

La transición Jurásico-Cretácico en el entorno de Camarillas y Aguilar del Alfambra (Teruel).



Trabajo Fin de Grado (TFG)

Grado en Geología. Curso 2014-2015

Alumna: Laura Najes Pérez

Director: José Ignacio Canudo Sanagustín

ÍNDICE

Abstract.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Planteamiento y objetivos.....	3
1.2. Antecedentes	3
1.3. Metodología	4
2. CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO	5
3. ESTRATIGRAFÍA	7
3.1. Cartografía e introducción a la estratigrafía.....	7
3.2. Columnas estratigráficas y descripción de las unidades.....	8
3.2.1.Columna Barranco Cementerio (Aguilar del Alfambra).....	8
3.2.2. Columna Ermita (Ababuj).....	13
4. SISTEMÁTICA PALEONTOLOGICA	15
4.1. Restos óseos.....	15
4.2. Icnofósiles.....	19
4.3. Paleobotánica.....	20
5. DISCUSIÓN	22
6. CONCLUSIONES	24
7. AGRADECIMIENTOS	24
8. REFERENCIAS	24
ANEXO I.....	27

Abstract

This work is based in a geological study of a sector of Iberian Chain, which is situated between Ababuj and Aguilar del Alfambra villages (Teruel). The main objective is the characterization of Upper Jurassic-Lower Cretaceous transition in this area of Galve Sub-basin. It has carried out the geological mapping and two stratigraphic columns in different parts of the study area. The Villar del Arzobispo and the El Castellar Formations traditionally represent the Upper Jurassic-Lower Cretaceous transition in this area. The stratigraphic columns made shown the existence of three distinct geological units: Villar del Arzobispo Formation (bioclastic and oolitic limestones with interbedded sandstones and claystones), “upper part of the Villar del Arzobispo” Formation (predominance of red claystone with some intercalation of limestone and sandstone) and the El Castellar Formation subdivided into two sections (an inferior part essentially clayey and a superior part consisting of an alternating limestone and marl). The limit into both Formations and the correlation of two columns has been established with a conglomeratic level, previously described in other sectors of Galve Sub-basin. The study of lithology has been completed with a petrographic study of the most representative facies.

Another objective has been the paleontological study of fossils found in this area. They have been found isolated plates of Xinjiangchelyidae indet (Quelonia), one fragment of dentary with tooth of Goniopholidae (Crocodylomorpha), one fragment of ischium of theropod (dinosaur) and fossil trunk identified as Araucariaceae indet. These discoveries demonstrate the richness fossil of these facies, also they are the first vertebrate and vegetal fossils described in the municipality of Aguilar del Alfambra. Furthermore, it has been described new sauropod ichnites, some of them with skin impression.

The transition between the Jurassic and the Cretaceous in Ababuj and Aguilar del Alfambra is characterized by the changing of marine to transitional and continental environment. The field survey and aerial photography has permitted to recognize an unconformity between Villar del Arzobispo Formation and the “upper part of the Villar del Arzobispo” Formation traditionally considered in this area. Besides, it has been chosen the conglomeratic level, which constitutes the first strata of the Cretaceous, being that similar levels of conglomerates outcrops in the “upper part of the Villar del Arzobispo” Formation. Moreover, it has proposed the possible causes of the change of thickness of the “upper part of Villar del Arzobispo Formation” between the two profiles.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento y objetivos

El planteamiento del presente trabajo se centra en el estudio geológico, especialmente paleontológico y estratigráfico, de las unidades de transición entre el Jurásico y el Cretácico en un sector de la Cordillera Ibérica, comprendido entre los municipios turolenses de Ababuj y Aguilar del Alfambra.

Los objetivos se centran fundamentalmente en los siguientes aspectos:

- Realizar una cartografía geológica a escala 1:10000 en un sector localizado entre las poblaciones citadas con anterioridad haciendo especial hincapié en el límite que separa las facies de transición entre el Jurásico y el Cretácico.
- Elaboración de dos columnas estratigráficas, con las cuales se realizará una correlación posterior.
- Propuesta del límite entre la secuencia jurásica y cretácica en el entorno de Ababuj y Aguilar del Alfambra.
- Estudio paleontológico de los fósiles hallados en esta zona (vertebrados, icnitas, paleobotánica).

1.2. Antecedentes

La Subcuenca de Galve ha sido objeto de estudio desde diferentes disciplinas geológicas. Existen numerosos trabajos de la Subcuenca a nivel general, aunque se centran especialmente en la zona oriental de la misma, y que incluyen un estudio tectónico y sedimentológico del Cretácico Inferior como se recoge en los trabajos de: Liesa *et al.* (2006) y Meléndez *et al.* (2009). Si bien, el sector occidental también ha sido ampliamente estudiado en la localidad de Galve, donde se ha abordado la problemática existente en torno al límite entre el Jurásico y el Cretácico, como recogen diversos autores: Canudo *et al.* (2012), Royo Torres *et al.* (2014) y Subías (2014- 2015).

Si nos centramos en el área que nos ocupa este Trabajo Fin de Grado, el primer estudio geológico de la zona a estudiar se corresponde con la memoria del MAGNA (Gautier, 1979) perteneciente a la hoja de Villarluengo (543). Las publicaciones posteriores realizadas en la zona delimitada para este trabajo se han centrado en la Paleontología, los cuales pasan a detallarse, a continuación.

Alcalá y Martín (1995) describen un yacimiento de icnitas de dinosaurios, la mayoría de saurópodos, situado en el término municipal de Ababuj. Asimismo, estos autores hacen referencia a otro yacimiento localizado en las proximidades de la Ermita Virgen de la Peña en Aguilar del Alfambra.

En el año 2010 la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis realizó una prospección paleontológica en el término municipal de Aguilar del Alfambra (Mampel *et al.*, 2010-2011), en la cual se hallaron restos óseos aislados que no describen (Alcalá *et al.*, 2010) y se estudia el yacimiento de icnitas de saurópodos, estegosaurios y ornitópodos en “El Ojuelo”. Este yacimiento también fue descrito por Herrero Gascón y Pérez-Lorente (2012), al cual estos autores denominan “El Rompido” y describen las mismas icnitas de dinosaurios, asignándolas en este caso como pertenecientes a saurópodos y terópodos.

Alcalá *et al.* (2012) realizan una revisión de las icnitas del yacimiento de Ababuj, describiendo icnitas de dinosaurios saurópodos, terópodos y estegosauroides, así mismo se dan a conocer nuevos yacimientos con icnitas y con restos indirectos en dicha localidad.

1.3. Metodología

La metodología para la elaboración de este trabajo ha constado de diferentes aspectos:

- Trabajo previo:

Previamente al trabajo de campo se ha consultado la fotografía aérea con la ayuda de diferentes programas (*Google Earth, IDEAragon, Bing Maps, Eyeonearth*) con el fin de reconocer los afloramientos con mayor continuidad en la zona estudiada. Esta labor también se ha llevado a cabo durante la realización de la propia cartografía para comprobar y completar la información obtenida en el campo. Además, se ha consultado la cartografía geológica a escala 1:50000 de la zona de estudio elaborada por Gautier (1979) para facilitar la identificación de las unidades.

- Trabajo de campo:

El trabajo de campo se ha basado en el reconocimiento de los límites cartográficos entre las diferentes formaciones geológicas, para ello se han realizado diferentes jornadas de campo. En estas jornadas de campo se ha hecho especial hincapié en establecer los límites de las formaciones en función de varios criterios (niveles conglomeráticos, cambio de facies). Se ha recurrido tanto a la observación directa sobre los niveles como a las vistas panorámicas. Además, se han realizado mediciones con la brújula de la dirección, el buzamiento y el sentido de buzamiento para la elaboración de la cartografía.

Por otra parte, se han elaborado dos columnas estratigráficas. El procedimiento a seguir ha consistido en medir el espesor de los tramos diferenciados en campo; para ello, se ha empleado la vara de Jacob teniendo en cuenta las mediciones realizadas con la brújula. Una vez medido el espesor de uno de los tramos, se ha pasado a realizar una observación más detallada de los estratos y a definir a dicho tramo en su conjunto. Después se han descrito las diferentes litologías, para ello se han realizado medidas con el metro de los espesores máximo y mínimo, se ha descrito la textura, tamaño de grano, existencia de estructuras sedimentarias, etc. A la vez que se elaboraba una de las columnas se han seleccionado muestras de roca dura en aquellas litologías de difícil clasificación en campo y que, a su vez, se consideraban más representativas de las facies estudiadas.

El trabajo de campo ha sido completado con jornadas de prospección paleontológica con el fin de localizar algún resto fósil, estas prospecciones se han realizado tanto en la Formación Villar del Arzobispo como en la Fm. El Castellar.

Finalmente, estas labores se han completado con la toma de fotografías, tanto de detalle como generales.

- Trabajo de laboratorio:

El trabajo de laboratorio se ha centrado en el lavado de muestras de sedimento seleccionadas en el campo, en facies consideradas como susceptibles de presentar restos de vertebrados. En total, se han seleccionado tres muestras cuyos pesos rondaban los 2 kg, 4 kg y 5 kg, respectivamente. Estas muestras se han colocado cada una de ellas en un cubo, al que se ha añadido agua y agua

oxigenada, con el fin de eliminar la materia orgánica. Para lavar estas muestras se han colocado dos tamices, uno de mayor luz de malla para retener las partículas mayores y otro tamiz de $0,5\mu\text{m}$ situado por debajo del anterior. Una vez tamizados los restos se han introducido en el horno a 50°C durante dos días para conseguir su secado. Por último, se han mirado las muestras bajo la lupa binocular con la finalidad de encontrar algún resto paleontológico.

Otras sesiones de laboratorio se han destinado a la limpieza de alguno de los fósiles, para lo que se ha empleado un percutor de aire comprimido.

Por otra parte, se han realizado láminas delgadas a 7 muestras de calizas y areniscas recogidas en campo en el perfil del Barranco del Cementerio para su estudio con el microscopio petrográfico. También se han realizado 4 láminas delgadas a un tronco fósil.

- Trabajo de gabinete:

A lo largo de la elaboración del trabajo y especialmente para la redacción de la memoria se ha consultado bibliografía. Esta consulta, por un lado, ha servido para comparar la zona de estudio en lo referente a estratigrafía, fundamentalmente, con otras áreas mejor estudiadas de la Subcuenca de Galve y, por otro lado, identificar los restos fósiles mediante la comparación de los mismos con los estudiados en la bibliografía. La redacción de la memoria se ha realizado con el procesador de texto *Microsoft Office Word 2010* y la elaboración de gráficos y cartografía con *Adobe Illustrator CS6* y *Adobe Photoshop CS6*.

2. CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

El área de estudio se sitúa entre las poblaciones de Ababuj y Aguilar del Alfambra, situadas en la provincia de Teruel. Esta zona se encuentra al este de la Cordillera Ibérica (*Fig. 1.A*), formando parte de la Subcuenca de Galve, la cual, junto a otras seis cubetas constituyen la Cuenca del Maestrazgo (*Fig. 1.B*) (Salas *et al.*, 2001).

