

Significado de las discordancias de finales del Jurásico registradas en el sector central de la Subcuenca de Galve (Aguilar del Alfambra, Teruel)

Meaning of the latest Jurassic angular unconformities recorded in the central Galve Subbasin (Aguilar del Alfambra, NE Spain)

Marcos Aurell, Jorge Val, Beatriz Bádenas y Carlos L. Liesa

Departamento Ciencias de la Tierra, Instituto de Investigación en Ciencias Ambientales (IUCA), Universidad de Zaragoza, C/ Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza, España.
maurell@unizar.es, jorgevalmunoz@gmail.com, bbadenas@unizar.es, carluis@unizar.es

ABSTRACT

This work presents the study of an outcrop in the Galve Subbasin where two angular unconformities (D1 and D2) within the Upper Jurassic have been recognized. They are in relation to the activity of synsedimentary normal faults. The D1 angular unconformity, with a very local development, is located at the upper part of the Villar del Arzobispo Formation, and it did not represent a significant sedimentary change within the unit. The D2 angular unconformity, of greater extension, represents the sedimentary contact of this unit with the recently defined Aguilar del Alfambra Formation (mid-Tithonian to mid-Berriasian in age age). It supposed an important change in the sedimentary evolution on a regional scale. The spatial development of the angular unconformities has been related with the imprint of the extensional tectonics on the local and regional sedimentary evolution of the subbasin. The D2 unconformity and the important sedimentary change associated with it support the separation of both units within the originally defined Villar del Arzobispo Formation.

Key-words: synrift sequence, Upper Jurassic, normal fault, angular unconformity, sedimentary evolution, Galve Subbasin.

Geogaceta, 65 (2019), 15-18
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Introducción

La Cuenca del Maestrazgo se desarrolló al este de Iberia durante el rift del Jurásico Superior—Cretácico Inferior. Su relleno sedimentario se divide en dos grandes unidades o secuencias *synrift*, limitadas por una discordancia erosiva desarrollada al final del Berriasiense (Mas *et al.*, 2004; Liesa *et al.*, 2019). La secuencia *synrift* inferior, de edad Kimmeridgiense-Berriasiense, tiene un registro particular en los diferentes dominios sedimentarios o subcuencas en los que se divide la Cuenca del Maestrazgo, entre las que se incluye la Subcuenca de Galve (Fig. 1A

y B). En esta subcuenca se han reconocido recientemente tres unidades con marcadas diferencias litológicas (Aurell *et al.*, 2016): las formaciones Villar del Arzobispo, Aguilar del Alfambra y Galve. Estas formaciones presentan importantes variaciones de espesor (Fig. 1C) y, en determinados afloramientos, están limitadas por discordancias erosivas de bajo ángulo (García-Penas y Aurell, 2017). Las dos primeras formaciones surgen de la división de la Formación Villar del Arzobispo definida inicialmente por Mas *et al.* (1984). Hay que notar que esta nueva propuesta de división litoestratigráfica ha sido cuestionada en trabajos

recientes (Campos-Soto *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2018).

El objeto del presente estudio es aportar nuevos datos acerca de la evolución tectosedimentaria de la Subcuenca de Galve al final del Jurásico, a partir de la caracterización de una serie de discordancias erosivas de bajo ángulo existentes en torno al límite entre las formaciones Villar del Arzobispo y Aguilar del Alfambra y su relación con la actividad de fallas normales sinsedimentarias.

Se ha estudiado un afloramiento continuo expuesto al oeste de la localidad de Aguilar del Alfambra (Teruel), en la parte central de la Sub-

RESUMEN

Este trabajo presenta el estudio de un afloramiento en la Subcuenca de Galve donde se han reconocido dos discordancias angulares (D1 y D2) en el Jurásico Superior, en relación con la actividad de fallas normales sinsedimentarias. D1, de desarrollo local, se encuentra en la parte alta de la Formación Villar del Arzobispo y no tuvo asociado un cambio sedimentario significativo en la unidad. D2, de mayor extensión, representa el contacto de esta unidad con la Formación Aguilar del Alfambra suprayacente (parte media del Titiense a Berriasiense medio) y supuso un importante cambio en la evolución sedimentaria a escala regional. El desarrollo espacial de las discordancias ha sido relacionado con la impronta que la tectónica extensional tuvo en la evolución sedimentaria local y regional de la subcuenca. La discordancia D2 y el importante cambio sedimentario asociado apoyan la separación de ambas unidades dentro de la Formación Villar del Arzobispo originalmente definida.

