

El Cenomaniense-Turonense de Tamajón (Guadalajara, España): contexto geológico, contenido fósil e interpretación paleoambiental

The Cenomanian-Turonian of Tamajón (Guadalajara, Spain): geological context, fossil content and palaeoenvironmental interpretation

Fernando Barroso-Barcenilla^{1,2}, Julia Audije-Gil^{1,3}, Mélani Berrocal-Casero²,
Pedro Miguel Callapez⁴, Beatriz Carenas⁵, María José Comas-Rengifo²,
Fernando García Joral², José Francisco García-Hidalgo¹, Javier Gil-Gil¹, Antonio Goy²,
Senay Amalia Ozkaya de Juanas¹, Sergio Rodríguez García², Vanda Faria dos Santos⁶,
Manuel Segura¹ y Paloma Sevilla²

1. Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente (Grupo de Investigación IberCreta),
Universidad de Alcalá, 28871 Alcalá de Henares, España.

2. Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología (Grupo de Investigación Procesos
Bióticos Mesozoicos), Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, España.

3. Departamento de Biología (Laboratorio de Poblaciones del Pasado),
Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España.

4. Departamento de Ciências da Terra (Centro de Investigação da Terra e do Espaço),
Universidade de Coimbra, 3000-134 Coimbra, Portugal.

5. Departamento de Geología y Geoquímica (Grupo de Investigación IberCreta),
Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España.

6. Departamento de Geologia (Edifício C6 de Campo Grande),
Universidade de Lisboa, 1749-016 Lisboa, Portugal.

Recibido: 10-abril-2018. Aceptado: 23-mayo-2018. Publicado en formato electrónico: 20-junio-2018.

PALABRAS CLAVE: Cretácico Superior, Bioestratigrafía, Paleontología, Fósiles, Tamajón
KEY WORDS: Upper Cretaceous, Biostratigraphy, Palaeontology, Fossils, Tamajón

RESUMEN

La sección del Cenomaniense-Turonense de Tamajón, con un alto valor científico, educativo y divulgativo, incluye las formaciones Utrillas, Villa de Vés y Picofrentes, y la parte inferior de la Formación Ciudad Encantada. Contiene huellas de vertebrados (cocodrilomorfos, un posible dinosaurio terópodo y peces), otros icnofósiles (principalmente *Thalassinoides*), plantas vasculares, una considerable diversidad de invertebrados, incluyendo corales, briozoos, braquiópodos, bivalvos, gasterópodos, cefalópodos, equinodermos (equinoideos) y crustáceos decápodos, y algunos restos de peces y reptiles marinos, entre otros fósiles. El conjunto de la sección registra una transgresión marina y el inicio de una regresión, incluyendo el paso de un medio continental y de transición, a un entorno claramente marino con abundantes invertebrados, que finalmente fue afectado por un descenso eustático.

ABSTRACT

The Cenomanian-Turonian section (Upper Cretaceous) of Tamajón (Guadalajara, Spain) combines high scientific, educational and outreach values. Their materials unconformably lie onto Triassic deposits in Buntsandstein facies, being included into the Utrillas, Villa de Vés and Picofrentes formations, and the lower part of the Ciudad Encantada Formation. The section contains beds showing several tracks (occasionally trackways) of numerous crocodyliforms, a possible theropod dinosaur and some fishes, and different ichnofossils (mainly bioturbations *Thalassinoides*) usually caused by invertebrates. It also yields some fragments of trunks and branches of vascular plants, a high diversity of invertebrates, including scleractinian corals, bryozoans, brachiopods, bivalves (a high variety, including ostreids and rudists), gastropods, cephalopods (mainly ammonoids), echinoderms (echinoids), and decapod crustaceans, together with osteichthyan and chondrichthyan fishes, and marine reptiles, among many other remains. The whole section records a marked marine transgression and the beginning of a regression, showing the change from a terrestrial and transitional setting, with vascular plants and crocodyliforms (Utrillas and Villa de Vés formations), to a fully marine environment, extraordinary rich in molluscs and other invertebrates (Picofrentes Formation), which finally was affected by a notable eustatic fall (lower part of Ciudad Encantada Formation).

1. INTRODUCCIÓN

Aunque la región de Tamajón era conocida, al menos desde la Edad Media, por su notable riqueza en recursos geológicos, como carbón, cuarzo, caolín, yeso y plata, y en 1595 ya tenía explotaciones mineras documentadas (GARCÍA-LÓPEZ, 2017), no fue hasta el primer tercio del siglo XX cuando la abundancia y variedad de sus fósiles comenzó a suscitar interés científico y didáctico. Entre los primeros autores que apreciaron el elevado potencial de la Paleontología de la localidad se encuentra el profesor Modesto Bargalló, de la Escuela Normal de Guadalajara, quien entre las excursiones didácticas que diseñó y desarrolló entre 1915 y 1937 incluyó Tamajón y sus alrededores, destacando su extraordinaria riqueza en fósiles cretácicos y apreciando la utilidad de los mismos para la enseñanza de las Ciencias Naturales (BARGALLÓ, 1934).

Ya en el último tercio del pasado siglo, la región de Tamajón fue incluida por el profesor José Ramón Peláez entre las áreas de campo de la asignatura Cartografía Geológica de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), y asignada a los entonces alumnos Carlos Fernández, Nieves Meléndez, Julio de la Nuez y Sergio Rodríguez, quienes la estudiaron entre 1975 y 1976 como parte de sus trabajos académicos. Poco después, comenzaron los primeros estudios bioestratigráficos detallados de la zona, entre los que se encuentra el realizado por el profesor Antonio Goy, también de la UCM, con motivo de la preparación de la Hoja de Valdepeñas de la Sierra (nº 485) del Mapa Geológico de España (PORTERO-GARCÍA *et al.*, 1990). El desarrollo de todos estos trabajos permitió la rápida obtención de abundante material paleontológico (principalmente invertebrados marinos), la lectura de una Tesis de Licenciatura (MELÉNDEZ-HEVIA, 1984), y el diseño de nuevas excursiones didácticas. Entre ellas, se encuentra la salida preparada entre 1985 y 1986 por A. Goy quien, asesorado por sus colaboradores, los profesores M.J. Comas y S. Rodríguez, consideró el Cretácico de la región óptimo para la enseñanza en campo de la asignatura Paleontología General de la UCM. Asimismo, S. Rodríguez diseñó, como coordinador de Geología del Curso de Orientación Universitaria de Madrid, un itinerario didáctico que incluía Tamajón, proponiendo entre 1987 y 1991 esta localidad a los profesores de los institutos de la región para realizar en ella prácticas de campo con alumnos de Enseñanza Secundaria. Como resultado, desde finales de los años 80 y principios de los 90 del pasado siglo, la zona ha permitido la enseñanza en campo de la Geología en general, y de la Paleontología en particular, a numerosas promociones de Enseñanza Secundaria y Superior.

En los últimos años, el Cretácico de Tamajón (Figs. 1A-C) ha posibilitado la publicación de diversos estudios sistemáticos (*e.g.*, BARROSO-BARCENILLA & GOY, 2007, 2009, 2010; BARROSO-BARCENILLA *et al.*, 2009; SEGURA *et al.*, 2016),

estratigráficos y sedimentológicos (*e.g.*, SEGURA & ELORZA, 2013; GARCÍA-HIDALGO *et al.*, 2016). Asimismo, su extraordinario contenido paleontológico ha suscitado, incluso, el interés de instituciones como la *National Geographic Society* (reportaje “Crocodilos Ibéricos” en *National Geographic Journal*, versión portuguesa de mayo 2016 y versión española de junio 2016), demostrando con ello el elevado potencial no sólo científico y didáctico, sino también divulgativo de la región (BARROSO-BARCENILLA *et al.*, 2016).

En este sentido, la reciente construcción en Tamajón de un nuevo edificio destinado a Centro Cultural, ofrece la posibilidad de habilitar una de sus salas como Centro de Interpretación, lo que facilitaría la transmisión a los estudiantes y al público en general del valor científico y patrimonial de la zona. Con el apoyo de fósiles originales y réplicas, de medios audiovisuales y talleres, la sala podría exponer y presentar de un modo preciso, ameno y adaptado a una amplia variedad de público (GARDNER, 1987), los principales descubrimientos paleontológicos, así como su contexto geológico y paleoambiental. Simultáneamente, serviría de apoyo tanto a las visitas didácticas de distintos grados (colegios, institutos, universidades) como a las lúdicas y turísticas (vecinos, foráneos), ayudando a concienciar sobre la necesidad del estudio y la conservación del rico patrimonio paleontológico de Tamajón, y la utilidad de éste como un valioso recurso para el fomento del desarrollo local por medio del turismo cultural, especialmente del geoturismo, entendiéndose éste según la Declaración de Arouca, emitida en 2011 bajo los auspicios de la UNESCO, como aquel “que sustenta y mejora la identidad de un territorio, considerando su geología, medio ambiente, cultura, valores estéticos, patrimonio y bienestar de sus residentes”.

2. CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

La sección del Cenomaniense-Turonense (Cretácico) de Tamajón se sitúa al noroeste de la provincia de Guadalajara, en el centro de España, localizándose en el borde suroriental del Sistema Central. En concreto, se encuentra al sursureste del municipio que le da nombre, en el paraje denominado Loma de La Horca en la Hoja de Valdepeñas de la Sierra (nº 485) del Mapa Geológico de España. Como es habitual en la región, el Paleozoico se encuentra representado principalmente por pizarras y cuarcitas del Ordovícico con un metamorfismo de grado bajo. Sobre el Paleozoico se dispone discordante el Mesozoico, que incluye materiales continentales del Triásico en facies Buntsandstein, y continentales, de transición y marinos del Cretácico, estando el Jurásico prácticamente ausente. Por encima, adaptándose a los relieves dejados por los materiales anteriores, aparece el Cenozoico, compuesto por depósitos continentales variados (PORTERO-GARCÍA *et al.*, 1990) (Figs. 1B-C).

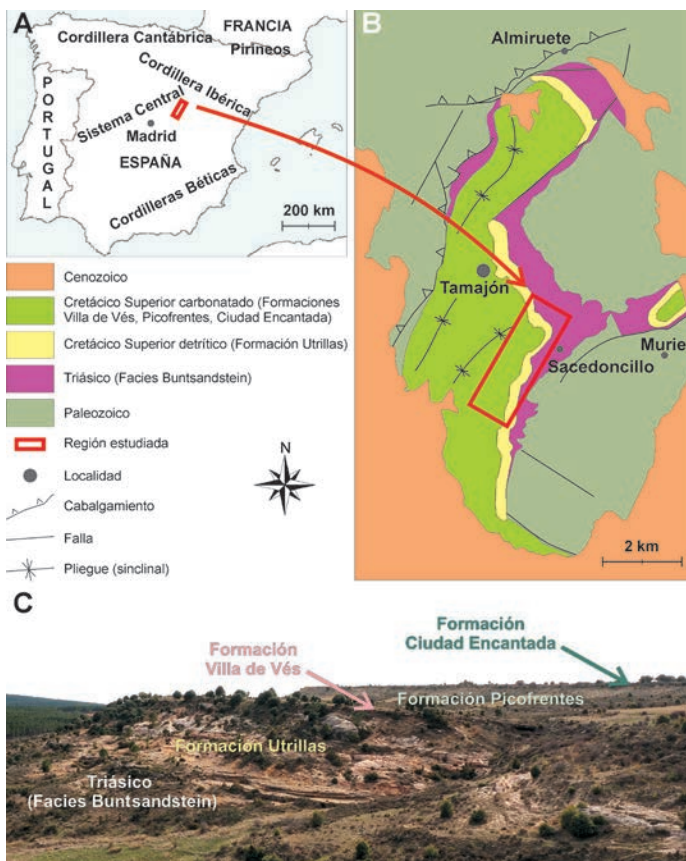


Fig. 1. Contexto geográfico y geológico de Tamajón (Guadalajara, España). A- Localización geográfica general de la región. B- Contexto geológico detallado de la zona estudiada, mostrando los principales intervalos litológicos y las estructuras tectónicas más importantes. C- Imagen fotográfica del Cenomaniense-Turonense (Cretácico Superior) de Tamajón, vista hacia el suroeste, indicando las unidades litoestratigráficas identificadas.

— Geographical and geological context of Tamajón (Guadalajara, España). A- General geographical location of the region. B- Detailed geological context of the studied area, showing the main lithological intervals and the most important tectonic structures. C- Photographic image of the Cenomanian-Turonian (Upper Cretaceous) of Tamajón, view to southwest, indicating the lithostratigraphic units identified.

En concreto, la sección del Cenomaniense-Turonense descansa discordante sobre areniscas conglomeráticas rojizas, lutíticas hacia techo y con escaso contenido fosilífero, que corresponden al Triásico en facies Buntsandstein. La serie del Cretácico (Figs. 2-3) comienza con la Formación Arenas de Utrillas (AGUILAR *et al.*, 1971), constituida por un nivel de hasta 1 m de conglomerados con base erosiva y estratificación cruzada (Fig. 2A) (SEGURA & ELORZA, 2013), sobre el que afloran unos 21 m de areniscas blancas, ocres o rojizas (Fig. 2B), organizadas en bancos con estratificación cruzada y costras ferruginosas, y en

las que se intercalan niveles de microconglomerados y lutitas, siendo estas últimas progresivamente más abundantes hacia techo. Estas areniscas corresponden al Miembro Arenas de Atienza (GIL *et al.*, 2004) y se atribuyen al Cenomaniense medio y superior basal, en función de su posición estratigráfica y por correlación con afloramientos situados al Este, como el de Algora (TORICES *et al.*, 2012). En general, presentan escasos restos fósiles (por el momento, en su parte baja sólo se han reconocido fragmentos de plantas vasculares), destacando también la presencia de un nivel de areniscas ferruginosas con icnitas de cocodrilomorfos, de un posible dinosaurio, y de peces (SEGURA *et al.*, 2016).

Sobre esta unidad afloran hasta 2,5 m de dolomías arenosas tableadas (Fig. 2C), con escaso contenido fosilífero, estratificación cruzada y rizaduras (*ripple-marks*) hacia techo, que muestran un espesor variable pero una gran continuidad lateral. Inmediatamente por encima se disponen unos 4,5 m de lutitas ocres y grisáceas en litosomas lenticulares (Fig. 2D), con algunos restos directos de vertebrados, especialmente dientes de peces seláceos (tiburones), y unos 0,5 m de calcarenitas nodulosas (Fig. 2E), con estratificación cruzada y numerosos bivalvos ostreoides y otros vertebrados a techo. Aunque el conjunto ha sido tradicionalmente asignado a la Formación Arenas, arcillas y calizas de Santa María de las Hoyas (FLOQUET *et al.*, 1982), GIL *et al.* (2004, 2010) han remitido su parte inferior (dolomitizada) a la Formación Dolomías tableadas de Villa de Vés (VILAS *et al.*, 1982), y las lutitas y las calizas bioclásticas suprayacentes a la parte inferior de la Formación Margas de Picofrontes (FLOQUET *et al.*, 1982). A pesar del relativamente escaso contenido fósil del conjunto, los bivalvos, cefalópodos y equinodermos que contienen las calcarenitas nodulosas permiten asignar el intervalo al Cenomaniense superior bajo y medio (MELÉNDEZ-HEVIA, 1984; BARROSO-BARCENILLA *et al.*, 2009).

Por encima, destaca concordante la continuación de la Fm Picofrontes, constituida por unos 35 m de margas grisáceas (especialmente en el tercio inferior) y ocres, con algunas intercalaciones de calizas bioclásticas (Fig. 2F). Comprende el Cenomaniense superior alto y el Turoniense inferior. Sus tramos margosos resultan, al igual que los interestratos calizos, especialmente fosilíferos, con bioturbaciones, algunos braquiópodos, abundantes bivalvos (incluidos rudistas), gasterópodos, cefalópodos, equinodermos y otros invertebrados, y ocasionales restos directos de vertebrados (MELÉNDEZ-HEVIA, 1984; BARROSO-BARCENILLA *et al.*, 2009).

Finalmente, sobre esta unidad aflora parcialmente cubierto un tramo de calcarenitas, calizas margosas y dolomías tableadas con estratificación cruzada (Fig. 2F) que, tras haber sido históricamente atribuido a la Formación Calizas bioclásticas de Muñecas (FLOQUET *et al.*, 1982), ha sido asignado por GIL *et al.* (2004, 2010) a la Forma-