La Subcuenca de Galve (*Fig. 1.C*) es una cuenca con una dirección NNO-SSE, presenta 40km de largo y 20km de ancho (Salas y Guimerà, 1996). La formación de la misma se remonta al Haueriviense, como consecuencia de la extensión asociada al Jurásico Superior-Cretácico Inferior (Soria *et al.*, 2000).

La sedimentación de la Subcuenca de Galve estaba asociada a dos familias de fallas normales con orientaciones ENE-OSO y NNO-SSE, las cuales delimitaban varios semigraben (Liesa *et al.*, 2006). Según Soria (1997), Soria *et al.* (1998) y Liesa *et al.* (2000) las fallas NNO (lístricas, entre las que se incluye la Falla de Ababuj-Alpeñés y la Falla de Miravete) (*Fig. 1.C*) proceden de la reactivación de fallas del basamento y el segundo grupo de fallas ENE (de transferencia) se generaron a consecuencia de la extensión cretácea.

En cuanto a la estratigrafía, se pueden diferenciar tres secuencias en esta Subcuenca: secuencias *prerift*, *synrift* y *postrift*. A su vez la etapa *synrift* se divide en dos secuencias. La Secuencia *synrift 1* incluiría los sedimentos principalmente calcáreos del Jurásico Superior y la Secuencia *synrift 2* incluye los sedimentos del Cretácico Inferior (facies *Weald*, continentales, y facies *Urgon*, marinas) (Liesa *et al.*, 2006).

Según Liesa *et al.* (2006) la actividad de estas fallas no fue continua y llevan asociada una discordancia angular y lagunas estratigráficas datadas tradicionalmente como Berriasiense-Hauteriviense.

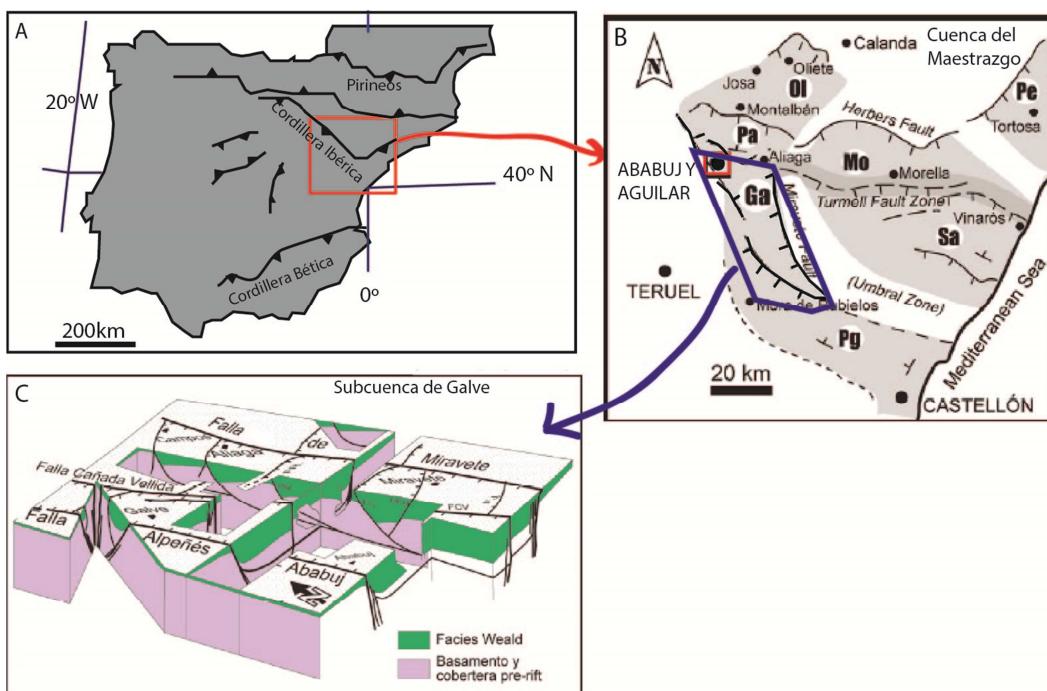


Figura 1. Situación geográfica y geológica de Ababuj y Aguilar del Alfambra (Teruel). (A) Mapa de la Península Ibérica. (B) Subcuenca de Galve (Ga) junto a las otras seis Subcuenca que integran la Cuenca del Maestrazgo, modificado de Salas *et al.* (2001). (C) Bloque diagrama de la estructura de la Subcuenca de Galve durante la sedimentación de las facies Weald en el Cretácico inferior, modificado de Liesa *et al.* (2006).

El tránsito Jurásico-Cretácico viene caracterizado por el paso de una sedimentación carbonatada marina a depósitos de materiales terrígenos, adquiriendo una mayor influencia continental a lo largo de dicho tránsito (Aurell *et al.*, 2010). Las formaciones que constituyen este límite son la Formación Villar del Arzobispo (Facies Purbeck) y la Formación El Castellar (Facies Weald).

La Formación Villar del Arzobispo (Titonense-Berriasiense) representa el último estado de desarrollo de la plataforma marina jurásica con registro de ambientes marinos poco profundos y ambientes costeros, constituye el tránsito entre las unidades marinas y continentales (Canudo *et al.*, 2012).

La Formación El Castellar (Hauteriviense superior-Barremiense basal) muestra una parte inferior representada por depósitos aluviales conformados por arcillas con intercalaciones de areniscas (Liesa *et al.*, 2006). La parte superior de esta formación se caracteriza por la sucesión de calizas y margas con abundante bioturbación, que muestran características de un margen lacustre somero en fases de expansión y retracción (Meléndez *et al.*, 2009).

Posteriormente, estas cuencas extensivas de edad cretácica experimentaron durante la Orogenia Alpina, como consecuencia del choque de África y Europa, una inversión tectónica de las fallas normales que conformaban el rift Mesozoico. (Álvaro *et al.*, 1979; Salas y Casas, 1993; Salas *et al.*, 2001; Capote *et al.*, 2002).

3. ESTRATIGRAFÍA

3.1. Cartografía e introducción a la estratigrafía

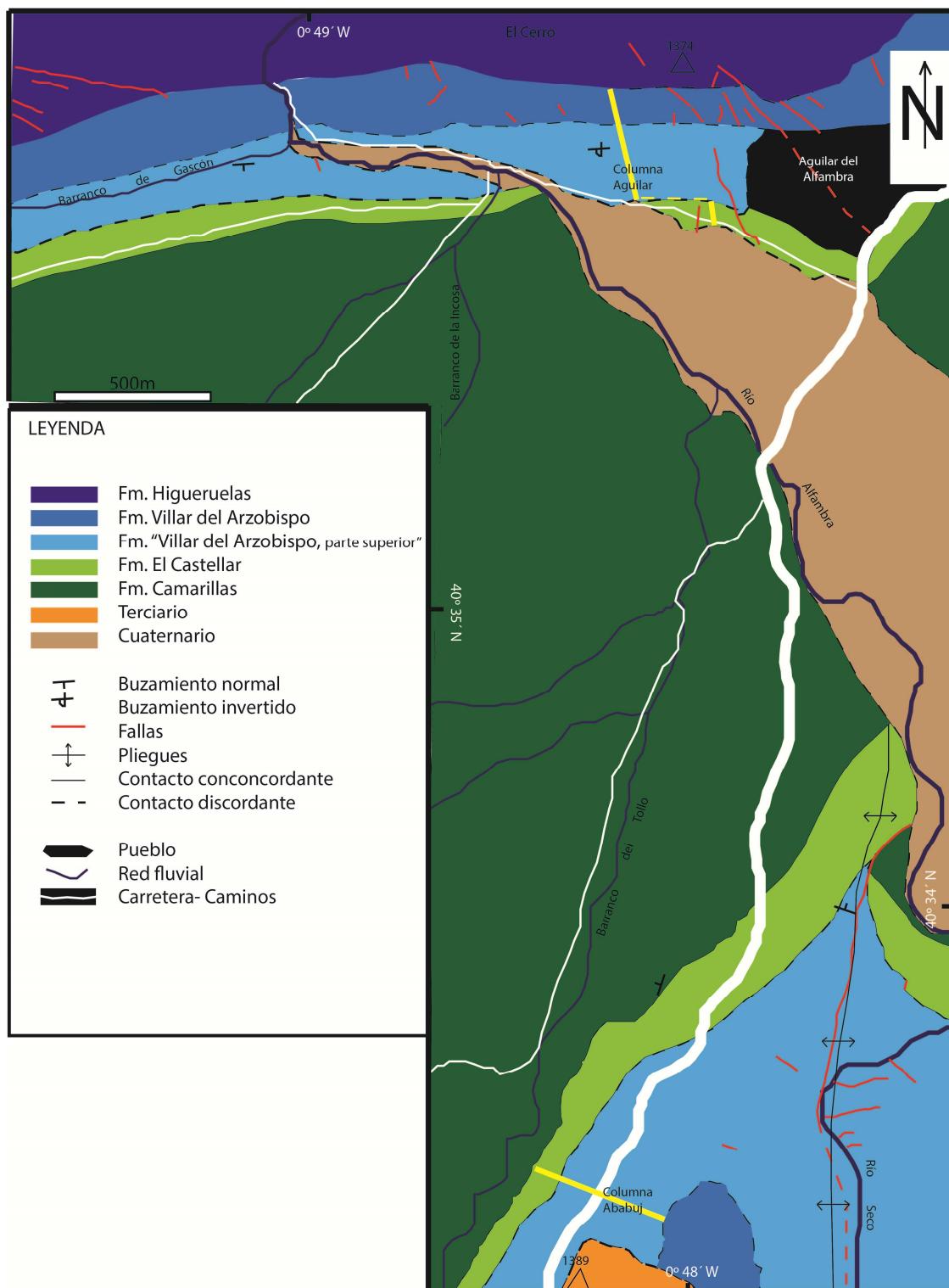


Figura 2. Cartografía de los materiales de la zona de estudio. En líneas amarillas se sitúan las columnas estratigráficas realizadas en Aguilar del Alfambra y Ababuj.

La sucesión estratigráfica del área a estudiar está marcada por el paso de las calizas marinas de la Fm. Higueruelas a las facies transicionales de la Fm. Villar del Arzobispo, pertenecientes ambas al Jurásico Superior. Destacan entre estas dos unidades la existencia de fallas sín sedimentarias y la existencia de una pequeña discordancia entre las dos últimas formaciones jurásicas al NW de Aguilar del Alfambra. Si nos centramos en la Formación Villar del Arzobispo se reconocen dos unidades bien diferenciadas, por lo que se ha realizado una subdivisión de la misma, lo cual queda reflejado en la cartografía (*Fig. 2*) y en las columnas estratigráficas (*Fig. 3*). Cabe destacar que entre ambas unidades se ha reconocido una discordancia erosiva estratigráficamente (*Fig. 5.A*). Por encima de la Fm. Villar del Arzobispo se encuentran las facies *Weald* del Cretácico Inferior, las cuales quedan representadas por la Formación El Castellar y la Formación Camarillas. La primera Formación del Cretácico muestra cambios de buzamiento con respecto a la formación inferior, lo que puede ser indicativo de la existencia de una discordancia entre ambas. Además, se reconocen otras discordancias angulares de depósitos terciarios y cuaternarios sobre los materiales propiamente mesozoicos.

