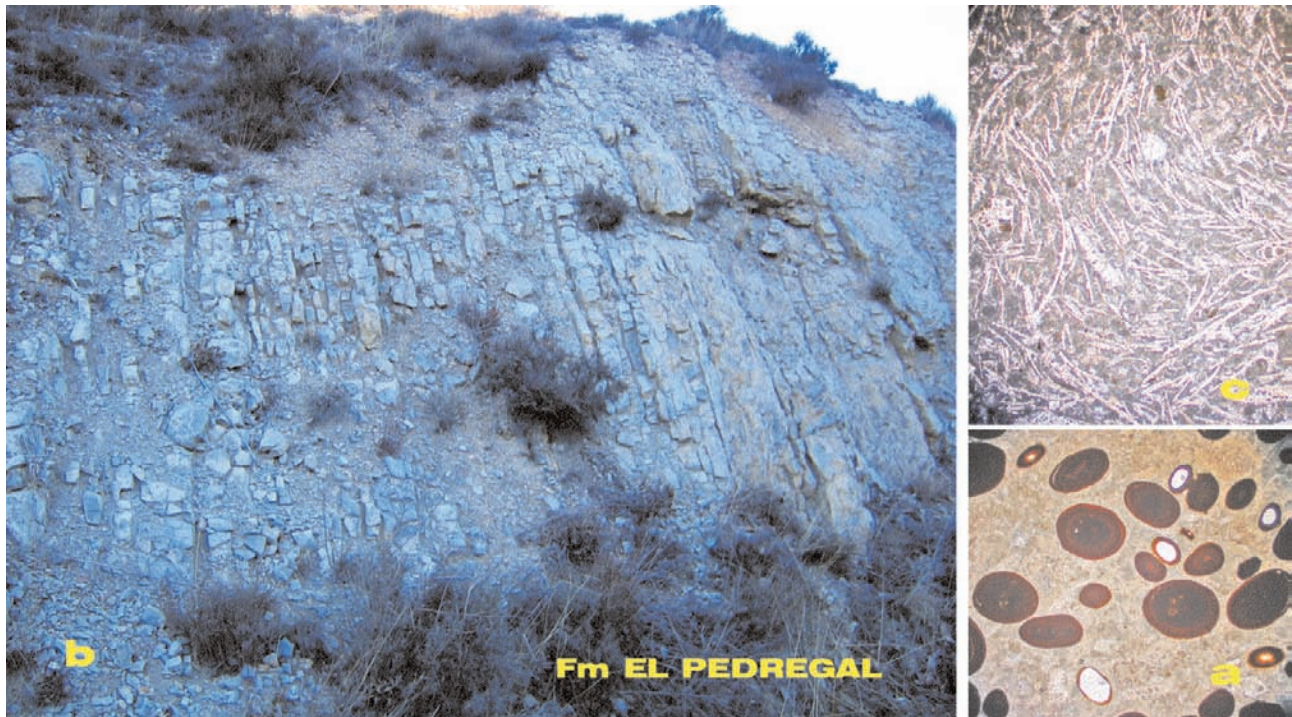


Figura 13. (a) Fotomicrografía de las facies de oolitos ferruginosos que se encuentran en las discontinuidades estratigráficas en el tránsito entre el Jurásico Inferior y el Jurásico Medio y entre el Jurásico Medio y el Jurásico Superior. (b) Detalle de los materiales de la Formación El Pedregal en su corte tipo, situado en la carretera N-211 dentro del término municipal de El Pedregal, en las proximidades al límite provincial entre Guadalajara y Teruel. (c) Fotomicrografía de caliza con «microfilamentos».

entre los diferentes bloques, algunos de los cuales alcanzaron valores notables de hundimiento y, por tanto, de acumulación de sedimentos.

Como consecuencia de esta dinámica, en la Cordillera Ibérica se distinguen 3 formaciones: la Formación Sot de Chera, la Formación Loriguilla y la Formación Higuieruelas. La Formación Sot de Chera está constituida por margas, que en las partes más próximas al Macizo Ibérico (margen Oeste de la cordillera) contienen intercalaciones de areniscas, y que representan facies distales de abanicos deltaicos procedentes de la erosión del Macizo Ibérico, emergido al Oeste de Guadalajara.