Palabras clave: secuencia sinrift, Jurásico Superior, falla normal, discordancia angular, evolución sedimentaria, Subcuenca de Galve.

Recepción: 19 de junio de 2018
Revisión: 23 de octubre de 2018
Aceptación: 23 de noviembre de 2018

cuenca de Galve (Fig. 1B y C), a partir de observaciones sobre el terreno y del análisis de imágenes aéreas tomadas con dron y de ortoimágenes. El área de estudio se sitúa en el flanco sur subvertical del anticlinal ENE-OSO de Aguilar del Alfambra (Liesa, 2011). Dicha disposición facilita que la imagen en cartografía permita observar la geometría original en corte de las capas, discordancias y fallas normales sin sedimentarias (Fig. 2).

Estratigrafía

La Formación Villar del Arzobispo tiene 155 m de espesor en el corte del cañón del río Alfambra, y en ella se diferencian cuatro secuencias (S1 a S4) de espesor variable (de 25 a 60 m; Figs. 2 y 3). Cada una de ellas está formada por un intervalo inferior dominado por calizas marinas someras (peloidales, bioclásticas y localmente oolíticas) y un intervalo superior lutítico con intercalaciones de areniscas con frecuentes estratificaciones cruzadas, que se han relacionado con la instalación de sistemas deltaicos dominados por el oleaje (Val *et al.*, 2019). En la Subcuenca de Galve, los niveles carbonatados de la secuencia S1 contienen *Alveosepta jaccardi*, por lo que la parte inferior de esta formación pertenece todavía al Kimmeridgiense (Val *et al.*, 2019).

La Formación Aguilar del Alfambra, en su localidad tipo, tiene 240 m de espesor. La unidad incluye una gran variedad de facies siliciclásticas, carbonatadas y mixtas, depositadas en una llanura de mareas abierta dominada por el oleaje (Bádenas *et al.*, 2018). Su depósito tuvo lugar desde la parte media del Titiense hasta la parte inicial del Berriasiense