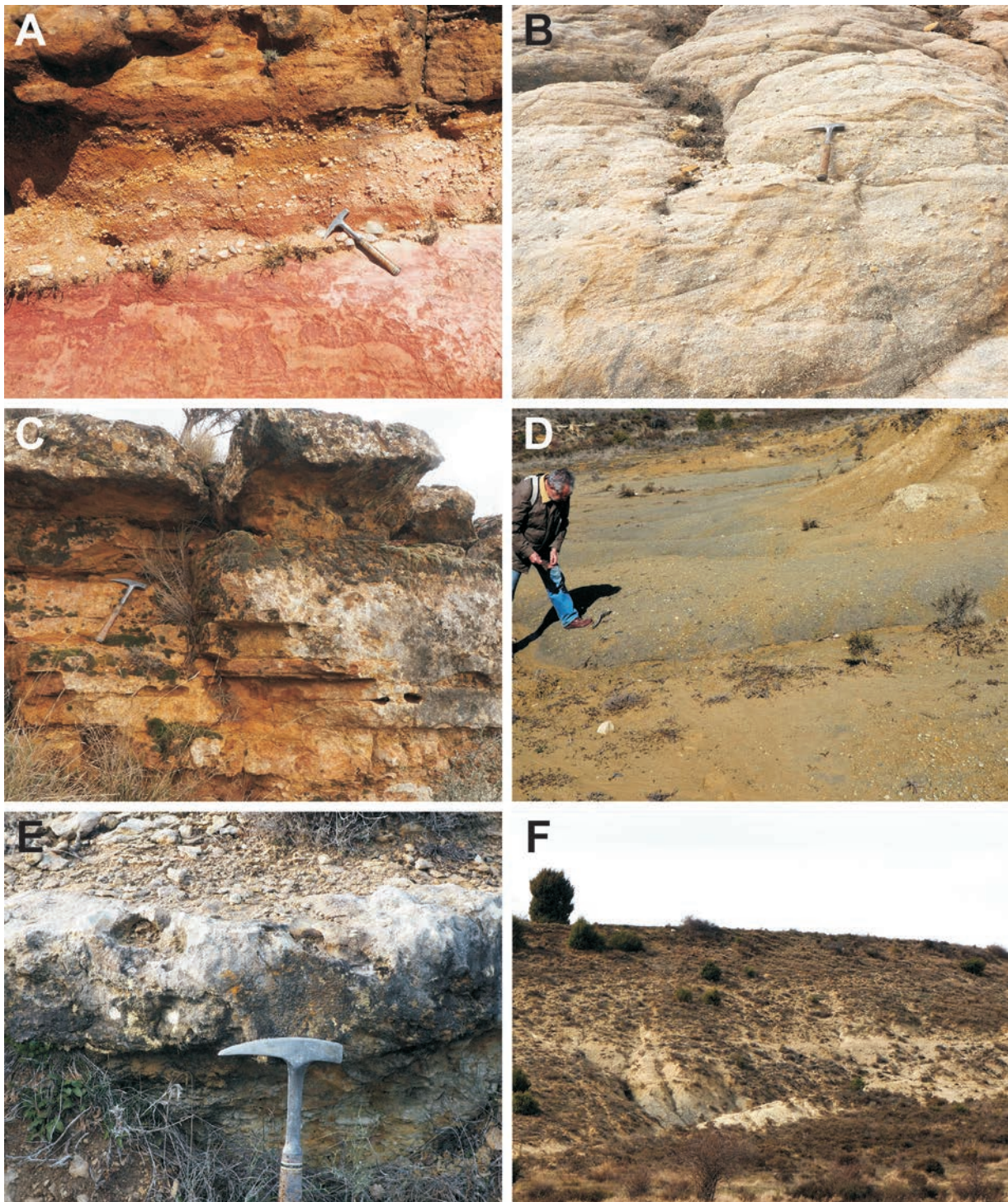


Fig. 2. Imágenes fotográficas de los intervalos litoestratigráficos más representativos del Cenomaniense-Turonense de Tamajón. A- Areniscas conglomeráticas rojizas, lutíticas hacia techo, correspondientes a la parte superior del Triásico en facies Buntsandstein, sobre las que se disponen mediante un contacto erosivo, conglomerados con estratificación cruzada, pertenecientes a la base de la Fm Utrillas. B- Areniscas blancas, ocre o rojizas, organizadas en bancos con estratificación cruzada y costras ferruginosas, y en las que se intercalan niveles de microconglomerados y lutitas, correspondientes a la parte media de la Fm Utrillas. C- Dolomías arenosas tableadas, con estratificación cruzada y rizaduras (*ripple-marks*) hacia techo, pertenecientes a la Fm Villa de Vés. D- Lutitas ocre y grisáceas, en litosomas lenticulares y con restos directos de vertebrados, correspondientes a la parte inferior de la Fm Picofrentes. E- Calcarenitas nodulosas, con estratificación cruzada y numerosos bivalvos ostreoides y otros invertebrados a techo, de la Fm Picofrentes. F- Margas grisáceas y ocre con algunas intercalaciones de calizas bioclásticas, pertenecientes a la Fm Picofrentes, sobre las que se disponen mediante un contacto concordante calcarenitas, calizas margosas y dolomías tableadas, correspondientes a la parte inferior de la Fm Ciudad Encantada. El árbol de la parte superior izquierda de la imagen, situado sobre esta última unidad litoestratigráfica, alcanza 2,5 m de altura.

ción Dolomías de la Ciudad Encantada (MELÉNDEZ, 1971). Presentan escaso contenido fosilífero (principalmente *Thalassinoides* y equinodermos) y, por su posición estratigráfica relativa, se atribuye al Turoniense medio (Fig. 3).

3. CONTENIDO PALEONTOLÓGICO

3.1. Tafonomía

La práctica totalidad de los fósiles de Tamajón (con la principal excepción de algunos ejemplares de equinodermos procedentes de la Fm Ciudad Encantada, notablemente erosionados) carecen de facetas de abrasión, superficies de fractura o desarticulación u otros signos de re-sedimentación o reelaboración tafonómica (*sensu* FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2000), por lo que no parecen haber sufrido alguna alteración destacable de su posición estratigráfica original (BARROSO-BARCEÑILLA *et al.*, 2011).

El material paleontológico identificado hasta la fecha corresponde principalmente a icnofósiles, como huellas de vertebrados (cocodrilomorfos, un posible dinosaurio terópodo y peces) y otras bioturbaciones y bioerosiones (*Thalassinoides*, *Planolites* y *Entobia*), y a moldes y otros tipos de restos de plantas vasculares, y de invertebrados y vertebrados marinos. Entre ellos, los fósiles de invertebrados marinos resultan especialmente abundantes y se hallan habitualmente en buen estado de preservación. Corresponden principalmente a moldes margosos internos (*sensu* FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2000) de bivalvos, gasterópodos y cefalópodos, aunque también se han recogido restos esqueléticos mineralizados o con preservación duripártica (*sensu* SEILACHER, 1970) de organismos, como braquiópodos, bivalvos ostreidos, plicatúlidos y rudistas, equinodermos, corales, briozoos (habitualmente en forma de epizoos dispuestos sobre otros fósiles) y crustáceos. Los restos directos de vertebrados, también en forma de restos esqueléticos mineralizados, son ocasionales y en su mayor parte de pequeño tamaño (por lo general menores de 1 cm), con excepción de algunos cuerpos vertebrales en buen estado de preservación. Estos fósiles corresponden principalmente a

esquirlas de huesos, y a dientes de peces y de reptiles marinos. Los dientes se hallan en muy buen estado de preservación, lo que permite su clasificación sistemática, y conservan las capas externas del esmalte y el cemento (Figs. 4-7).

3.2. Icnofósiles

Recientemente, sobre la superficie de un antiguo canal arenoso con influencia mareal, situado en la parte inferior de la Fm Utrillas, se ha identificado una extraordinaria concentración de huellas (algunas de ellas describiendo rastros) de pies y manos de cocodrilomorfos (Fig. 4A). Entre éstas también se ha reconocido la huella de un pie de posible dinosaurio terópodo de pequeño tamaño, y varios surcos producidos por aletas de peces, cuya morfología corresponde con la de *Undichna unisulca* (SEGURA *et al.*, 2016). Tanto en esta unidad como en la Fm Villa de Vés también se han descrito algunas bioturbaciones de invertebrados (*e.g.*, GARCÍA-HIDALGO *et al.*, 2016), pero escasas y de pequeño tamaño, lo que dificulta su identificación sistemática precisa.

Por el contrario, en varios niveles de la parte media y alta de la sección son relativamente frecuentes las bioturbaciones correspondientes a los icnogéneros *Thalassinoides* (Fig. 4B) y, en menor proporción, *Planolites*, característicos de facies marinas (SEILACHER, 2007). Los registros de *Thalassinoides* se localizan principalmente en la mitad superior de la Fm Picofrentes (en forma de moldes), y en la base de la Fm Ciudad Encantada (como moldes o a modo de oquedades en la caliza encajante, al haber desaparecido el material margoso original). Corresponden a galerías de alimentación y habitación de hasta 2 cm de diámetro, con paredes lisas y frecuentes bifurcaciones en forma de “Y”, realizadas fundamentalmente por crustáceos, junto a otros invertebrados y peces. Los ejemplares de *Planolites*, mucho más escasos, suelen observarse en la mitad superior de la Fm Picofrentes y se identifican como tubos subhorizontales de unos 5 mm de diámetro y varios centímetros de longitud, habitualmente con un relleno diferente a la roca encajante. Suelen ser realizados por gusanos en busca de alimento en las capas superficiales del sedimento.

Fig. 2. Photographic images of the most representative lithostratigraphic intervals of the Cenomanian-Turonian of Tamajón. A- Reddish conglomeratic sandstones, lutitic to the top, corresponding to the upper part of the Triassic in Buntsandstein facies, overlaid by mean of an erosive boundary, by cross-bedded conglomerates, belonging to the base of the Utrillas Formation. B- White, ochre or reddish sandstones, set up in cross-bedded banks with ferruginous crusts, with interbeds of microconglomerates and shales, corresponding to the middle part of the Utrillas Formation. C- Flaggy bioclastic dolostones, with cross-beds and ripple-marks to the top, belonging to the Villa de Vés Formation. D- Ochre and greyish lutites, in lenticular lithosomes and with vertebrate direct remains, corresponding to the lower part of the Picofrentes Formation. E- Nodular calcarenites, with cross-beds and numerous ostreid bivalves at the top, of the Picofrentes Formation. F- Greyish and ochre marlstones with some interbeds of bioclastic limestones, belonging to the Picofrentes Formation, overlaid by mean of a net boundary by calcarenites, by marly limestones and flaggy dolostones, corresponding to the lower part of the Ciudad Encantada Formation. The tree at the upper left part of the image, located over this latter lithostratigraphic unit, reaches 2.5 m high.