La Formación Loriguilla está representada por una ritmita de calizas y margocalizas micríticas con muy escasos restos fósiles, pero cuyo espesor puede superar los 100 metros. Por el contrario, la Formación Higuieruelas está constituida por calizas con abundantes restos fósiles, entre los que pueden predominar las estructuras de algas (oncolitos), que representan el retorno a condiciones de plataforma marina abierta, bien oxigenada y con salinidad normal, en la que prosperaron numerosas formas de vida.

La sedimentación continúa durante el Jurásico Superior y Cretácico Inferior en un ambiente estructural de tipo «rifting» dominado por un sistema de fallas normales que provocan la generación de «horsts» y «grabens» que condicionan la división en subcuencas en gran parte del área estudiada y de sectores circundantes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos CGL2005-01765/BTE y CGL2005-04574/BTE del Ministerio de Educación y Ciencia.

REFERENCIAS

Bailey, T.R., Rosenthal, Y., McArthur, J.M., van de Schootbrugge, B. y Thirlwall, M.F., (2003): Paleoceanographic changes of the Late Pliensbachian-Early Toarcian interval: a possible link to the genesis of an Oceanic Anoxic Event. *Earth and Planetary Science Letters*, 212, 307-320.



- Bjerrum, C.J., Surlyk, F., Callomon, J.H. y Slingerland, R.L., (2001): Numerical Paleooceanographic Study of the Early Jurassic Transcontinental Laurasian Seaway. *Paleoceanography*, 16, 390-404.
- Chandler, M.A., Rind, D. y Ruedy, R., (1992): Pangaeen climate during the Early Jurassic: GCM simulations and the sedimentary record of paleoclimate. *Geological Society of American Bulletin*, 104, 543-559.
- Cresta, S., Goy, A., Ureta, S., Arias, C., Barrón, E., Bernad, J., Canales, M.L., García Joral, F., García Romero, E., Gialanella, P.R., Gómez, J.J., González, J.A., Herrero, C., Martínez, G., Osete, M.L., Perilli, N. y Villalaín, J.J., (2001): The Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Toarcian-Aalenian Boundary (Lower-Middle Jurassic). *Episodes*, 24.3, 166-175.
- Golonka, J., (2006): Late Triassic and Early Jurassic palaeogeography of the World. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 244, 297-307.
- Gómez, J.J., Comas-Rengifo, M.J. y Goy, A., (2003): Las unidades litoestratigráficas del Jurásico Inferior de las cordilleras Ibérica y Costeras Catalanas. *Revista de la Sociedad Geológica Española*, 16.3-4, 227-237.
- Gómez, J.J. y Fernández-López, S.R., (2004a): Las unidades litoestratigráficas del Jurásico Medio de la Cordillera Ibérica. *Geogaceta*, 35, 91-94.
- Gómez, J.J. y Fernández-López, S.R., (2004b): Jurásico Medio. En: *Geología de España* (Vera, J.A., ed.). *Sociedad Geológica de España-Instituto Geológico y Minero de España*, Madrid, 500-503.
- Gómez, J.J. y Fernández-López, S.R., (2006): The Iberian Middle Jurassic Carbonate-platform system: Synthesis of the palaeogeographic elements of its eastern margin (Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 236, 190-205.
- Gómez, J.J. y Goy, A., (1979): Las unidades litoestratigráficas del Jurásico medio y superior en facies carbonatadas del Sector Levantino de la Cordillera Ibérica. *Estudios Geológicos*, 35, 17-57.
- Gómez, J.J. y Goy, A., (1998): Las unidades litoestratigráficas del tránsito Triásico-Jurásico en la región de Lécerca (Zaragoza). *Geogaceta*, 23, 63-66.
- Gómez, J.J. y Goy, A., (2000): Definition and Organization of Limestone-Marls Cycles in the Toarcian of the Northern and East-Central part of the Iberian Subplate (Spain). *GeoResearch Forum*, 6, 301-310.
- Gómez, J.J. y Goy, A., (2004): Jurásico Inferior. En: *Geología de España* (Vera, J.A., ed.). *Sociedad Geológica de España-Instituto Geológico y Minero de España*, Madrid, 495-500.
- Gómez, J.J. y Goy, A., (2005): Late Triassic and Early Jurassic palaeogeographic evolution and depositional cycles of the Western Tethys Iberian platform system (Eastern Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 222, 77-94.
- Gómez, J.J., Goy, A. y Barrón, E., (2007): Events around the Triassic-Jurassic boundary in northern and eastern Spain: A review. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 244, 89-110.
- Gómez, J.J., Goy, A. y Canales, M.L., (2008): Seawater temperature and carbon isotope variations in belemnites linked to mass extinction during the Toarcian (Early Jurassic) in Central and Northern Spain. Comparison with other European sections. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 258, 28-58.
- Goy, A., Comas-Rengifo, M.J., Arias, C.F., García Joral, F., Gómez, J.J., Herrero, C., Martínez, G. y Rodrigo, A., (1997): El tránsito Pliensbachiense/Toarciense en el Sector Central de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica (España). *Cahiers de l'Université Catholique de Lyon*, 10, 159-179.
- Goy, A., Gómez, J.J. y Yébenes, A., (1976): El Jurásico de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (Mitad Norte). Unidades litoestratigráficas. *Estudios Geológicos*, 32, 391-423.
- Goy, A., Ureta, S., Arias, C., Canales, M.L., García-Joral, F., Herrero, C., Martínez, G. y Perilli, N., (1994): The Fuentelsaz section (Iberian Range, Spain), a possible Stratotype for the base of the Aalenian Stage. *Miscellanea del Servizio Geologico Nazionale*, 5, 1-31.
- Goy, A., Ureta, S., Arias, C., Bernad, J., Barrón, E., Canales, M.L., García-Joral, F., Gialanella, P.R., Gómez, J.J., Herrero, C., Martínez, G., Osete, M.L., Perilli, N. y Villalaín, J.J., (1996a): The Toarcian/Aalenian transition in Fuentelsaz Section. En: *1st. Toarcian and 4th Aalenian Working Groups Meeting. International Subcommission on Jurassic Stratigraphy. Field Trip Iberian Range Guide Book*. *Sociedad Geológica de España*, Madrid, 51-77.
- Goy, A., Ureta, S., Arias, C., Canales, M.L., García Joral, F., Herrero, C., Martínez, G. y Perilli, N., (1996b): Die Toarcium/Aalenium-Grenze im Profil Fuentelsaz (Iberische Ketten, Spanien). The Toarcian/Aalenian boundary at Fuentelsaz section (Iberian Range, Spain). *Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Informationen*, 8, 43-52.
- Goy, A., Ureta, S., Arias, C., Bernad, J., Barrón, E., Canales, M.L., García-Joral, F., Gialanella, P.R., Gómez, J.J., Herrero, C., Martínez, G., Osete, M.L., Perilli, N. y Villalaín, J.J., (1999): The Fuentelsaz Section (Gua-