3.2. Columnas estratigráficas y descripción de las unidades

3.2.1. Columna Barranco Cementerio (Aguilar del Alfambra)

La columna Barranco Cementerio (*Fig. 3*) se ha levantado al Oeste de Aguilar del Alfambra (*Fig. 2*). Se puede llegar a ella desde esta localidad por el camino con dirección “El Remolinar”, una vez recorridos unos 776 m. Se encuentra situado en la bifurcación izquierda que presenta el Barranco de la margen occidental del Cementerio. En total, la columna cuenta con un espesor total de 388 m. Se incluye en esta columna el intervalo entre los niveles geológicos tradicionalmente considerados dentro de la denominación de facies *Purbeck* y *Weald*. Las coordenadas UTMETRS89 Huso 30 a base de la columna son X: 685805.58, Y: 4495866.09 y a techo X: 686181.7, Y: 4495460.22.

- Base de la columna: Calizas de la Formación Higueruelas.
- Formación Villar del Arzobispo (*Fig. 5.A,C*)

Tramo 1: 30 m de tramo parcialmente cubierto (lutitas marrones) con intercalaciones de calizas grises y areniscas amarillas.

Las calizas de textura *mudstone* se encuentran en cuerpos de geometría tabular de potencia máxima 3 m, los cuales conforman estratos de espesores que varían de los 65 cm a los 30 cm.

Las areniscas presentan un tamaño de grano medio. Se disponen en estratos lenticulares de 70 cm. Presentan estratificación cruzada.

Tramo 2: 78,3 m de calizas grises y amarillas con intercalaciones de lutitas marrones y areniscas azules, amarillas y blancas.

Las calizas presentan textura *wackstone-packstone*. Los estratos de las calizas se disponen en estratos de potencia máxima 1 m y mínima de 10 cm. Presentan fragmentos de bioclastos, entre los que se pueden reconocer conchas de moluscos bivalvos, fundamentalmente ostreidos. Algunas calizas *wackstone* presentan componente arenosa. Hacia techo las calizas pasan a un *grainstone oolítico*, donde se pueden reconocer algún grano de glauconita.

El *grainstone* oolítico (M1) en lámina delgada muestra un predominio de oolitos simples, los cuales muestran estructura concéntrica y un núcleo constituido esencialmente por foraminíferos bentónicos (orbitolinoideos, miliólidos) y otros restos de bioclastos de gasterópodos o moluscos bivalvos (*Fig.4. A*). Los núcleos constituidos por granos de cuarzo son escasos. Los granos esqueletales son mayoritariamente: foraminíferos aglutinados y fragmentos de conchas de bivalvos. Algunos de los oolitos carecen de estructura interna, posiblemente debido a procesos de micriticización. La clasificación en base a la terminología establecida por Dunham (1962) coincide con la asignada en campo: *grainstone* de oolitos.

Las lutitas masivas conforman estratos cuyo espesor varía de 1,2 a 3 m como valores máximos y mínimos centimétricos.

Las areniscas de grano fino-medio se disponen en estratos tabulares y canaliformes. En los cuerpos canaliformes se pueden reconocer puntualmente bases erosivas. Pueden aparecer en cuerpos de varios metros de espesor, que a su vez se individualizan en estratos cuyo espesor varía de 70 cm a los 10 cm. Presentan estratificación cruzada y *ripples* y hacia techo se puede reconocer laminación paralela.

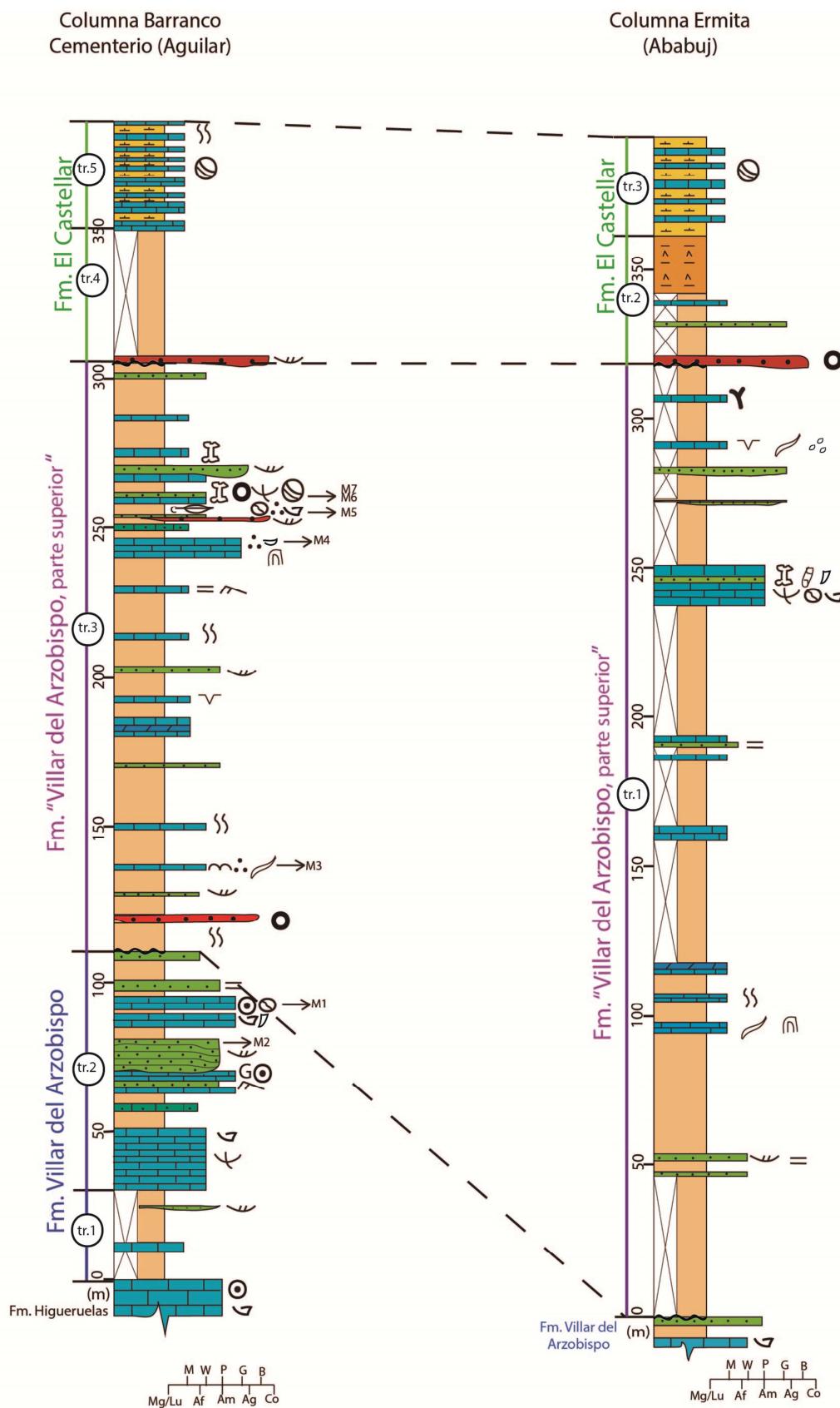
En una de estas areniscas se ha tomado una muestra (M2) para su estudio petrográfico. El tamaño máximo de los clastos es de 0,1 mm y el mínimo de 0,01 mm. Los clastos presentan una baja esfericidad y la redondez varía de angular a subangular. Los clastos están fundamentalmente constituidos por cuarzo. Además, aparecen micas, feldespatos y opacos. La matriz es arcillo-micácea.

➤ Formación “Villar del Arzobispo, parte superior” (*Fig 5.A, B*)

Tramo 3: 199,7 m de lutitas rojas, granates y marrones con intercalaciones de calizas azules, areniscas azules, rojas y blancas y conglomerados ocres y rojos.

Las lutitas masivas se organizan en estratos de potencia métrica (1-15 m) con geometría tabular. Existen áreas con abundante bioturbación. Hacia techo del tramo se reconocen niveles de carbón de espesor centimétrico con restos de vegetales y restos de huesos de vertebrados.

Las calizas se disponen en cuerpos tabulares con espesores mínimos de 0,5 m, pudiendo llegar a alcanzar cuerpos de 7 m, estos se individualizan a su vez en estratos de espesores centimétricos. Presentan textura *mudstone*. Algunos de estos niveles presentan laminación paralela y *ripples* (hacia techo del tramo). También pueden presentar abundante bioturbación con galerías que pueden alcanzar 1 cm de diámetro, así mismo hay grietas de desecación. Algunas secuencias muestran porosidad fenestral y *tepees*. Dentro de alguno de estos niveles de calizas, aparece un nivel dolomítico amarillo de 0,5 m. Dada la heterogeneidad de las facies de calizas en este tramo se han tomado tres muestras (M3, M4, M6) para el estudio en lámina delgada (*Fig. 4.B, C, E*). En las tres muestras destaca la presencia de peloides, alcanzando un porcentaje del 67% en M4. Además, aparece algún grano esquelético (conchas de ostrácodos). En M3 destaca la porosidad fenestral, laminación algal y el menor porcentaje de peloides, dominando la matriz micrítica. En M6 se muestra un porcentaje intermedio de peloides y de matriz, en ocasiones difícilmente distinguibles. La clasificación en base a Dunham (1962) varía dependiendo del mayor o menor porcentaje de peloides (*grainstone* peloidal-wackstone), lo que difiere de la clasificación realizada previamente en campo para esos mismos niveles. También aparece algún nivel de calizas arenosas.