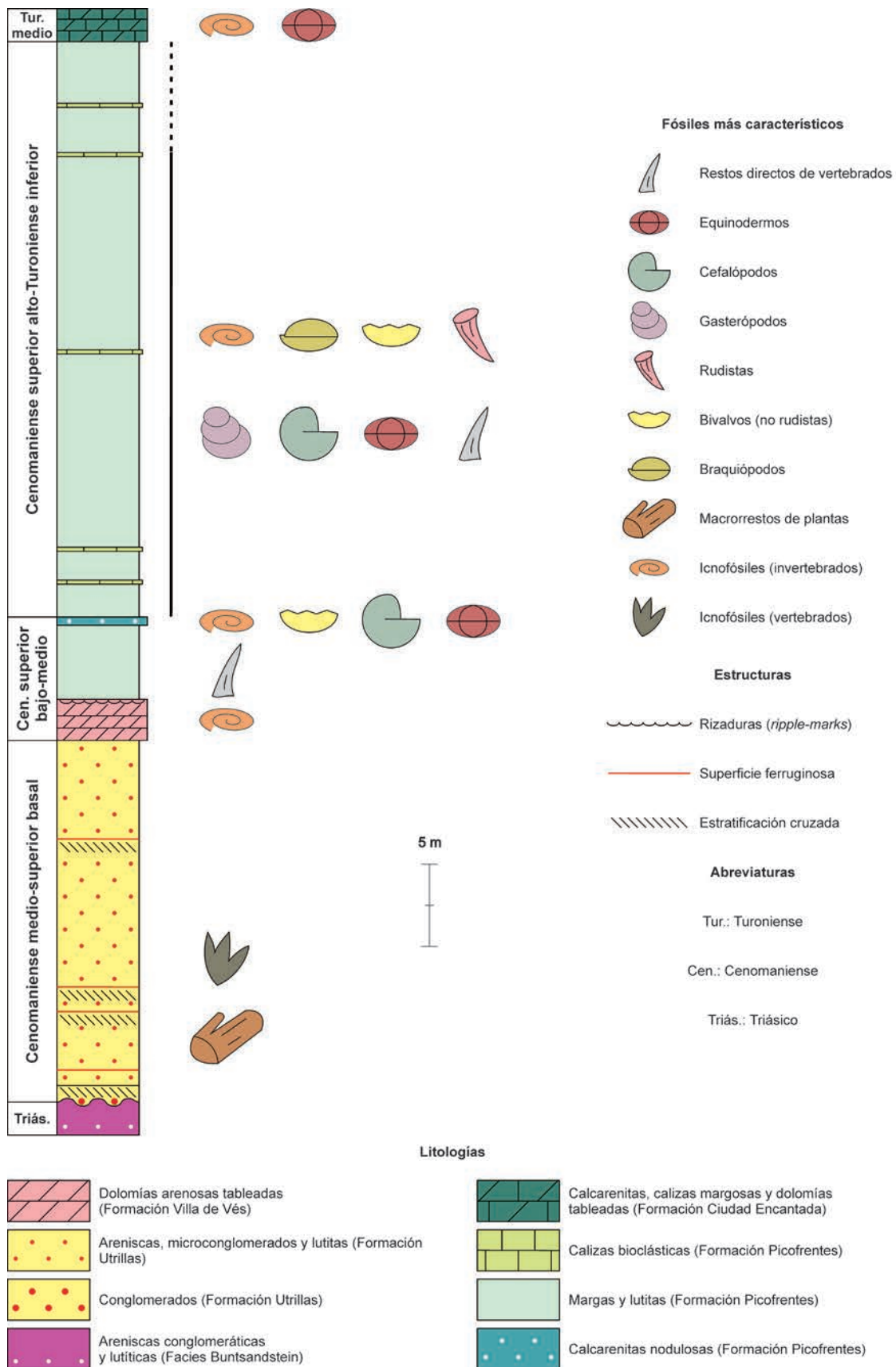


Fig. 3. Sección bioestratigráfica simplificada del Cenomaniense-Turonense de Tamajón, mostrando los fósiles más característicos identificados en los distintos intervalos litológicos observados.
 — Simplified biostratigraphic section of the Cenomanian-Turonian of Tamajón, with the most characteristic fossils identified in the different observed lithological intervals.

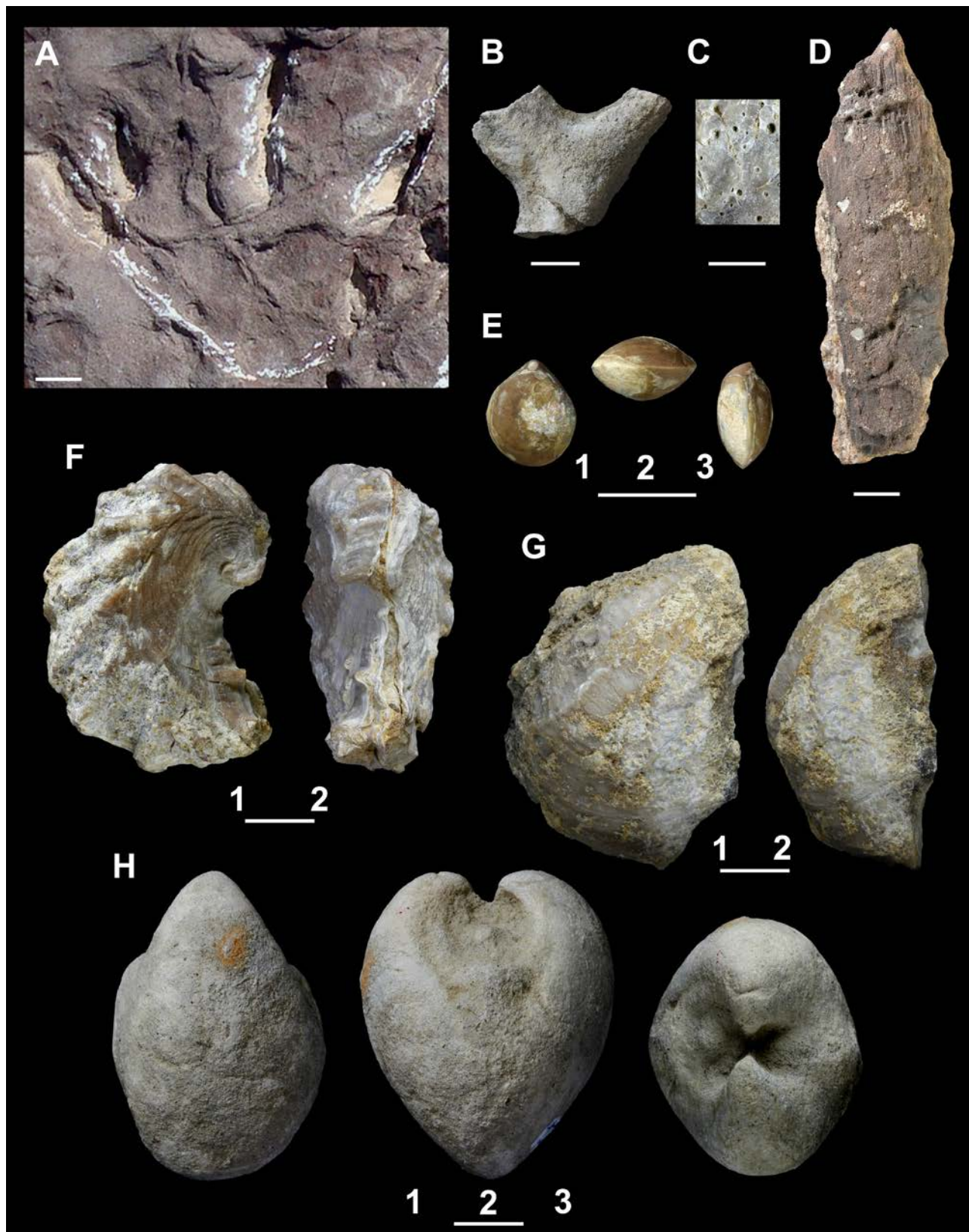


Fig. 4. Fósiles del Cenomaniense-Turonense de Tamajón. Icnofósiles: A- Huella de pie de cocodrilomorfo. B- *Thalassinoides*, bioturbación habitualmente atribuida a invertebrados. C- *Entobia*, bioerosión producida por esponjas. Plantas: D- Fragmento de planta vascular. Braquiópodos: E- *Phaseolina phaseolina*, vistas dorsal (1), frontal (2) y lateral (3). Bivalvos: F- *Cerastostreon flabellatum*, vistas de la valva izquierda (1) y dorsal (2). G- *Rhynchostreon suborbiculatum*, vistas de la valva izquierda (1) y dorsal (2). H- *Granocardium (Granocardium) productum*, vista de la valva (molde) derecha (1), lateral (2) y dorsal (3). Ejemplares B-H depositados en el Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología de la UCM. Escalas A y D: 2 cm, B y E-H: 1 cm, C: 0,5 cm.