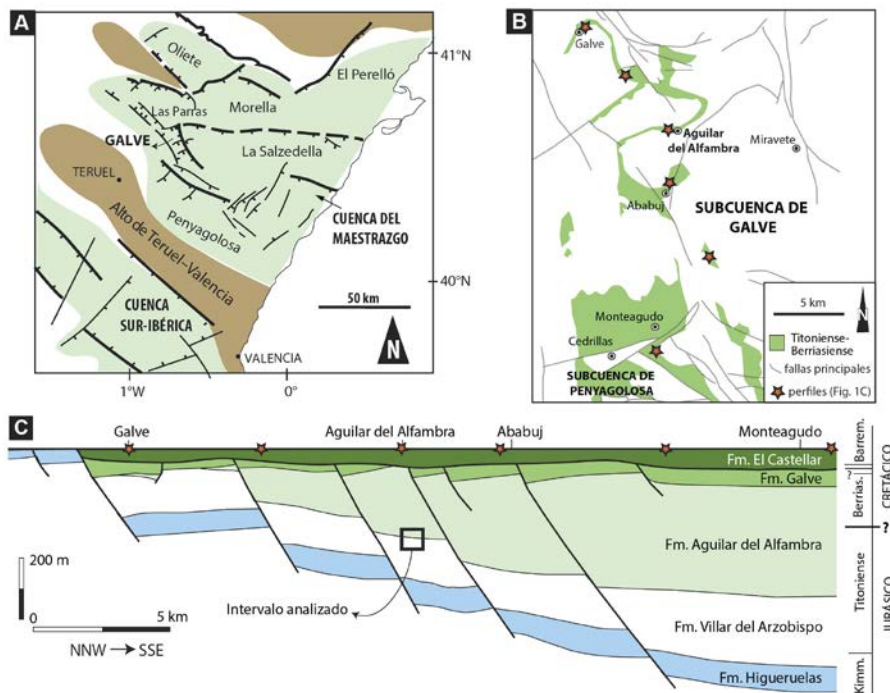


Fig. 1.- A) Paleogeografía del noreste de Iberia en torno al tránsito Jurásico-Cretácico. **B)** Distribución de los afloramientos del tránsito Jurásico-Cretácico en la Subcuenca de Galve y extremo norte de la Subcuenca de Penyagolosa. **C)** Distribución de las unidades del Kimmeridgiense superior-Barremiense inferior y las principales fallas en la Subcuenca de Galve (realizado a partir de Aurell *et al.*, 2016 y Liesa *et al.*, 2019). Ver figura en color en la web.

*Fig. 1.- A) Paleogeography of the NE of Iberia during the Jurassic-Cretaceous transition. B) Distribution of the outcrops of the Jurassic-Cretaceous transition in the Galve Subbasin and the northernmost part of the Penyagolosa Subbasin. C) Cross-section reconstruction showing the distribution of the upper Kimmeridgian-lower Barremian and major faults in the Galve Subbasin (made from Aurell *et al.*, 2016 and Liesa *et al.*, 2019). See color figure in the web.*

(Fig. 1C), si bien la posición del límite Jurásico-Cretácico es imprecisa (Aurell *et al.*, 2016).

En Aguilar del Alfambra, la Formación Galve está ausente, de modo que la Formación El Castellar (de edad Hauteriviense terminal-Barremiense basal) se apoya directamente sobre la Formación Aguilar del Alfambra (Figs. 1C y 2).

Relaciones tectónica-sedimentación

En torno al límite entre las formaciones Villar del Arzobispo y Aguilar del Alfambra se han cartografiado dos discordancias (D1 y D2), cuya génesis se relaciona con la actividad de dos fa-



Fig. 2.- Ortoimagen y cartografía del afloramiento localizado al oeste de Aguilar del Alfambra. En la Formación Villar del Arzobispo se han diferenciado seis tramos cartográficos (1–6) y las secuencias S1 a S4. Se muestran asimismo las discordancias D1 y D2 y las fallas normales 1 y 2. Ver figura en color en la web.

Fig. 2.- Ortoimage and geological map of the outcrop located westward of Aguilar de Alfambra locality. Six cartographical units (1–6) and four sequences (S1 to S4) have been distinguished in the Villar del Arzobispo Fm. The D1 and D2 angular unconformities and the normal faults 1 and 2 are also shown. See color figure in the web.

llas normales (fallas 1 y 2). En el esquema cartográfico de la figura 2 se han diferenciado los límites de seis tramos cartográficos sucesivos (1–6), incluidos dentro de las cuatro secuencias (S1–S4) diferenciadas en la Formación Villar del Arzobispo.

Hacia el oeste, se reconoce una falla normal (falla 1, Fig. 2), que en origen tenía una dirección NNW-SSE y moderado buzamiento (40°) al oeste. En el bloque oeste (hundido) de esta falla, la Formación Villar del Arzobispo registra de forma continua las secuencias S1 a S4 (tramos 1–6; corte del río Alfambra). En contraste, en el bloque este (entre las fallas 1 y 2) se ha reconocido una discordancia erosiva local (D1), que hace que la secuencia S4 (tramo 6) se apoye directamente sobre las calizas de la parte inferior de la secuencia S3 (tramo 4). La falla tiene asociados pliegues de arrastre en ambos bloques y también desplaza con salto normal la unidad 6 y, quizás, la discordancia basal de la Formación Aguilar del Alfambra (D2).

Al este, la discordancia D2 fosiliza otra falla normal (falla 2) de dirección original similar a la anterior pero con buzamiento hacia el oeste más suave (10–35° según los tramos) (Figs. 2 y 3). La actividad sinsedimentaria previa de esta falla normal hace que la Formación Aguilar del Alfambra se apoye bien sobre la secuencia S3 (tramo 5) o sobre la secuencia S4 (tramo 6) de la Formación Villar del Arzobispo, en función de si se encuentra sobre su bloque levantado (al este) o hundido (al oeste). A diferencia del resto de tramos, donde aún se conserva un salto normal, el tramo 1 muestra, sin embargo, un salto inverso para la falla (Fig. 2).