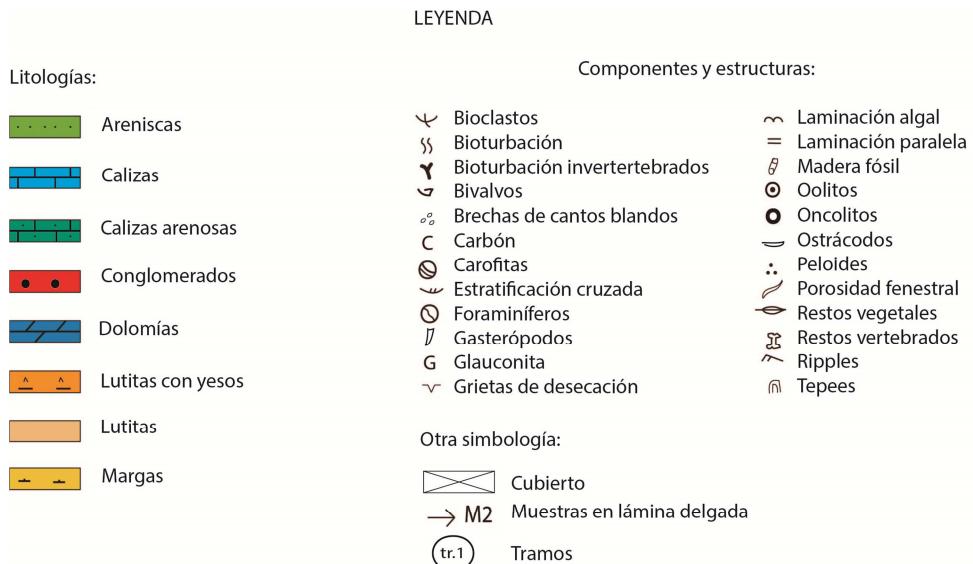


Figura 3. Columnas estratigráficas levantadas en Ababuj y Aguilar del Alfambra y la leyenda correspondiente.

Al final del tramo se reconocen niveles de calizas con textura *mudstone-packstone* que hacia techo de la secuencia pasan un nivel de areniscas con componente carbonatada (restos de tallos de algas carofitas), además de abundantes restos de huesos de vertebrados (fragmentos de caparazón de tortuga y restos de un dentario de cocodrilo). Dada la singularidad de esta facies, se ha tomado una muestra para su estudio bajo microscopio (M7). Esta muestra (Fig. 4.F) presenta tallos de carofitas, posiblemente clavatoráceas, y de cuarzo fundamentalmente en porcentajes similares. Además, aparecen de forma puntual fragmentos de mica moscovita y feldespatos.

Las areniscas de grano medio-grueso se disponen en estratos tabulares de espesores máximos 4 m y mínimos centimétricos, hacia la base se encuentran clastos que alcanzan los 4 mm. En algunos casos pueden aparecer bases canaliformes y pueden presentar estratificación cruzada. Se ha elegido una muestra (M5) para un análisis exhaustivo en microscopio (Fig. 4.D) dominando la existencia de clastos de cuarzo, pero también destaca la presencia de peloides y granos esqueletales (foraminíferos, bivalvos), lo que lleva a identificarla como una arenisca con cemento calcáreo.

Los conglomerados se disponen en cuerpos de geometría canaliforme. Estos conglomerados son granosostenidos y con matriz arenosa de grano fino-medio. Los clastos tienen naturaleza calcárea y son heterométricos. Son subangulosos y subredondeados, los clastos más grandes pueden alcanzar los 3 cm. Algunos de estos clastos son oncoideos.

➤ Formación El Castellar

Tramo 4: 44 m de campos de cultivo (lutitas marrones) con intercalación de un conglomerado violeta.

El conglomerado se encuentra en un estrato de geometría canaliforme. Muestra una textura granosostenida. Los clastos calcáreos son homométricos y subangulosos. La matriz es arenosa de grano medio a grueso. El tamaño máximo de los clastos es de 1,5 cm y el medio de 0,4 cm.

Se intercalan con niveles de arenisca de grano grueso que se individualizan en sets de 5 cm. Presentan estratificación cruzada y muestran superficies erosivas internas.

Tramo 5: 36 m de alternancia de calizas ocres y grises y margas grises.

Las margas se disponen en estratos tabulares de potencia decimétrica.

Las calizas con textura *mudstone-wackstone* se encuentran en estratos con geometría tabular cuyas potencias máximas alcanzan 1,5 m y potencias mínimas de 15 cm. Son estratodecrescentes. Presentan abundante bioturbación por raíces, la cual presenta formas redondeadas y un diámetro medio de 2 cm. Además, pueden aparecer restos de carofitas.

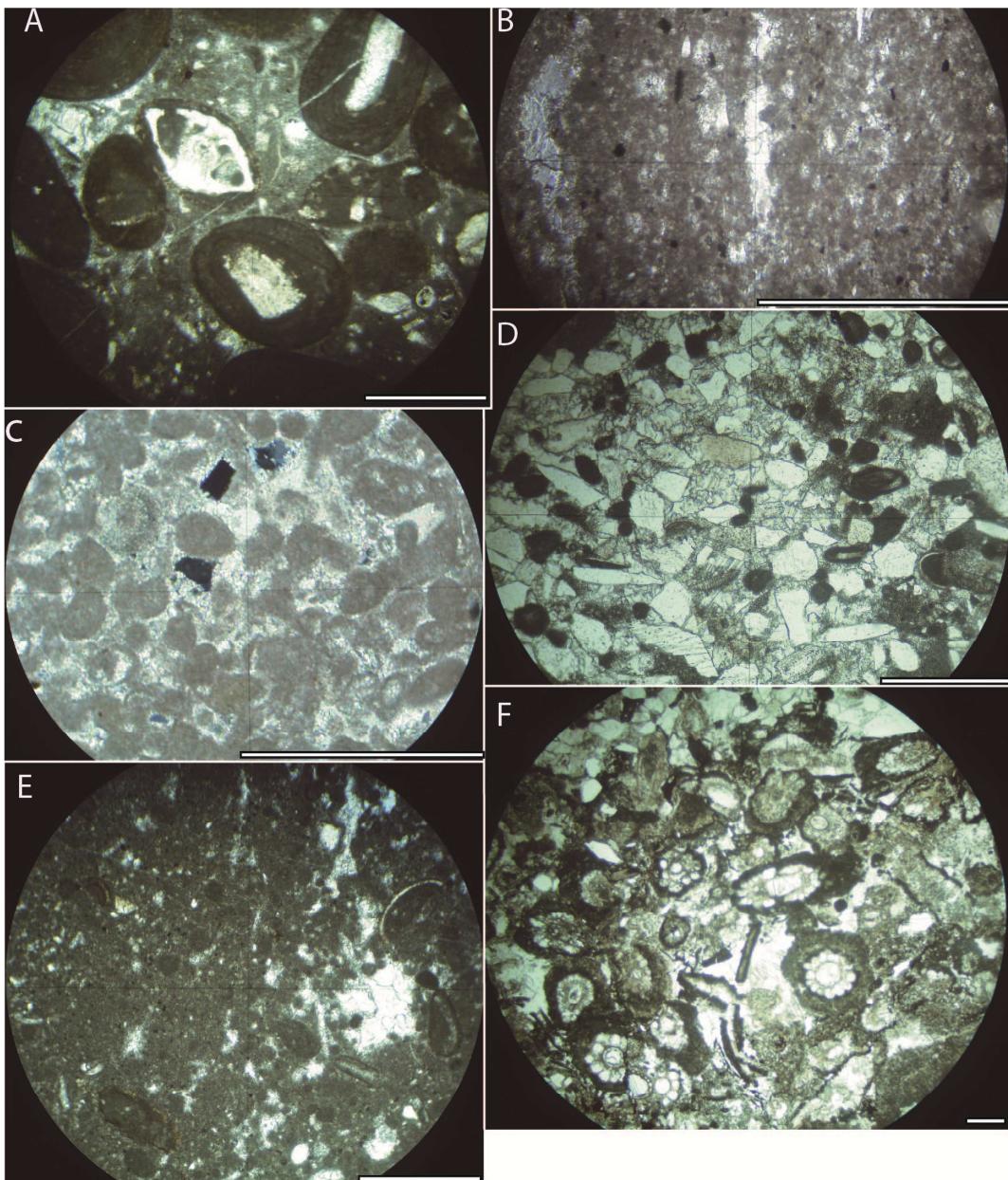


Figura 4. Fotos de láminas delgadas. A) M1: Grainstone oolítico, se pueden ver foraminíferos y otros bioclastos como núcleo de los oolitos. B) M3: Wackstone peloidal. Se observa la porosidad fenestral y cierta laminación algal. C) M4: Grainstone peloidal. D) M5: Arenisca con cemento carbonatado y peloides. E) M6: Wackstone. F) M7: Arenisca con tallos de carofitas, la zona de la foto muestra la zona con mayor concentración de tallos de carofitas. Escala: 0,5cm.

3.2.2. Columna Ermita (Ababuj)

La columna realizada entre las localidades de Ababuj y Aguilar del Alfambra se sitúa en la ladera norte del Cerro sobre el que se hallan las ruinas de la Ermita de Ababuj y cuenta con un espesor total de 396 m. El acceso se efectúa a través de la carretera TE-8001, aproximadamente a 1,4 km desde Ababuj. Se incluye en esta columna el intervalo entre las facies *Purbeck* y *Weald*. Las coordenadas UTMETRS89 Huso 30 aproximadas a base de la columna son X: 686929.07, Y: 4492196.09 y a techo X: 685650.73, Y: 4492537.28.

➤ Base de la columna: Formación Villar del Arzobispo

Calizas grises bioclásticas con intercalaciones de lutitas marrones y areniscas blancas de grano medio.

➤ Formación “Villar del Arzobispo, parte superior”

Tramo 1: 317, 6 m de lutitas rojas y grises (generalmente se presentan como tramos cubiertos) con intercalaciones de calizas grises y azules y areniscas blancas, rojas, azules y verdes.

Las lutitas masivas se disponen en estratos cuya geometría es tabular y de potencia métrica. Hacia techo del tramo aparecen bioturbaciones de invertebrados en forma de U.

Las calizas con texturas *mudstone-wackstone* se encuentran distribuidas en cuerpos tabulares de potencia máxima 3,8 m, los cuales se individualizan en estratos de potencias centimétricas. Algunas de estas calizas presentan componente arenosa. En general estas calizas presentan estructuras que se pueden observar en diferentes estratos de calizas: porosidad fenestral, tepees, bioturbaciones, brechas de cantos blandos y grietas de desecación. Destaca un paquete de calizas con textura *packstone-grainstone*, que se disponen en estratos tabulares de potencia métrica. Estas calizas tienen gran variedad de bioclastos, entre los que destacan los bivalvos (ostreídos), gasterópodos y foraminíferos bentónicos pertenecientes a la Superfamilia Lituoloidea. También se reconoce algún nivel tabular de dolomías de espesor decimétrico.

Las areniscas de grano fino a medio se distribuyen en estratos tabulares de potencia decimétrica. Pueden presentar estratificación cruzada o laminación paralela. Las areniscas de color verde presentan fragmentos de huesos y de madera.

➤ Formación El Castellar

Tramo 2: 45,4 m de lutitas marrones (cubiertas o con yeso rojo) con intercalaciones de conglomerados violeta, areniscas rojas y blancas y calizas arenosas blancas.

Las lutitas masivas presentan a techo del tramo yesos (*Fig. 5.E*) que se disponen superficialmente en cristales de dimensiones cm y bandas donde aparecen yesos fibrosos que pueden alcanzar los 5 cm de longitud.