Fig. 4. Fossils from the Cenomanian-Turonian of Tamajón. Ichnofossils: A- Crocodyliform footprint. B- *Thalassinoides*, bioturbation usually attributed to invertebrates. Plants: C- *Entobia*, bioerosion produced by sponges. D- Fragment of a vascular plant. Brachiopods: E- *Phaseolina phaseolina*, dorsal (1), frontal (2) and lateral (3) views. Bivalves: F- *Cerastostreon flabellatum*, views of the left valve (1) and dorsal (2). G- *Rhynchostreon suborbiculatum*, views of the left valve (1) and dorsal (2). H- *Granocardium (Granocardium) productum*, views of the right (mould) valve (1), lateral (2) and dorsal (3). Specimens B-H held at the Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología of the UCM. Scales A and D: 2 cm, B and E-H: 1 cm, C: 0.5 cm.

Por su parte, algunas conchas de bivalvos procedentes de la Fm Picofrentes muestran conjuntos de pequeñas perforaciones subcirculares, habitualmente con diámetros inferiores a 1 mm, que corresponden a la bioerosión *Entobia* (Fig. 4C), causada por esponjas incrustantes clonoides.

3.3. Macrorrestos de plantas

Los microfósiles de plantas son relativamente raros y, por el momento, sólo se han observado en la Fm Utrillas, generalmente asociados a los episodios más energéticos de la parte inferior de esta unidad litoestratigráfica (GARCÍA-HIDALGO *et al.*, 2016). Corresponden a fragmentos, que en ocasiones pueden llegar a alcanzar tamaños decimétricos, de troncos y ramas de plantas vasculares (Fig. 4D), posiblemente asignables a algunas de las numerosas angiospermas y gimnospermas de bosques subtropicales abiertos descritas en el Cretácico Superior de la región, principalmente por medio de sus palinomorfos (DIÉGUEZ *et al.*, 2010; PEYROT *et al.*, 2011).

3.4. Braquiópodos

Los representantes de este grupo resultan escasos, y aparecen en la Fm Picofrentes. Corresponden a ejemplares de pequeño tamaño (aproximadamente de 1 cm de longitud), de contorno pentagonal ovalado y perfil biconvexo. La superficie de su concha es lisa, con algunas estrías de crecimiento, y la comisura frontal uniplegada. El foramen es redondeado, de tamaño medio y permesotirido. Estos braquiópodos se han identificado como terebratulidos de la especie *Phaseolina phaseolina* (Fig. 4E), diagnóstica del Cenomaniense superior-Turonense inferior. Su importancia como forma indicadora del primero de estos dos subpisos ha sido destacada por GASPARD (2014). Actualmente, existe una línea de investigación sobre braquiópodos del Cretácico Superior (BERROCAL-CASERO *et al.*, 2017), que podrá aportar nuevos datos de este grupo.

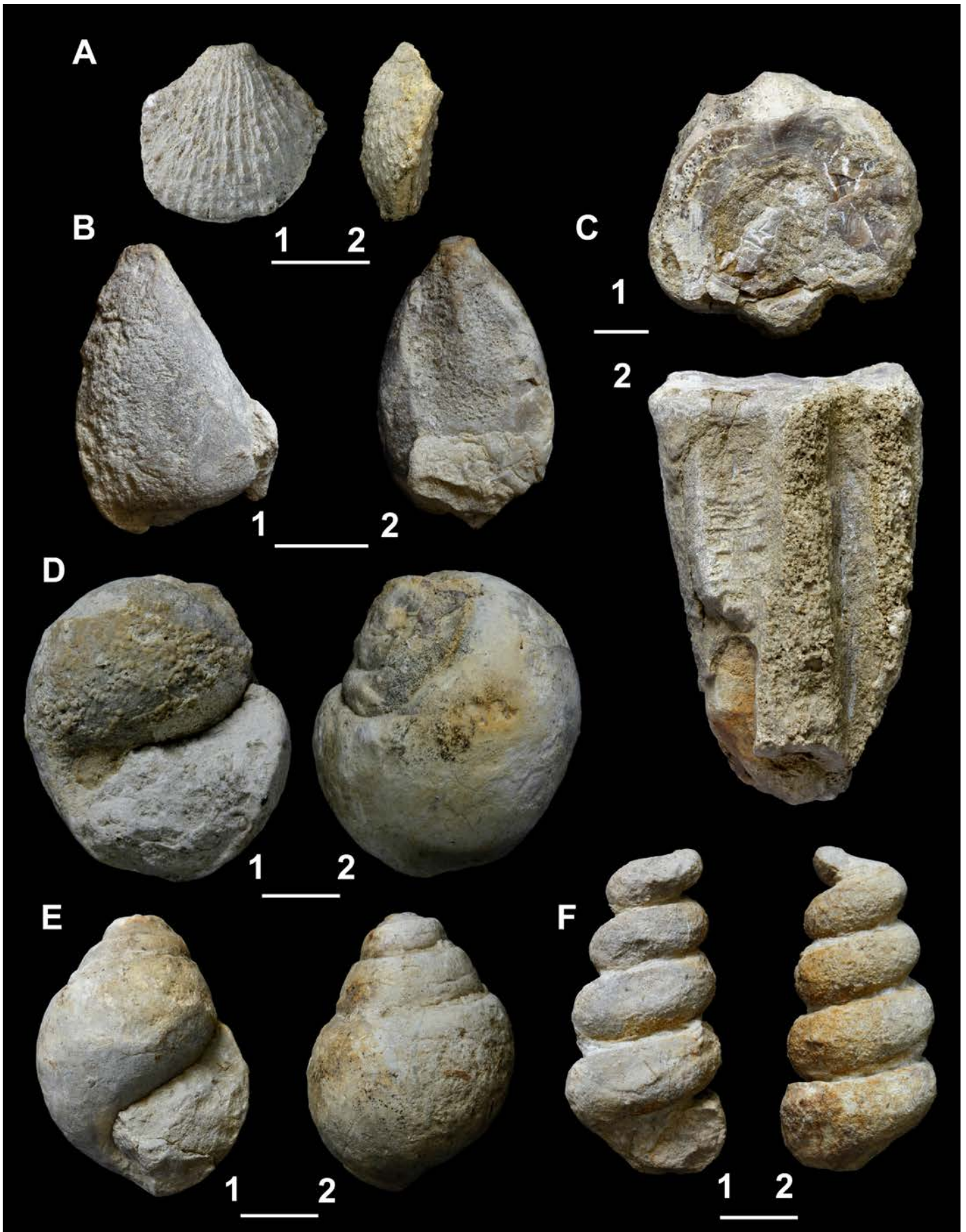
3.5. Bivalvos

Entre estos moluscos, destacan por su abundancia los ejemplares de ostreidos Gryphaeidae, con enrollamiento espiral en sus valvas, como *Cerastostreon flabellatum* (Fig. 4F), *Ilymatogyra pseudoafricana*, *Rhynchostreon suborbiculatum* (Fig. 4G) y *Exogyra (Costagyra) olisiponensis*. En detalle, *C. flabellatum* presenta ambas valvas planoconvexas y cubiertas por costillas radiales espaciadas, pliegues y líneas de crecimiento irregulares. *I. pseudoafricana* y *R. suborbiculatum* muestran una de las valvas mucho más convexa, y su extremo umbonal describe un enrollamiento espiral muy pronunciado. La principal diferencia entre ambas se halla en que, en la segunda la ornamentación se encuentra reducida a líneas de crecimiento y la valva opuesta es bastante más pequeña y operculiforme. *E. (C.) olisiponensis* desarrolla valvas desiguales con siete costillas gruesas e irregulares, siendo una mucho más convexa y otra operculiforme, encontrándose ambas cubiertas por líneas y lamelas de crecimiento concéntricas (BERROCAL-CASERO *et al.*, 2013).

También se han obtenido algunos ejemplares de *Granocardium (Granocardium) productum* (Fig. 4H), con dos valvas simétricas, débilmente inequilaterales y muy convexas, ornamentadas con numerosas costillas regulares cubiertas de filas de espinas, y varios especímenes de *Plicatula auressensis* (Fig. 5A), de pequeño tamaño y con dos valvas espatuladas revestidas de numerosas costillas fuertes y también cubiertas de espinas. Asimismo, se han recogido algunos bivalvos asignables a los géneros *Trigonarca* (Fig. 5B), con valvas simétricas de charnelas rectas y alargadas, y ornamentación externa simple, y *Pholadomya*, con forma oval e inequilateral en la que la comisura de las dos valvas cerradas no se toca en su extremo posterior.

Aunque escasos, se han hallado varios rudistas radiolítidos cuya morfología resulta comparable a la de *Durania arnaudi* (Fig. 5C), también identificada en el cercano afloramiento de Santaamera (BERROCAL-CASERO *et al.*, 2013). Esta especie se caracteriza por mostrar la valva superior

Fig. 5. Fósiles del Cenomaniense-Turonense de Tamajón. Bivalvos: A- *Plicatula auressensis*, vistas de la valva izquierda (1) y lateral (2). B- *Trigonarca* sp., vistas de la valva (molde) derecha (1) y dorsal (2). C- *Durania arnaudi*, vistas de las valvas superior (1) e inferior (2). Gasterópodos: D- *Tylostoma ovatum*, vistas oral (1) y aboral (2). E- *Tylostoma torrubiae*, vistas oral (1) y aboral (2). F- *?Drepanocheilus* sp., vistas oral (1) y aboral (2). Ejemplares depositados en el Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología de la UCM. Escalas: 1 cm. — Fossils from the Cenomanian-Turonian of Tamajón. Bivalves: A- *Plicatula auressensis*, views of the left valve (1) and lateral (2). B- *Trigonarca* sp., views of the right (mould) valve (1) and dorsal (2). C- *Durania arnaudi*, views of the upper (1) and lower (2) valves. Gastropods: D- *Tylostoma ovatum*, oral (1) and aboral (2) views. E- *Tylostoma torrubiae*, oral (1) and aboral (2) views. F- *?Drepanocheilus* sp., oral (1) and aboral (2) views. All the specimens are held at the Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología of the UCM. Scales: 1 cm.



operculiforme y la inferior masiva y cilindro-cónica, la estructura interna reticulada, y la superficie externa cubierta por finas costillas regulares.