Evolución tectosedimentaria

A partir de los datos obtenidos, se ha reconstruido la evolución tectosedimentaria para el final del Jurásico en el sector de Aguilar del Alfambra que incluye dos estadios (Fig. 4).

Primero, tras el depósito de la secuencia S3 (tramo 5) de la Formación Villar del Arzobispo, actuó la falla normal 1. En su bloque este levantado se produjo la erosión de la unidad 5 en sus proximidades, excepto en la zona más próxima a la falla donde el pliegue de arrastre permitió su conservación parcial. Este proceso determinó el desarrollo de la superficie de discordancia local D1.

Posteriormente, tras el depósito de la Formación Villar del Arzobispo (tramo 6, S4) se genera una falla normal (falla 2), de menor buzamiento, en el bloque inferior de la primera. La actividad de esta falla determina la conservación de la secuencia S4 en su bloque hun-



Fig. 3.- Imagen aérea (tomada con dron) del afloramiento estudiado (con capas subverticales), donde se muestran las discordancias D1 y D2, la falla 2 y la distribución de las secuencias S1 a S4 diferenciadas dentro de la Formación Villar del Arzobispo. Ver figura en color en la web.

Fig. 3.- Aerial image (taken with a drone) of the studied outcrop (beds are subvertical), showing the D1 and D2 angular unconformities, the fault 2, and the distribution of the S1 to S4 sequences distinguished within the Villar del Arzobispo Fm. See color figure in the web.

dido bajo la discordancia D2, de mayor desarrollo, que se localiza en el límite entre las formaciones Villar del Arzobispo y Aguilar del Alfambra y fosiliza fallas menores activas en etapas anteriores.

El afloramiento también permite ver la impronta de la compresión alpina, que además del plegamiento y verticalización de las capas (Fig. 3), produjo una ligera reactivación con movimiento inverso de la falla 1 (Fig. 2).

Discusión

Los datos aportados permiten conocer de forma más precisa los estadios más tempranos del proceso de *rift* que originó la Subcuenca de Galve a finales del Jurásico. En particular, es interesante notar que la actividad de fallas normales se dio en etapas sucesivas, con la formación de discordancias erosivas con distinto desarrollo. Unas veces son muy locales (D1), ya que están asociadas a los efectos que produce el movimiento de fallas individuales en el relieve de su entorno. En este caso, los sedimentos infra- y supra-discordancia suelen ser muy parecidos, de modo que no se producen apenas cambios en la evolución sedimentaria general. Otras veces, las discordancias tienen un mayor desarrollo espacial (D2), fosilizan un mayor número de fallas, y marcan un cambio importante en el medio sedimentario, que se traducen en diferencias litológicas significativas.

La evolución tectosedimentaria de las cuencas del este de Iberia en torno al tránsito Jurásico-Cretácico es compleja. Debido a la actividad irregular y discontinua en el tiempo de las fallas normales, el momento de formación de estas cuencas no fue sincrónica (Mas *et al.*, 2004). En el depocentro de la cuenca del Maestrazgo, la individualización de la Subcuenca de La Salzedella tuvo lugar en el inicio del Kimmeridgiense, mientras que la individualización de la Subcuenca de Galve empezó al final del Kimmeridgiense, tras el depósito de la Formación Higuieruelas. En esta etapa debió también iniciarse el levantamiento del Alto de Teruel-Valencia y, con ello, la separación del otro gran dominio sedimentario del este de Iberia, la Cuenca Sur-Ibérica (Liesa *et al.*, 2018). La actividad tectónica hacia la parte media del Titoniense que dio lugar a las discordancias caracterizadas en este trabajo, parece tener una extensión más local, ya que ha sido citada tan solo en el entorno de la Subcuenca de Galve (Aurell *et al.*, 2016; García-Penas y Aurell, 2017; Liesa *et al.*, 2019). Esta etapa de reactivación tectónica implicó ciertos cambios en la configuración de la cuenca, que propiciaron el tránsito de un sistema de sedimentación con instalación episódica de deltas dominados por el oleaje (Formación Villar del Arzobispo; Val *et al.*, 2019) a otro con se-