- dalajara, Iberian Range, Spain): a possible Global Geosite. En: *Towards the Balanced Management of the Geological Heritage in the New Millennium* (Baretino, D., Vallejo, M. y Gallego, E., eds.). Sociedad Geológica de España, Madrid, 228-233.
- Goy, A., Ureta, S., García-Joral, F., Gómez, J.J., Herrero, C. y Martínez, G., (2004): Conservation management of the Aalenian Stage GSSP in Fuentelsaz (Castilla-La Mancha, Spain). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 110.1, 393-397.
- Hallam, A., (1975): *Jurassic Environments*. Cambridge University Press, Cambridge, 269 p.
- Hallam, A., (1993): Jurassic climates as inferred from the sedimentary and fossil record. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 341, 287-296.
- Ogg, J.G., (2004): The Jurassic Period. En: *A Geologic Time Scale 2004* (Gradstein, F.M., Ogg, J.G. y Smith, A., eds.). Cambridge University Press. Cambridge, 307-343.
- Osete, M.L., Villalaín, J.J., Osete, C. y Gialanella P., (2000): Evolución de Iberia durante el Jurásico a partir de datos paleomagnéticos. *Geotemas*, 1.1, 117-119.
- Sellwood, B.W. y Valdes, P.J., (2006): Mesozoic climates: General circulation models and rock record. *Sedimentary Geology*, 190, 269-287.
- Sepkoski Jr., J.J., (1996): Patterns of Phanerozoic Extinction: a Perspective from Global Data Bases. En: *Global Events and Event Stratigraphy in the Phanerozoic* (Walliser, O.H., ed.). Springer-Verlag, Amsterdam, 35-51.
- Wignall, P.B., Newton, R.J. y Little, C.T.S., (2005): The timing of paleoenvironmental change and cause-and-effect relationships during the early Jurassic mass extinction in Europe. *American Journal of Science*, 305, 1014-1032.