Los conglomerados (*Fig. 5.D*) son granosostenidos y la matriz es arenosa de grano fino. Los clastos son calcáreos y el tamaño de los clastos de mayor tamaño alcanza los 4 cm, aunque el tamaño medio es de 0,5 cm. Son subangulosos. Se encuentra en un estrato masivo que a su vez se individualiza en sets de 10-30 cm. Puede presentar restos de oncolitos. A base existen unos microconglomerados y areniscas, de pocos cm de espesor, dispuestos en estratos lenticulares y con bases ligeramente irregulares, las cuales presentan estratificación cruzada y son granocrecientes.



Figura 5. A) Discordancia entre las dos unidades en las que se ha dividido la Fm. Villar del Arzobispo. B) Vista de las facies de la “parte superior de la Fm. Villar del Arzobispo” en la columna de Aguilar. C) Vista de las facies de la Fm. Villar del Arzobispo en la columna de Aguilar. D) Conglomerado que se localiza en la base de la Fm. El Castellar en la columna de Ababuj. E) Aspecto del yeso superficial que se encuentra en la Fm. El Castellar (Columna de Ababuj).

Las areniscas (cuarcitas) aparecen en un estrato tabular de 40 cm de espesor. El grano es muy grueso, encontrándose recristalizadas.

Las calizas con textura *mudstone* se disponen en estratos tabulares que no se siguen lateralmente.

Tramo 3: 33 m de margas grises con intercalaciones de calizas ocres.

Las margas masivas se disponen en estratos tabulares de potencia decimétrica.

Las calizas se encuentran en estratos tabulares de potencia máxima 1 m y mínima 20 cm. Tienen textura *mudstone* y presentan restos de carofitas.

4. SISTEMÁTICA PALEONTOLOGICA

En este apartado se van a describir los restos fósiles encontrados durante la realización de este Trabajo Fin de Grado. Cabe destacar que son los primeros restos óseos de vertebrados y plantas fósiles descritos en el tránsito Jurásico-Cretácico en Aguilar del Alfambra. Todos los restos se han encontrado en la superficie de los estratos. Las referencias bibliográficas de las categorías taxonómicas se han incluido como anexo (*Anexo I*).

4.1. Restos óseos

Subclase TESTUDINATA Klein, 1760

Orden TESTUDINES Batsch, 1788

Infraorden PAN-CRYPTODIRA Joyce, Parham, Gauthier, 2004

Familia XINJIANGCHELYIDAE Nessov in Kaznyshkin *et al.*, 1990 sensu Tong *et al.*, 2012

Localización:

Geográfica: Barranco del Cementerio, en Aguilar del Alfambra (Teruel). Geológica: Formación “Villar del Arzobispo, parte superior”.

Material:

40 fragmentos de placas desarticuladas pertenecientes al caparazón de varias tortugas.

Descripción:

Los fragmentos de mayor tamaño miden en torno a los 4 cm en su eje mayor y los de menor tamaño presentan aproximadamente 1cm.

De todo el material hallado se van a describir cuatro fragmentos de placas de tortuga, puesto que son los más completos y presentan mayores posibilidades de reconocimiento a nivel anatómico. De estas cuatro placas todas ellas parecen pertenecer a placas del espaldar (caparazón dorsal).

La placa BC-CP1 (*Fig. 6.A*) se corresponde con la región lateral de las placas costales, donde se insertaría el proceso que contacta con el plastrón (caparazón ventral). En la cara dorsal se reconoce una cierta rugosidad, pobemente desarrollada. La placa BC-CP2 (*Fig. 6.C*) sería la región proximal de una placa costal. La placa BC-CP3 (*Fig. 6.B*) sería una placa periferal de la

región posterior del caparazón dorsal. La BC-CP4 (*Fig. 6.D*) es una placa periferal parcial de la región media del caparazón, en la intersección entre las placas marginales del espaldar y del plastrón.

La información sistemática aportada por estos fragmentos es escasa, ya que el material es muy fragmentario. Sin embargo, la superficie exterior ligeramente rugosa de la placa costal donde insertaría el proceso que contacta con el plastrón, así como el grosor de las placas podrían ser compatibles con un mismo taxón (*Xinjiangchelyidae*) (Pérez-García *et al.*, 2013).

Sin embargo, no todos los fragmentos hallados pertenecerían al mismo taxón, lo cual se puede confirmar con la ornamentación formada por estriaciones, presente en una de las placas anteriormente no descritas. Por todo ello, parece plausible la presencia de al menos dos taxones.

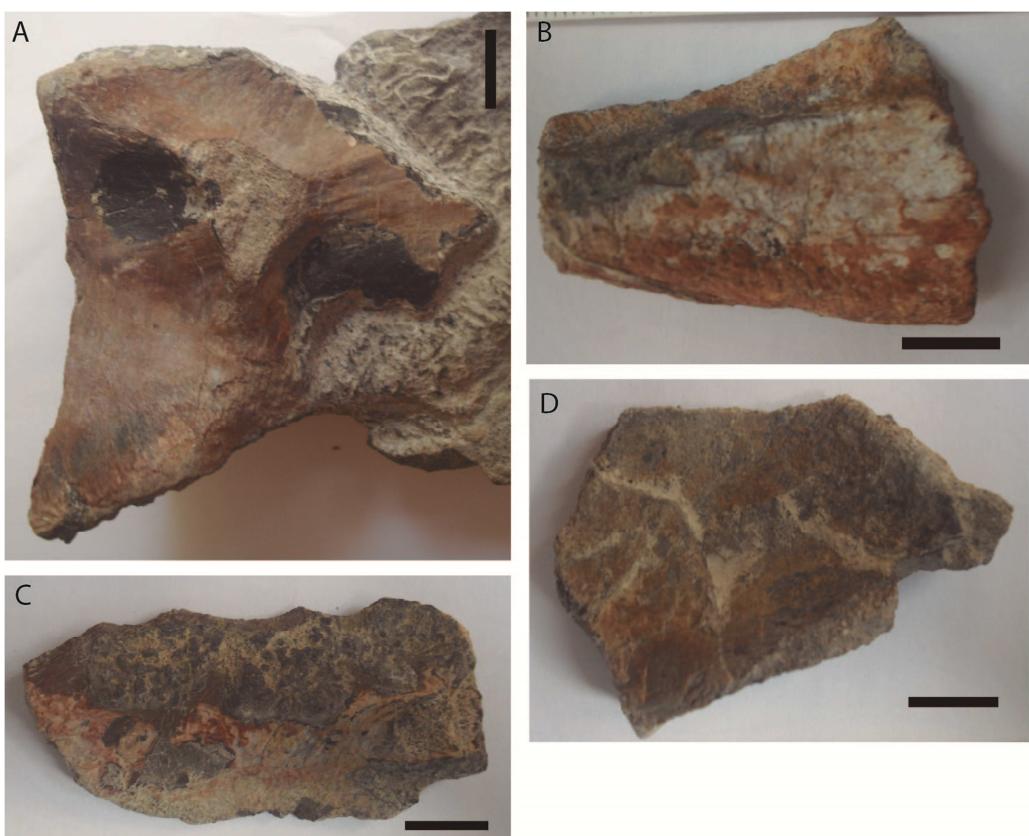


Figura 6. A: Vista ventral de la placa BC-CP1. B: Vista ventral de la placa BC-CP3. C: Vista ventral de la placa BC- CP2. D: Vista ventral de la placa BC-CP4. Escala: 1cm

Superorden CROCODYLOMORPHA Walker, 1970 (*sensu* Clark, 1986)
 MESOEUCROCODYLIA Whetstone y Whybrow, 1983 (*sensu* Benton y Clark, 1988)
 NEOSUCHIA Benton y Clark, 1988
 Familia GONIOPHOLIDIDAE Cope, 1875

Localización:

Geográfica: Barranco del Cementerio, en Aguilar del Alfambra (Teruel). Geológica: Formación “Villar del Arzobipo, parte superior”

Material:

Dos fragmentos de dentario o de maxilar que se han considerado del mismo individuo, aunque ambos fragmentos no presentan conexión entre ellos.

Descripción:

BC-CPa es un fragmento de mandíbula de 6 cm de longitud con cinco alveolos, uno de ellos conserva parte del diente (*Fig. 7.A*). BC-CPb presenta una longitud de 2 cm, en la que se observa el alveolo y parte de un diente.

BC-CPa carece de ornamentación en la cara labial típica de los cocodrilomorfos (Walker, 1970; Clark, 1986). En la cara lingual aparece una cavidad que parece encontrarse bajo un hueso, el cual no se ha preservado. Se puede observar una sutura en la parte posterior entre esplenial y prearticular (*Fig. 7.B*).



Figura 7. A) Vista superior de BC-CPa donde se observan los alveolos y parte del diente preservado. B) Vista lingual de BC-CPa en la cual se ve la sutura entre esplenial y prearticular. Escala: 1cm.

El alveolo es ovalado y presentan una raíz. Los dientes presentan ornamentación compuesta por estriaciones, observándose en los dientes de ambos fragmentos. Los dientes no se conservan enteros, si bien puede reconocerse la morfología cónica de los mismos, típica de los cocodrilomorfos (Walker, 1970; Clark, 1986). En cuanto al diámetro de los dientes varía de 5 mm para los que se encuentran en el fragmento mayor (BC-CPa) y de 3 mm para el fragmento menor (BC-CPb).

Por comparación con otros cráneos de cocodrilos en la parte posterior de la mandíbula la distancia del eje donde se alinean los dientes es menor desde dicho eje hasta la parte labial y mayor hasta la zona lingual.

La clasificación como mandíbula y no maxilar se establece en base a que la cavidad presente en el lado lingual podría corresponderse con el hueco que queda bajo el hueso esplenial. Por ello, el

fragmento de mayor tamaño se correspondería con la parte posterior de mandíbula izquierda. El resto de menor tamaño no se puede identificar.

La ornamentación con estriaciones longitudinales presentes en los dientes descritos con anterioridad es convergente en taxones de cocodrilos pertenecientes a Goniopholididae y en Spinosauridae (Buscalioni y Sanz, 1984). La clasificación como Goniopholididae se ha establecido en base a que presentan una corona recta y más cónica que Spinosauridae, careciendo de carenas con dentículos (Canudo *et al.*, 2008).