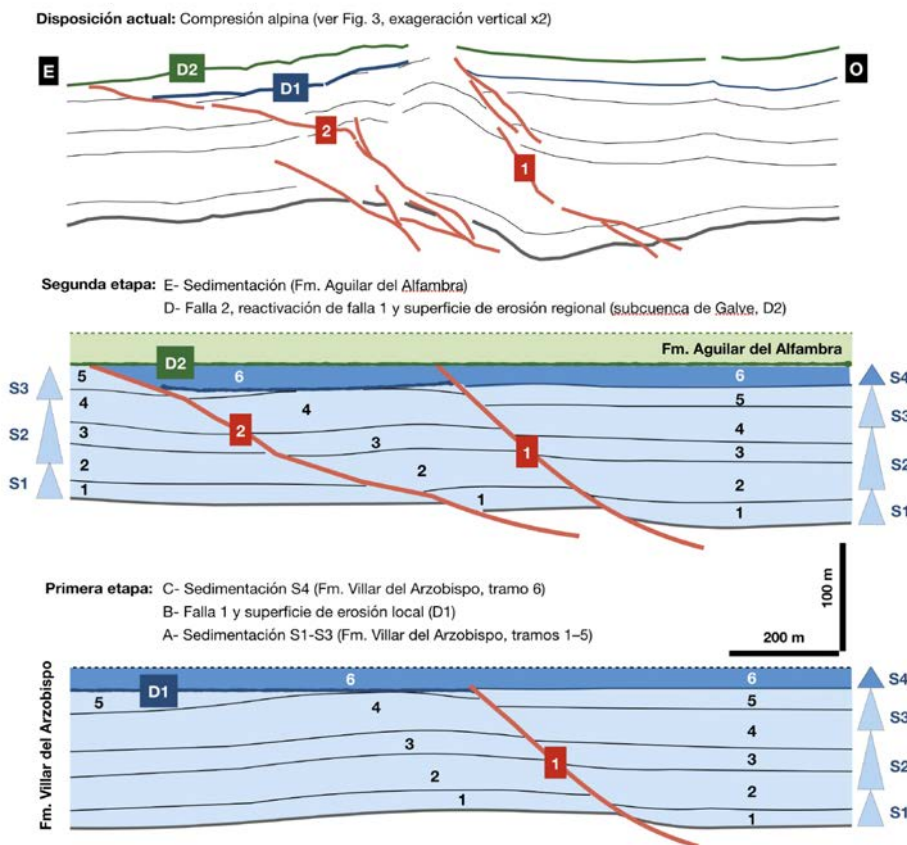


Fig. 4.- Interpretación de la evolución tectosedimentaria durante el depósito de la Formación Villar del Arzobispo y en el inicio del depósito de la Formación Aguilar del Alfambra. Ver figura en color en la web.

Fig. 4.- Interpretation of the tectono sedimentary evolution during the deposition of the Villar del Arzobispo Fm. and the beginning of the Aguilar del Alfambra Fm. See color figure in the web.

dimentación mixta en llanuras de marea con dominio del oleaje (Formación Aguilar del Alfambra; Bádenas *et al.*, 2018).

La Formación Villar del Arzobispo fue definida por Mas *et al.* (1984) en la Cuenca Sur-Ibérica, y su uso se extendió al oeste de la Cuenca del Maestrazgo a partir de los trabajos de cartografía y de síntesis geológica regional (Hernández, 1985; Aurell *et al.*, 1994; Mas *et al.*, 2004). De este modo, a la Formación Villar del Arzobispo se le ha conferido un uso muy genérico, ya que englobaría a todo conjunto de facies depositadas en ambientes transicionales en torno al tránsito Jurásico-Cretácico, tanto en la Cuenca Sur-Ibérica como en la del Maestrazgo. Trabajos más recientes han propuesto divisiones dentro de Formación Villar del Arzobispo, con objeto de disponer de una herramienta más precisa a la hora de describir la estratigrafía de uno u otro dominio sedimentario. Por ejemplo, al norte y al sur de la Cuenca Sur-Ibérica existen marcadas diferencias litológicas dentro de la Formación Villar del Arzobispo, que han llevado a utilizar los términos informales de facies Riodeva y facies Baldozar (Santisteban y Santos-Cubedo, 2010). Por otro lado, la separación de las formaciones Villar del

Arzobispo y Aguilar del Alfambra en la Subcuenca de Galve y norte de la Subcuenca de Penyagolosa (Aurell *et al.*, 2016) permite abordar con más rigor los estudios de reconstrucción paleoambiental de este intervalo estratigráfico, de particular interés por su riqueza en restos de dinosaurios.