Muchos de estos taxones de bivalvos, representativos de las faunas bentónicas del intervalo estratigráfico estudiado, incluyen formas ampliamente distribuidas por las plataformas carbonatadas ibéricas, francesas y, principalmente, norteafricanas del Mar de Tethys, y revelan condiciones ambientales cálidas, con aguas someras y sustratos oxigenados.

3.6. Gasterópodos

Esta clase se encuentra representada en la Fm Picofrentes por asociaciones bentónicas en las que predominan los moldes de *Tylostoma ovatum* (Fig. 5D) y *Tylostoma torrubiae* (Fig. 5E), típicos de facies de plataforma interna (BERROCAL-CASERO *et al.*, 2013). *T. ovatum* muestra una forma ovoide, casi esférica, de espira muy corta, formada por vueltas circulares lisas y de abertura estrecha. Por su parte, *T. torrubiae* presenta forma oval, con espiras salientes y deprimidas, y abertura elíptica. Su última espira alcanza poco más de la mitad de la longitud total, siendo más alargada o fusiforme que la de la especie anterior.

También se han recogido algunos gasterópodos fusiformes y turrítelados, con espiras de sección redondeada que, en ocasiones, conservan restos de una ornamentación fina, y que parecen corresponder a representantes del género *Drepanocheilus* (Fig. 5F).

3.7. Cefalópodos

Aunque se han identificado algunos fragmentos de nautiloideos *Angulithes mermeti*, la práctica totalidad de los cefalópodos obtenidos corresponde a ammonites, procedentes de la Fm Picofrentes. Las casi 30 especies identificadas han permitido el establecimiento de una detallada zonación bioestratigráfica (MELÉNDEZ-HEVIA, 1984; BARROSO-BARCENILLA *et al.*, 2009), y la correlación de Tamajón con otros afloramientos, tanto de España y de Portugal como del resto del suroeste de Europa y del norte de África (BARROSO-BARCENILLA *et al.*, 2011; SEGURA *et al.*, 2014). Entre las especies representadas, en la parte inferior de la formación destacan *Eucalycoceras rowei*, *Neolobites vibrayanus* y *Metoicoceras geslinianum* (Fig. 6A). Esta última se caracteriza por su tamaño

adulto relativamente reducido, por desarrollar un enrollamiento moderadamente involuto y comprimido, con vientre estrecho y flancos planos o ligeramente convexos, y una ornamentación compuesta por costillas amplias y poco marcadas y por tubérculos ventrolaterales externos e internos y umbilicales. *M. geslinianum* presenta un gran valor bioestratigráfico (es índice de biozona), y una amplia distribución geográfica.

En la parte media de la Fm Picofrentes aparecen especies como *Vascoceras gamai*, *Vascoceras charoni*, *Vascoceras barcoicense*, *Spathites (Jeanrogericeras) subconciliatus*, *Vascoceras durandi*, *Choffaticeras (Choffaticeras) quaasi*, *Spathites (Jeanrogericeras) saenzi* (Fig. 6B), *Vascoceras harttii* (Fig. 6C), *Spathites (Ingridella) malladae*, y *Vascoceras kossmati*. *S. (J.) saenzi*, con espira ligeramente evoluta y deprimida, vientre plano o ligeramente cóncavo, flancos arqueados, y ornamentación formada por robustos tubérculos umbilicales, de los que nacen costillas marcadas y con tubérculos ventrolaterales internos y externos, puede considerarse, al igual que *C. (C.) quaasi*, índice de la base del Turoniense (BARROSO-BARCENILLA *et al.*, 2009). Por su parte, *V. harttii*, al igual que *V. durandi* y *V. kossmati*, representa a los cadiconos globosos, relativamente involutos y prácticamente lisos, que son frecuentes en la parte media de esta unidad litoestratigráfica.

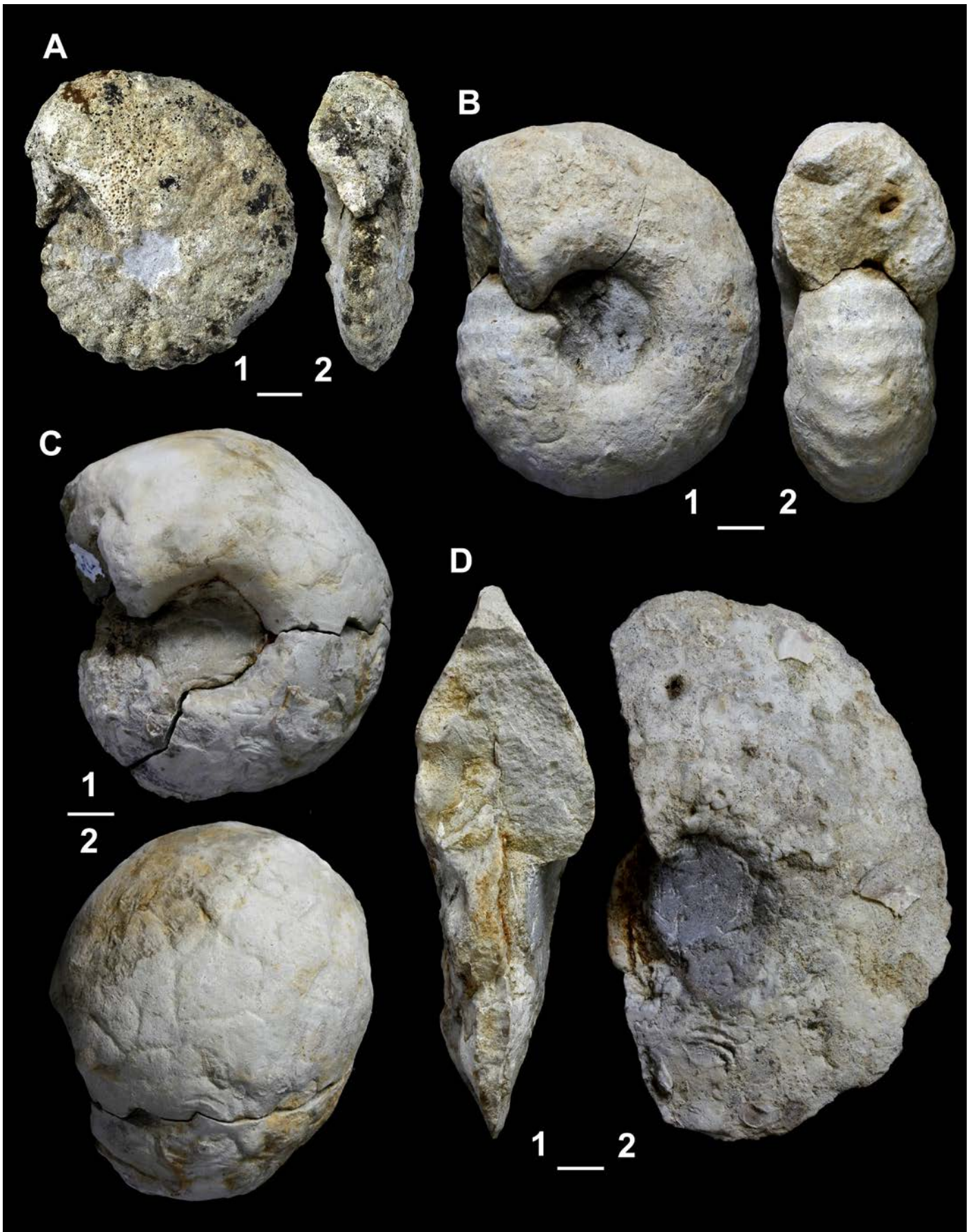
Finalmente, en la parte superior de la formación, destacan especies como *Spathites (Jeanrogericeras) reveliereanus*, *Choffaticeras (Leonicerias) luciae*, *Choffaticeras (Leonicerias) barjonai* (Fig. 6D), *Fagesia mortzestus* y *Fagesia superstes*. En concreto, *C. (L.) barjonai*, al igual que *C. (L.) luciae*, caracteriza a los oxiconos relativamente grandes, lisos, involutos y comprimidos (muy hidrodinámicos) que abundan en el tramo alto de la sección.