Superorden DINOSAURIA Owen, 1842
 Orden SAURISCHIA Seeley, 1888
 Suborden THEROPODA Marsh, 1881

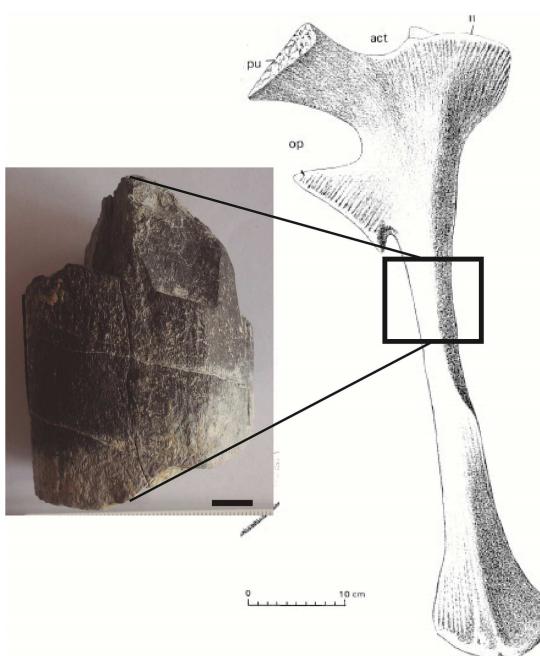
Localización:

Geográfica: proximidades del Barranco del Cementerio, en la localidad de Aguilar del Alfambra (Teruel). Geológica: “Formación Villar del Arzobispo, parte superior”.

Material:

Un fragmento CP-BC1. Se han encontrado otras esquirlas de hueso en el mismo afloramiento, pero aparentemente son de diferentes huesos que no han podido ser identificados.

Descripción:



Fragmento de la rama de un hueso de la cadera. La longitud es de 7 cm en la parte que se encuentra más completa. La parte anterior (ventral) es cóncava. La parte posterior (dorsal) es plana e inclinada. Presenta un ensanchamiento hacia uno de los márgenes, dando una sección triangular. El diámetro medido en la parte más distal, ya que se encuentra mejor conservada, es de 4,7 cm. En la sección de la parte distal se puede diferenciar el hueso compacto y el esponjoso (este último con un diámetro aproximado de 3 cm).

Figura 8. Fragmento de isquion (CP-BC1) a la izquierda y su posición relativa en comparación con un isquion izquierdo de *Allosaurus fragilis* (tomado de Madsen, 1976). Escala: 1cm

La identificación de este fragmento es compleja dado su tamaño, pero la sección de la parte posterior ha permitido descartar a los huesos largos y se ha optado por clasificarlo como un fragmento de isquion (*Fig. 8*). El extremo distal se aplana medialmente donde se produce la unión con el isquion opuesto (Madsen, 1976).

4.2. Icnofósiles

Localización:

Geográfica: Localizado entre la carretera comarcal que une los municipios de Ababuj y Aguilar del Alfambra y el Río Alfambra. Coordenadas aproximadas en base al UTM ETRS89 Huso 30 X: 686609.55 e Y: 4493256.52. Geológica: “Formación Villar del Arzobispo, parte superior”.

Material:

Dos icnitas de saurópodos en un estrato de calizas con dirección y buzamiento 120, 22N.

Descripción:

Se reconocen dos icnitas (*Fig. 9.A*) con morfologías ovaladas, una de estas huellas no se encuentra completa. La icnita (*Fig. 9.B*) que se preserva en su totalidad (ARS.2) presenta una longitud de 87 cm y una anchura de 45 cm. Presenta cuatro dedos, e incluso, llega a reconocerse el quinto dedo. Se puede reconocer la impresión de la piel del dinosaurio, la cual forma una red poligonal y en la que cada polígono mide unos 2 cm aproximadamente. La icnita no preservada completamente (ARS.1) muestra una anchura de 62 cm y la longitud no se puede estimar, si bien, ambas muestran morfologías similares, por lo que pertenecen al mismo morfotipo. Las huellas podrían corresponderse con dos rastros diferentes, ya que presentan diferentes orientaciones.



Figura 9. A) Imagen de las dos icnitas de saurópodo (ARS.2 y ARS.1). B) Imagen de la icnita ARS.2 donde se puede observar la impresión de la piel.

Muy cerca a este afloramiento se encuentran las icnitas de Ababuj atribuidas por Alcalá y Martín (1995) a saurópodos y las cuales fueron descritas por estos autores como una asociación de varias huellas ovaladas con longitudes comprendidas entre 21 y 86 cm. En el yacimiento de Ababuj se describen cuatro huellas de pies de saurópodos, con una longitud de 85 cm y una anchura de 74 cm (Alcalá *et al.*, 2012), por lo que dadas las dimensiones de las descritas anteriormente, cabe identificarlas también como huellas de pies de saurópodos.

Más tarde, Royo-Torres (2009) ha propuesto que algunas de las icnitas subcirculares de Ababuj serían producidas por representantes del grupo de los diplodócidos.

4.3. Paleobotánica

Reino PLANTAE Haeckel, 1866
Subreino EMBRYOPHYTA Engler, 1892
Clase GYMNOSPERMAE Lindley, 1830
Subclase PINIDAE Cronquist, Takhtajan y Zimmermann, 1966
Orden ARAUCARIALES Henkel y Hochstetter, 1865
Familia ARAUCARIACEAE Henkel y Hochstetter, 1865

Localización:

Geográfica: Bifurcación derecha del Barranco del Cementerio, próximo al Camino de la Virgen de la Peña, en Aguilar del Alfambra (Teruel). Geológica: Fm. Villar del Arzobispo.

Material:

Hallazgo superficial de varios fragmentos de tronco (CVP-BC) rodados e in situ.

Descripción:

Los fragmentos de los troncos fósiles tienen una longitud media de 6 cm y una sección de dimensiones que pueden variar de 2-4 cm en el eje mayor y de 1-2 cm en el eje menor. Las muestras (*Fig. 10.A*) presentan estriaciones en la parte externa y en la sección transversal se observan oquedades.

En un análisis más exhaustivo mediante la realización de láminas delgadas (grosor = 0,3 μ m) con diferentes orientaciones (transversal, longitudinal radial y longitudinal tangencial) y su posterior estudio mediante el microscopio petrográfico se observa que la preservación es regular.

La mineralogía de los troncos es fundamentalmente calcítica, dominando la calcítica micrítica en las paredes de las traqueidas. Las celdillas se encuentran en su mayoría silicificadas. Las zonas con oquedades (*Fig. 10.D*) se encuentran llenas por minerales opacos (óxidos o hidróxidos de Fe).

Las formas de las celdillas son hexagonales, aunque en la mayoría ya no se reconoce esta forma y se presentan como circulares.

No presenta anillos de crecimiento. Según Schweingruber (1990) el crecimiento de taxones bajo condiciones tropicales a menudo hace que no se distingan o que no existan anillos de crecimiento.

El espacio intercelular entre las traqueidas es de 0,05 mm (50 μ m). La longitud (*Fig. 10.C*) de las traqueidas es difícil de determinar, puesto que se ven intersectadas por huecos, en los que no se puede saber la continuidad. En las áreas donde presentan mayor continuidad superan los 6,4 mm, lo que implica que según las categorías establecidas por Wagenführ (1989) se incluirían como dentro del grupo de traqueidas largas (más de 5000 μ m), entre los que se incluye Araucariaceae.

Si se observan las traqueidas se incluyen en el grupo de las que tienen dos o más series (*Fig. 10.B*) siendo frecuentes, entre otras, en Araucariaceae (Richter *et al.*, 2004). La disposición de las traqueidas es alterna. Este último carácter ocurre regularmente únicamente en los miembros de Araucariaceae (Phillips, 1948).

El ejemplar presenta ausencia de canales resiníferos, lo cual se puede ver en la sección longitudinal. La presencia de estos canales intercelulares queda reducida a varios géneros de Pinaceae (Richter *et al.*, 2004), lo cual concuerda con que se trate de un género perteneciente a la familia de Araucariaceae.

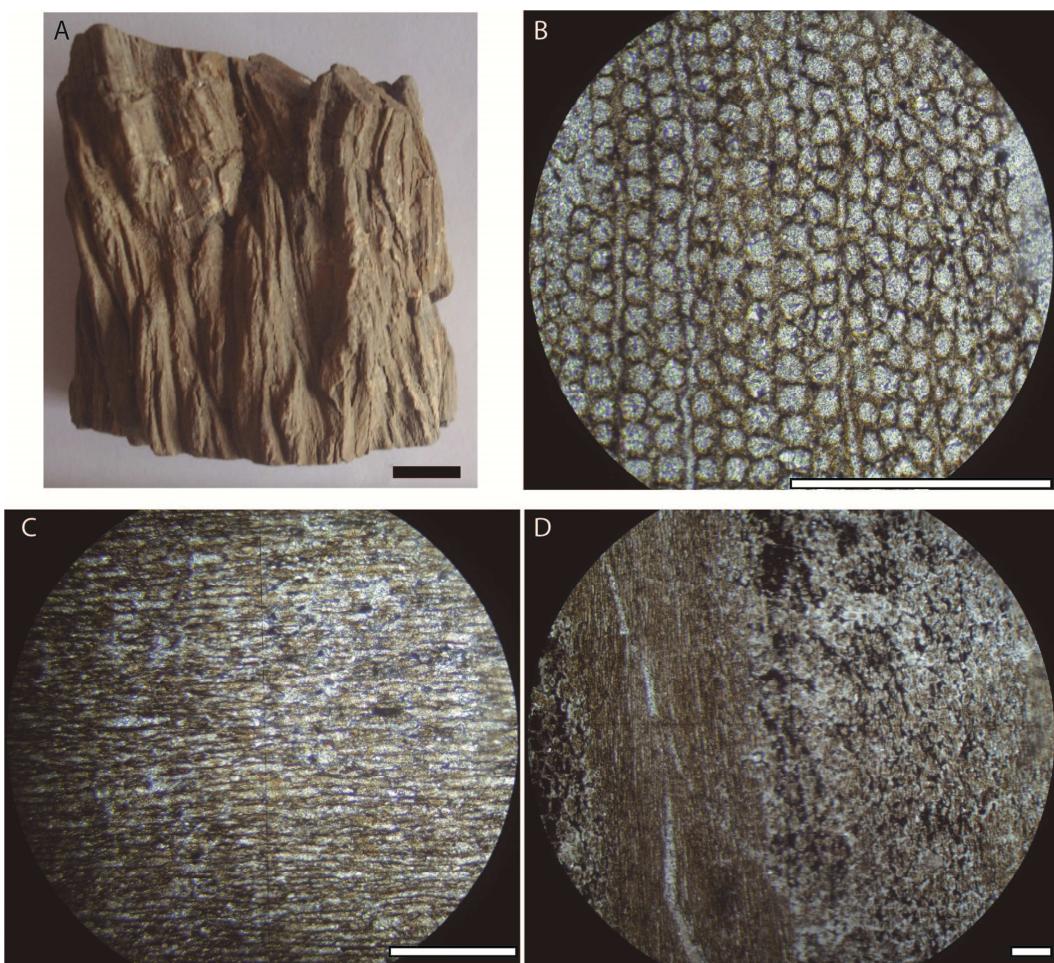


Figura 10. A) Aspecto de uno de los fragmentos de tronco (CVP-BCa). Escala: 1cm. B) Corte transversal. Traqueidas donde se observa la condición seriada. C) Corte longitudinal radial. Longitud de traqueidas. D) Corte longitudinal tangencial. Zona con oquedades (margen derecho de la foto) llenas por minerales opacos. Escala: 0,5cm

5. DISCUSIÓN

Los cartografía y estratigrafía de la zona de estudio pone de manifiesto la complejidad que supone establecer el límite entre el Jurásico y el Cretácico, lo cual queda patente en otras áreas cercanas como en Galve. En las inmediaciones de Aguilar del Alfambra se diferencian dos unidades dentro de lo que Gautier (1979) consideró como Fm. Villar del Arzobispo y lo que también se plantea en la memoria del mismo, concretamente en la columna que se realizó ya destaca la existencia de dos secuencias (una inferior con calizas marinas y niveles arcillo-areniscosos y una segunda esencialmente detrítica con color granate y con alguna intercalación de calizas grises-azuladas). Además, como ya se ha comentado anteriormente existe una discordancia reconocible a escala cartográfica, pudiendo observarse un cambio de espesor en la Fm. Villar del Arzobispo de una margen a otra del Río Alfambra. Aparecen fallas sín sedimentarias, especialmente reconocibles al NW de la localidad de Aguilar del Alfambra (*Fig. 11*), las cuales podrían ser las responsables de los cambios de espesor. Además, esta discordancia se observa entre ambas unidades en la zona donde se levantó la columna de Aguilar. Por todo ello, se ha creído oportuno realizar una subdivisión de la Fm. Villar del Arzobispo en dos unidades, las cuales sumado a la discordancia que las separa, también presentan un marcado cambio litológico y cartográfico, lo que nos lleva a plantearnos la definición de una nueva unidad. No obstante, a la escala de este trabajo y con los datos obtenidos no es suficiente para plantear la nueva denominación, lo cual podría esclarecerse en futuros trabajos.