Conclusiones

La génesis de las discordancias observadas entre las formaciones Villar del Arzobispo y Aguilar del Alfambra ha sido relacionada con la actividad de fallas normales. El desarrollo de estas discordancias, especialmente la que limita ambas formaciones (D2), tiene asociada asimismo un cambio brusco en el medio de sedimentación. Dicho cambio sedimentario y la propia discordancia se traducen en marcadas diferencias litológicas entre las formaciones Villar del Arzobispo y Aguilar del Alfambra.

Las observaciones realizadas refuerzan los argumentos utilizados por Aurell *et al.* (2016) para individualizar las ambas formaciones Villar del Arzobispo y Aguilar del Alfambra en la Subcuenca de Galve y norte de la Subcuenca de Penyagolosa.

Agradecimientos

Este trabajo es una contribución al proyecto MINECO CGL2017-85038-P y los grupos del IUCA-Unizar *Aragosaurus: recursos naturales y paleoambientes* y *Geotransfer* subvencionados por el Gobierno de Aragón- Fondos Feder. Agradecemos las indicaciones realizadas por los dos revisores, M.N. Meléndez y T. Bover-Arnal.

Referencias

- Aurell, M., Mas, R., Meléndez, A. y Salas, R. (1994). *Cuadernos de Geología Ibérica* 18, 369–396.
- Aurell, M., Bádenas, B., Gasca, J.M., Canudo, J.I., Liesa, C.L., Soria, A.R., Moreno-Azanza, M. y Najas, L. (2016). *Cretaceous Research* 65, 138–162.
- Bádenas, B., Aurell, M. y Gasca, J.M. (2018). *Sedimentology* 65, 1631–1666.
- Campos-Soto, S., Cobos, A., Caus, E., Benito, M.I., Fernández-Labrador, L., Suárez-González, P., Quijada, E.I., Mas, R., Royo-Torres, R. y Alcalá, L. (2017). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 485, 154–177.
- García-Penas, A. y Aurell, M. (2017). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 30, 79–90.
- Hernández, A. (coord.) (1985). *Mapa Geológico de España, 1:200.000, Hoja 47 (Teruel) y memoria*. IGME, Madrid, 192 p.
- Liesa, C.L. (2011). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 24, 49–68.
- Liesa, C.L., Soria, A.R., Casas, A., Aurell, M., Meléndez, N., Bádenas, B., Fregenal-Martínez, M., Navarrete, R., Peropadre, C. y Rodríguez-López, J.P. (2019). En: *Geology of Iberia: a Geodynamic Approach* (C. Quesada y J.T. Oliveira, Eds). Springer, Berlin, Germany.
- Mas, R., Alonso, A. y Meléndez, N. (1984). *Publicaciones de Geología*, 175–188.
- Mas, R., García, A., Salas, R., Meléndez, A., Alonso, A., Aurell, M., Bádenas, B., Benito, M.I., Carenas, J.F., García-Hidalgo, J., Gil, J. y Segura, M. (2004). En: *Geología de España* (J.A. Vera, Ed.). SGE- IGME, Madrid, 503–510.
- Santisteban, C. y Santos-Cubedo, A. (2010). En: *V Congreso del Jurásico de España* (MUJA, Colunga), comunicaciones, 142–148.
- Santos, A.A., Villanueva-Amadoz, U., Royo-Torres, R., Sender, L.M., Cobos, A., Alcalá, L. y Díez, J.B. (2018). *Cretaceous Research* 90, 318–334.
- Val, J., Aurell, M., Bádenas, B., Castanera, D y Subías, S. (2019). *Journal of Iberian Geology* 45, 195–222.