3.8. Equinodermos

En la Fm Picofrentes se han identificado ejemplares de equinodermos, concretamente de equinoideos regulares *Tetragramma variolare* (Fig. 7A), e irregulares *Mecaster scutiger* (Fig. 7B) y *Hemiaster bufo* (Fig. 7C). *T. variolare* muestra caparazón subcircular deprimido, talla mediana, sistema apical cerrado, ambulacros con doble hilera de poros en la región adapical, y dos grandes tubérculos en cada placa interambulacral. *M. scutiger* presenta caparazón ovoide, deprimido, alargado en la parte anterior y truncado en la

Fig. 6. Fósiles del Cenomaniense-Turoniense de Tamajón. Cefalópodos (ammonites): A- *Metoicoceras geslinianum*, vistas lateral (1) y oral (2). B- *Spathites (Jeanrogericeras) saenzi*, vistas lateral (1) y oral (2). C- *Vascoceras harttii*, vistas lateral (1) y ventral (2). D- *Choffaticeras (Leonicerias) barjonai*, vistas oral (1) y lateral (2). Ejemplares depositados en el Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología de la UCM. Escalas: 1 cm.

— Fossils from the Cenomanian-Turonian of Tamajón. Cephalopods (ammonites): A- *Metoicoceras geslinianum*, lateral (1) and oral (2) views. B- *Spathites (Jeanrogericeras) saenzi*, lateral (1) and oral (2) views. C- *Vascoceras harttii*, lateral (1) and ventral (2) views. D- *Choffaticeras (Leonicerias) barjonai*, oral (1) and lateral (2) views. All the specimens are held at the Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología of the UCM. Scales: 1 cm.



posterior, sistema apical subcentral, ambulacros surcados con una hilera de poros en el lado derecho, fasciola periambulacral, tubérculos dorsales escasos, y periprocto superior en la parte posterior. *H. bufo* muestra caparazón más globoso, sistema apical subcentral desplazado hacia la parte posterior, ambulacros surcados y poco profundos, ambulacros posteriores notablemente más cortos que los anteriores, y fasciola periambulacral y subanal.

En la misma formación también se han obtenido algunos representantes del género *Stereocidaridaris* (Fig. 7D), caracterizado por su caparazón circular y globoso, sistema apical dicíclico, ambulacros sinuosos con tubérculos marginales más grandes, placas interambulacrales con robustos tubérculos perforados, y aureolas profundas rodeadas de otros tubérculos mucho más pequeños. La presencia de todos ellos revela condiciones paleoambientales francamente marinas, euhalinas, con los substratos oxigenados y estables característicos de los hemiastéridos infaunales (BARROSO-BARCENILLA *et al.*, 2016). Por su parte, en la base de la Fm Ciudad Encantada se han identificado algunas tecas de equinoideos reelaboradas que, debido a la abrasión sufrida han perdido la mayoría de sus características diagnósticas, pudiendo ser en ocasiones confundidos con nódulos de algas.

3.9. Otros invertebrados

En los tramos margosos y los interestratos calizos de la Fm Picofrentes resultan frecuentes los fragmentos de colonias de corales escleractinios (Fig. 7E). En la misma unidad también son habituales las colonias de briozoos Cheilostomatida (Fig. 7F) y los tubos de anélidos poliquetos serpúlidos, que se presentan generalmente como epizosos dispuestos sobre otros fósiles, mayoritariamente bivalvos.

Aunque bastante más escasos, también se han obtenido algunos restos de pinzas (quelas) de crustáceos decápodos (Fig. 7G), probablemente relacionados con los taxones identificados recién

temente en el Cenomaniense superior del próximo afloramiento de Condemios (Ossó, 2016).

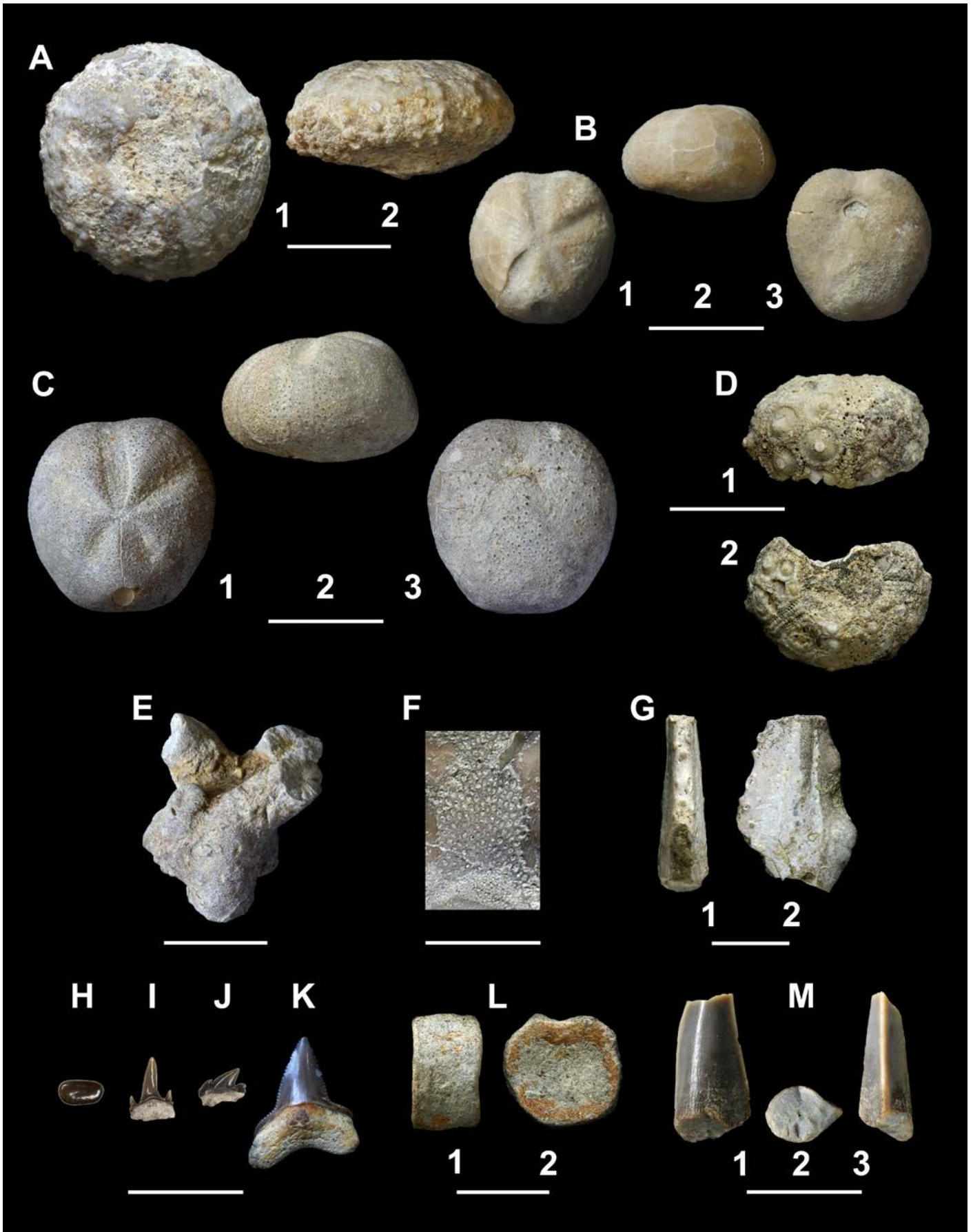
3.10. Restos directos de vertebrados

Los restos esqueléticos de vertebrados se encuentran representados en Tamajón de forma muy esporádica. Los registros tienden a concentrarse en la parte inferior de la Fm Picofrentes, especialmente en los litosomas lenticulares de lutitas ocreas y grisáceas, en los que predominan los ejemplares que raramente superan los 10 mm. En el resto de la formación, los fósiles de vertebrados son aún más raros, pero habitualmente de mayor talla. Los hallazgos consisten principalmente en dientes, aunque también en restos óseos (generalmente vértebras), de peces osteictios y condictios, y de reptiles marinos. Entre los osteictios (peces óseos), los dientes, de corona baja y sin raíz, parecen corresponder a los típicos de los actinoptergios holósteos picnodontiformes (Fig. 7H). Estos dientes, situados en los huesos esplenial y vómer, forman en el paladar del pez varias hileras, siendo de contorno ovalado los de la central y redondeados los de las laterales.

Por su parte, entre los condictios (peces cartilaginosos), los dientes más frecuentes presentan morfologías correspondientes a los géneros de elasmobranquios seláceos lamniformes (tiburones) *Odontaspis* (Fig. 7I), *Cretolamna* (Fig. 7J) y *Squalicorax* (Fig. 7K). El grupo más abundante, *Odontaspis*, muestra una cúspide principal estrecha, alargada y muy afilada. La raíz consta de dos lóbulos divergentes muy bien diferenciados, presentando en las formas adultas uno o dos denticulos laterales agudos, ausentes en las formas juveniles. *Cretolamna* incluye dientes alargados con raíz corta y lóbulos poco definidos. La cúspide principal es relativamente baja, ancha y ligeramente asimétrica. A cada lado de ésta se puede observar la presencia de sendos denticulos laterales bien desarrollados. Ocasionalmente puede aparecer un denticulo adicional casi imperceptible en la

Fig. 7. Fósiles del Cenomaniense-Turonense de Tamajón. Equinodermos (equinoideos): A- *Tetragramma variolare*, vistas apical (1) y lateral (2). B- *Mecaster scutiger*, vistas apical (1), lateral (2) y oral (3). C- *Hemiaster bufo*, vistas apical (1), lateral (2) y oral (3). D- *Stereocidaridaris* sp., vistas lateral (1) y apical (2). Corales: E- Fragmento de colonia de escleractinios. F- Briozoos: Colonia de Cheilostomatida sobre una concha fósil de bivalvo. Crustáceos: G- Fragmento de pinza (quela) de decápodo, vistas interna (1) y lateral (2). Peces: H- Diente de holósteo picnodontiforme, vista oclusal. I- Diente de seláceo lamniforme *Odontaspis*, vista labial. J- Diente de seláceo lamniforme *Cretolamna*, vista labial. K- Diente de seláceo lamniforme *Squalicorax*, vista labial. L- Cuerpo vertebral de seláceo, vistas lateral (1) y anterior (2). Reptiles: M- Diente de reptil marino, vista lateral lingual (1), sección basal (2), y vista posterior (3). Ejemplares depositados en el Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología de la UCM. Escalas A-F y L: 1 cm, G-K y M: 0,5 cm.