Otro problema planteado acorde a la “parte superior” de lo tradicionalmente incluido en la Fm. Villar del Arzobispo es la diferencia de espesor existente en esta unidad entre los perfiles realizados en Ababuj (317,6 m) y en Aguilar del Alfambra (199,7 m), la cual muestra un gran aumento de espesor superior a 100 m entre uno y otro perfil en apenas unos kilómetros. Esta variación de espesor nos lleva a plantearnos dos hipótesis. La primera de ellas sería la mayor subsidencia hacia el Sur en el momento del depósito y la segunda hipótesis podría ser la erosión de esta unidad en las inmediaciones de Aguilar del Alfambra. Ambas hipótesis estarían apoyadas por la existencia de mayores evidencias de vida en el entorno de Ababuj, lo cual podría deberse a la propia profundización de la cuenca a causa de la subsidencia, o bien, a la preservación de estos niveles situados hacia techo del perfil. A todo esto hay que considerar la importante actividad de tectónica, la cual queda patente con la presencia de fallas sín sedimentarias en este sector y las cuales pueden condicionar los cambios de espesor como ocurre en zonas cercanas como Galve (Canudo *et al.*, 2012).

En la columna de Ababuj también se ha observado la existencia de yesos, los cuales describen autores como Liesa *et al.* (2000) en el entorno de la Falla de Miravete, que atribuyen a la presencia de fallas a través de las cuales podrían ascender fluidos con aporte de sulfatos procedentes de las facies del Keuper. En este caso el ascenso podría estar relacionado con la Falla de Ababuj.

Otro problema manifiesto al realizar este trabajo ha sido el establecer un nivel de correlación entre los dos perfiles realizados, como establece Gautier (1979) es frecuente encontrar un nivel conglomerático a base de la Fm. El Castellar, este nivel queda muy bien representado en la Columna de la Ermita de Ababuj. Sin embargo, en la columna del Barranco del Cementerio de Aguilar aparecen diferentes niveles de conglomerados o microconglomerados, generalmente son canales sin continuidad lateral, en la “parte superior de la Formación Villar del Arzobispo”, los cuales han dificultado la correlación. Finalmente, se ha optado por coger el último nivel

conglomerático por presentar unas características similares al de Ababuj, ya que ambos presentan niveles de areniscas intercalados (criterio de correlación físico-litológico), así mismo el espesor de la Fm. El Castellar apenas varía entre ambos perfiles tomando como referencia el último nivel conglomerático.

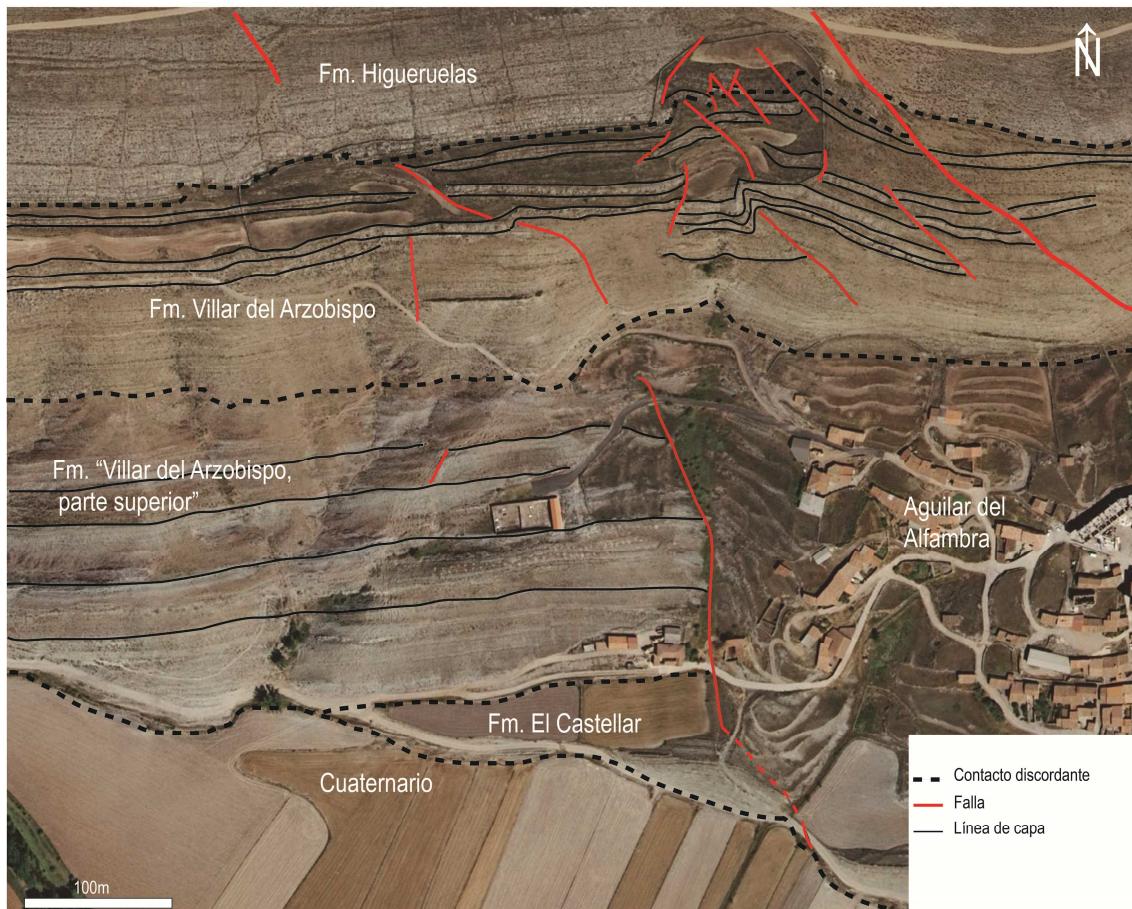


Figura 11. Ortofoto del sector W de Aguilar del Alfambra, donde se ha levantado la Columna del Cementerio. Destaca la existencia de numerosas fallas sinsedimentarias al NW de Aguilar y la división de la Fm. Villar del Arzobispo en dos unidades por su marcado cambio de facies. Tomado de IDEAragon.

Por último, la interpretación del medio sedimentario está condicionada por una regresión en el tránsito Jurásico-Cretácico. A base de la Fm. Villar del Arzobispo aparecen asociaciones de fauna marina como foraminíferos, que constituyen el núcleo de la mayoría de los oolitos. Hacia techo de la “parte superior de la Formación Villar del Arzobispo” aparecen restos de carofitas, así como restos de vertebrados, lo que evidencia la influencia más continental de estos sedimentos. No obstante, la cercanía al mar es manifiesta, ya que se han encontrado de forma puntual foraminíferos bentónicos (lituolídos, orbitolinoideos) en campo y en las láminas delgadas realizadas a techo de la Fm. “Villar del Arzobispo, parte superior” y que, incluso, aparecen en los levigados realizados en sedimentos de la base Fm. El Castellar. Hacia techo de esta Formación la presencia de carofitas y de bioturbación por raíces serían compatibles con medios lacustres de baja energía (Meléndez *et al.*, 2009).

6. CONCLUSIONS

The transition between the Jurassic and the Cretaceous in Ababuj and Aguilar del Alfambra is characterized by the changing of marine to transitional environment and continental environment. The transitional and continental levels have a continental tetrapod fauna and isolated trunks. In the Villar del Arzobispo Formation, it is distinguished two units recognizable cartographic and lithology. The “upper part” of this formation is located between two unconformities at base and at top, suggesting the approach of a new unit unnamed. At the base of the El Castellar Formation appears a conglomerate, which is used as correlation level in both profiles. In this Formation also it recognized two units.

In this area it exists synsedimentary faults, which evidence the important tectonic activity in this period. These faults have conditioned the change of thickness of sediments.

7. AGRADECIMIENTOS

En último lugar agradecer a todas las personas que han colaborado con este Trabajo Fin de Grado. A Carlos L. Liesa, Leandro Martínez y Adán Pérez García por atender amablemente a las consultas realizadas. A Marcos Aurell y Beatriz Bádenas por acompañarme en jornadas de campo y por sus consejos prácticos. Y, por último, agradecer a José Ignacio Canudo, el director de este trabajo, su orientación, dedicación y paciencia.

8. REFERENCIAS

- Alcalá, A. y Martín, C. (1995): Huellas de dinosaurios en el Jurásico superior de Ababuj (Teruel). *Geogaceta*, 17: 19-22.
- Alcalá, L., Espílez, E. y Mampel, L. (2010): *Informe paleontológico de los yacimientos del TM de Aguilar del Alfambra (Teruel)*, exp. 202/2010. Informe inédito. Dirección General de Patrimonio Cultural del Gobierno de Aragón, 35 p.
- Alcalá, L., Cobos, A., Espílez, E., Gascó, F., Mampel, L., Martín Escorza, C. y Royo-Torres, R. (2012): Icnitas de dinosaurios en la Formación Villar del Arzobispo de Ababuj (Teruel, España). *Geogaceta*, 51: 35-38.
- Álvaro, M., Capote, R. y Vegas, R. (1979): Un modelo de evolución geotécnica para la cadena celtibérica. *Acta Geológica Hispánica*, 14:172-177.
- Aurell, M., Bádenas, B., Ipas, J. y Ramajo, J. (2010): Sedimentary evolution of an Upper Jurassic epeiric carbonate ramp (Iberian Basin, NE Spain). *Geological Society of London, Special Publication*, 329: 89-111.
- Buscalioni, A.D. y Sanz, J.L. (1984): Los Arcosaurios (Reptilia) del Jurásico Superior-Cretácico Inferior de Galve (Teruel, España). *Teruel*, 71: 9-28.

- Canudo, J.I., Gasca, J.M., Moreno-Azanza, M. y Aurell, M. (2012): New information about the stratigraphic position and age of the sauropod *Aragosaurus ischiaticus* from the Early Cretaceous of the Iberian Peninsula. *Cambridge University Press*, 149 (2): 252-263.
- Canudo, J.I., Gasulla, J.M., Gómez-Fernández, D., Ortega, F., Sanz, J.L. y Yagüe, P. (2008): Primera evidencia de dientes aislados atribuidos a Spinosauridae (Theropoda) en el Aptiano inferior (Cretácico Inferior) de Europa: Formación Arcillas de Morella (España). *Revista Asociación Paleontológica Argentina*, 45 (4): 649-662.
- Capote, R., Muñoz, J.A., Simón, J.L., Liesa, C.L. y Arlegui, L.E. (2002): 15 Alpine tectonics I: the Alpine system north of the Betic Cordillera. En: *The Geology of Spain* (W. Gibbons y T. Moreno, eds.). Geological Society, London, 367-400.
- Clark, J.M. (1986): *Phylogenetic relationships of the Crocodylomorph Archosaurs*. Tesis Doctoral, Univ. de Chicago, 566 p.
- Dunham, R.J. (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *American Association of Petroleum Geologist Memoir*, 1: 108-121.
- Gautier, F. (1979): *Mapa Geológico de España 1:50000, hoja nº 543 (Villarluengo) y memoria*. IGME, Madrid. 45 p.
- Herrero Gascón, J. y Pérez-Lorente, F. (2012): El Rompido (Aguilar del Alfambra). Icnitas de dinosaurios en la Formación Villar del Arzobispo. Teruel. *Geogaceta*, 51: 39-42.
- Liesa, C.L., Soria, A.R. y Meléndez, A. (2000): Lacustrine Evolution in a Basin Controlled by Extensional Faults: the Galve Subbasin, Teruel, Spain. En: *Lake Basins through Space and Time* (E.H. Gierlowski-Kordesch y K.R. Kelts, eds.). AAPG Studies in Geology, 46: 295-302.
- Liesa, C.L., Soria, A.R., Meléndez, N. y Meléndez, A. (2006): Extensional fault control on the sedimentation patterns in a continental rift basin: El Castellar Formation, Galve sub-basin, Sapin. *Journal of the Geological Society, London*, 163: 487-498.
- Madsen Jr, J. H. (1976): *Allosaurus fragilis: a revised osteology*. Bulletin 109. Utah Geological Survey, Utah, 163 p.
- Mampel, L., Cobos, A., Alcalá, L., Espílez, E., Royo Torres, R., González, A. y Gascó, F. (2010-2011): Icnitas de dinosaurios en Aguilar del Alfambra (Teruel, España). *Teruel*, 93: 41-54.
- Meléndez, N., Liesa, C.L., Soria, A.R. y Meléndez, A. (2009): Lacustrine system evolution during early rifting: El Castellar Formation (Galve sub-basin, Central Iberian Chain). *Sedimentary Geology*, 222: 64-77.
- Pérez-García, A., Scheyer, T.M. y Murelaga, X. (2013): The turtles from the uppermost Jurassic and Early Cretaceous of Galve (Iberian Range, Spain): Anatomical, systematic, biostratigraphic and palaeobiogeographical implications. *Cretaceous Research*, 44: 64-82.
- Phillips, E.W.J. (1948): *Identification of softwoods by their microscopic structure*. H.M. Stationery Office, London, 55 p.

- Richter, H. G., Grosser, D., Heinz, I., y Gasson, P. E. (2004): IAWA list of microscopic features for softwood identification. *IAWA Jl*, 25: 1-70.
- Royo-Torres, R. (2009): Los dinosaurios saurópodos en la Península Ibérica. En: *Actas de las IV Jornadas Internacionales sobre paleontología de dinosaurios y su entorno*, 139-166.
- Royo-Torres, R., Upchurch, P., Mannion, P.D., Mas, R., Cobos, A., Gascó, F., Alcalá, L. y Sanz, J.L. (2014): The anatomy, phylogenetic relationships, and stratigraphic position of the Tithonian-Berriasian Spanish sauropod dinosaur *Aragosaurus ischiaticus*. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 1-33.
- Salas, R. y Casas, A. (1993): Mesozoic extensional tectonics, stratigraphy and crustal evolution during the Alpine cycle of the Eastern Iberian basin. *Tectonophysics*, 228: 33-55.
- Salas, R. y Guimerà, J. (1996): Rasgos estructurales principales de la cuenca del Cretácico inferior del Maestrazgo (Cordillera Ibérica oriental). *Geogaceta*, 20 (7): 1704-1706.
- Salas, R., Guimerà, J., Más, R., Martín-Closas, C., Meléndez, A. y Alonso, A. (2001): Evolution of the Mesozoic central Iberian Rift System and its Cainozoic inversion (Iberian Chain). *Mémoires du Muséum Nationale de l'Historie Naturelle*, 186: 145-185.
- Schweingruber, F. H. (1990): *Anatomie europäischer Hölzer: Ein Atlas zur Bestimmung europäischer Baum-, Strauch- und Ziergestrauchhölzer*. Verlag Paul Haupt, Bern y Stuttgart, 800 p.
- Soria de Miguel A. R. (1997): *La sedimentación en las cuencas marginales del surco Ibérico durante el Cretácico Inferior y su control tectónico*. Tesis Doctoral, Univ. de Zaragoza, 363 p.
- Soria, A.R., Liesa, C.L. y Meléndez, A. (1998): Tectonic model of the Galve Subbasin during lower Cretaceous (Iberian Chain, Spain): half-grabens controlled by transfer faults. En: *XV International Sedimentological Congress. Abstracts*, 731-732.
- Soria, A.R., Meléndez, M.N., Meléndez, A., Liesa C.L., Aurell, M. y Gómez-Fernández, J.C. (2000): The Early Cretaceous of the Iberian Basin (Northeastern Spain). En: *Lake Basins through Space and Time* (E.H. Gierlowski-Kordesch y K.R. Kelts, eds.). AAPG Studies in Geology, 46, 285-294.
- Subías, S. (2014-2015). *Caracterización de los sistemas costeros terrígeno-carbonatados del final del Jurásico (Formación Villar del Arzobispo- Galve)*. Trabajo Fin de Máster, Univ. Zaragoza, 36 p. (sin publicar)
- Wagenführ, R. (1989): *Anatomie des Holzes*. VEB Fachbuchverlag, Leipzig, 377 p.
- Walker, A.D. (1970): A revision of the Jurassic reptile *Hallopus victor* (Marsh), with remarks on the classification of crocodiles. *Philosophical Transactions Royal Society London, Ser. B*, 257: 323-72.

ANEXO I

Referencias apartado sistemática paleontológica:

Se ha incluido la referencia a los grupos supragenéricos.

- Batsch, G.C. (1788): *Versuch einer Anleitung, zur Kenntniss und Geschichte der Thiere und Mineralien*. Akademie Buchhandlung, Jena, 528 p.
- Benton, M.J. y Clark, J.M. (1988): Archosaur phylogeny and the relationships of the Crocodylia. En: *The phylogeny and classification of tetrapods, vol. 1, amphibians, reptiles, birds*. (M.J. Benton, ed.). Clarendon Press, Oxford, 295-338.
- Clark, J.M. (1986): *Phylogenetic relationships of the Crocodylomorph Archosaurs*. Tesis Doctoral, Univ. de Chicago, 566 p.
- Cope, E.D. (1875): Check-list of North American Batrachia and Reptilia with a systematic list of the higher groups and an essay on geographical distribution based on the specimens in the U.S. National Museum. *Bulletin of the United States National Museum*, l: 1-104.
- Cronquist, A., Takhtajan, A., y Zimmermann, W. (1966): On the higher taxa of Embryobionta. *Taxon*, 15: 129-134.
- Engler, A. (1892): *Syllabus der Vorlesungen über specielle und medicinisch-pharmaceutische Botanik. Eine Uebersicht über das gesammte Pflanzensystem mit Berücksichtigung der Medicinal- und Nutzpflanzen*. Gebrüder Borntraeger Verlag, Berlin, 143 p.
- Haeckel, E. H. (1866): *Generelle morphologie der organismen. Allgemeine grundzüge der organischen formen-wissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformirte descendenztheorie*. Reimer, Berlin, 630 p.
- Henkel, J.B. y Hochstetter, W. (1865): *Synopsis der Nadelhölzer, deren charakteristischen Merkmale nebst Andeutungen über ihre Cultur und Ausdauer in Deutschlands Klima*. Verlag der J. G. Cottaschen Buchhandlung, Stuttgart, 446 p.
- Joyce, W.G., Parham, J.F. y Gauthier, J.A. (2004): Developing a protocol for the conversion of rank-based taxon names to phylogenetically defined clade names, as exemplified by turtles. *Journal of Paleontology*, 78: 989-1013.
- Kaznyshkin, M.N., Nalbandyan, L.A. y Nesov, L.A. (1990): Middle and Late Jurassic turtles of Fergana (Kirghiz, USSR). *Yezhegodnik Vsesoyuznogo Paleontologicheskogo Obshchestva*, 32: 185-204.
- Klein, I.T. (1760): *Klassification und kurze Geschichte der vierfüßigen Thiere*. Jonas Schmidt, Lübeck, 381 p.
- Lindley, J. (1830): *The genera and species of Orchidaceous Plants*. Ridgways, Piccadilly, London, 553 p.
- Marsh, O. C. (1881): Notice on new dinosaurian reptiles. *American Journal of Science*, 14: 514-516.

- Owen, R. (1842): Report on British fossil reptiles. *Report of the British Association (Plymouth)* 11: 60-204.
- Seeley, H. G. (1888): Classification of the Dinosauria. *Geological Magazine (Decade III)*, 5(01): 45-46.
- Tong, H., Danilov, I., Ye, Y., Ouyang, H., Peng, G., Li, K. (2012): A revision of xinjiangchelyid turtles from the Late Jurassic of Sichuan Basin, China. *Annales de Paléontologie*, 98: 73-114.
- Walker, A.D. (1970): A revision of the Jurassic reptile *Hallopus victor* (Marsh), with remarks on the classification of crocodiles. *Philosophical Transactions Royal Society London, Ser. B*, 257: 323-72.
- Whetstone K.N. y Whybrow P.J. (1983): A “cursorial” crocodilian from the Triassic of Lesotho (Basutoland), southern Africa. *Occasional Papers of the Museum of Natural History*, 106: 1-37.