— Fossils from the Cenomanian-Turonian of Tamajón. Echinoderms (echinoids): A- *Tetragramma variolare*, apical (1) and lateral (2) views. B- *Mecaster scutiger*, apical (1), lateral (2) and oral (3) views. C- *Hemiaster bufo*, apical (1), lateral (2) and oral (3) views. D- *Stereocidaridaris* sp., lateral (1) and apical (2) views. Corals: E- Fragment of a colony of scleractinians. F- Bryozoans: Colony over a bivalve fossil shell. Crustaceans: G- Fragment of a decapod claw (chela), inner (1) and lateral (2) views. Fishes: H- Pycnodontiform holostean tooth, occlusal view. I- *Odontaspis* lamniform selacean tooth, labial view. J- *Cretolamna* lamniform selacean tooth, labial view. K- *Squalicorax* lamniform selacean tooth, labial view. L- Selacean vertebral centrum, lateral (1) and anterior (2) views. Reptiles: M- Marine reptile tooth, lateral lingual view (1), basal section (2), and posterior view (3). All the specimens are held at the Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología of the UCM. Scales A-F and L: 1 cm, G-K and M: 0.5 cm.



región posterior. El grupo más raro, *Squalicorax*, muestra una cúspide principal robusta y recurvada hacia la región posterior, donde puede presentar un pequeño talón. La raíz es de desarrollo medio con los lóbulos variablemente definidos. El filo de la cúspide principal y el talón están fuertemente aserrados. También escasos son otros restos esqueléticos de condriactios, correspondiendo estos hallazgos habitualmente a centros vertebrales (Fig. 7L) de pequeño tamaño.

Aunque aún más raros, también existen registros muy ocasionales de fragmentos dentales (Fig. 7M) y de esquirlas de huesos asignables a algún reptil indeterminado. Los dientes muestran morfologías cónicas, ligeramente comprimidas lateralmente, y presentan filos anterior y posterior. Su esmalte es fino y suele estar levemente estriado. Todas estas características coinciden con las propias de los dientes de algunos reptiles marinos del Cretácico, pero el estado fragmentario de los ejemplares recogidos hasta la fecha en Tamajón impide relacionar éstos con algún grupo sistemático concreto.

4. INTERPRETACIÓN PALEOAMBIENTAL

El estudio de las características litológicas, las estructuras sedimentarias y los fósiles identificados en las diferentes unidades observadas en Tamajón permite reconstruir la evolución del paleoambiente que predominó en la región durante el Cenomaniense-Turonense. La parte inferior de la Fm Utrillas revela la existencia de un medio continental, relacionado con un sistema fluvial trenzado de alta energía, con bancos con base erosiva y estratificación cruzada (Fig. 8A), y en cuyos episodios de sedimentación se depositaron restos de plantas vasculares (Fig. 4D). Entre ellas, probablemente se encontraban las propias de los bosques subtropicales abiertos, generalmente dominados por angiospermas, pero también con abundantes gimnospermas, representadas por coníferas *Classopollis* y, en menor medida, por otras coníferas Taxodiaceae-Cupressaceae, Pinaceae,

Araucariaceae y Cheirolepidiaceae (DIÉGUEZ *et al.*, 2010; PEYROT *et al.*, 2011). Este entorno se hallaba situado relativamente cerca de la costa, como revela el nivel de areniscas ferruginosas con icnitas de cocodrilomorfos, un posible dinosaurio terópodo y peces (Figs. 4A, 8B), que corresponde a un depósito de margen de canal con influencia mareal (SEGURA *et al.*, 2016).

El progreso de la importante transgresión marina del Cenomaniense superior-Turonense inferior queda claramente registrado en la parte superior de la Fm Utrillas, y el conjunto de las fms. Villa de Vés, con estratificación cruzada y rizaduras (*ripple-marks*) intermareales o submareales a techo (Figs. 2C, 8C), y Picofrentes, con abundantes restos de organismos netamente marinos (MELÉNDEZ-HEVIA, 1984; BARROSO-BARCENILLA *et al.*, 2009), como bivalvos rudistas, cefalópodos, equinodermos, corales y peces seláceos (Figs. 5C, 6A-D, 7A-E, I-L). En concreto, el primer intervalo de esta última formación (litomasas lenticulares de lutitas ocreas y grisáceas con pequeños dientes de seláceos y otros peces, Fig. 2D) corresponde a un ambiente somero y de baja energía, que puede relacionarse con una zona protegida del oleaje, aparentemente por una barra costera. El nivel de calcarenitas nodulosas, con numerosos bivalvos ostreidos y otros invertebrados a techo (Figs. 2E, 8D), corresponde a la posible barra costera, situada en la zona de rompiente del oleaje. El resto de la Fm Picofrentes se caracteriza por sus facies margosas, en las que la presencia de numerosos ammonites junto a la abundancia de organismos endobentónicos (bivalvos, equinoideos irregulares), revela un sustrato menos firme y unas condiciones de aguas más abiertas y profundas que las anteriores (MORATILLA-GARCÍA *et al.*, 2015). Este intervalo corresponde a un ambiente de plataforma marina abierta y relativamente profunda, situada por debajo del nivel de base del oleaje, que registró tramos margosos notablemente oscurecidos (Figs. 2F, 8E). Los intervalos enriquecidos en materia orgánica habitualmente se asocian en medios relativamente profundos al Evento Anó-

Fig. 8. Imágenes fotográficas de detalles de estructuras sedimentarias y restos paleontológicos del Cenomaniense-Turonense de Tamajón. A- Microconglomerados y areniscas con laminación cruzada en la parte inferior de la Fm Utrillas, interpretados como depósitos de un sistema fluvial trenzado de alta energía. B- Superficie de areniscas ferruginosas con huellas de cocodrilomorfos, un posible dinosaurio terópodo y peces en la parte inferior de la Fm Utrillas, correspondiente a un margen de canal somero con influencia mareal. C- Rizaduras (*ripple-marks*) intermareales o submareales en el techo de la Fm Villa de Vés. D- Ostreido y fragmentos de otros bivalvos en el nivel de calcarenitas nodulosas de la Fm Picofrentes. E- Tramo margoso notablemente oscurecido en la Fm Picofrentes, que coincide con el importante máximo eustático del tránsito del Cenomaniense al Turonense. F- Moldes de bioturbaciones *Thalassinoides* en la parte inferior de la Fm Ciudad Encantada.

— Photographic images of some details of sedimentary structures and palaeontological remains of the Cenomanian-Turonian of Tamajón. A- Cross-bedded microconglomerates and sandstones in the upper part of the Utrillas Formation, interpreted as deposits of a high energy braided fluvial system. B- Surface of ferruginous sandstones with tracks of crocodyliforms, a possible theropod dinosaur and fishes in the lower part of the Utrillas Formation, corresponding to a margin of a shallow channel with tidal influence. C- Intertidal or subtidal ripple-marks to the top of the Villa de Vés Formation. D- Ostreid and fragments of other bivalves in the bed of nodulous calcarenites of the Picofrentes Formation. E- Markedly darkened interval in the Picofrentes Formation, coinciding with the eustatic maximum of the Cenomanian to Turonian transition. F- Mould of *Thalassinoides* bioturbations in the lower part of the Ciudad Encantada Formation.



xico Oceánico-2 (OAE-2 *sensu* SCHLANGER & JENKINS, 1976), que coincide con el importante máximo eustático del tránsito del Cenomaniense al Turoniense (BARROSO-BARCENILLA *et al.*, 2011; PEYROT *et al.*, 2011; SEGURA *et al.*, 2014).

Finalmente, la base de la Fm Ciudad Encantada, con numerosas bioturbaciones (principalmente *Thalassinoides*) y algunos equinoideos reelaborados (Figs. 2F, 8F), corresponde a una plataforma carbonatada marina (GARCÍA-HIDALGO *et al.*, 2007), de aguas poco profundas y nuevamente afectadas por el oleaje, que marca el comienzo de la regresión generalizada del mar en la región.

5. CONCLUSIONES

La sección del Cenomaniense-Turoniense (Cretácico Superior) de Tamajón (Guadalajara, España) reúne un elevado valor científico, didáctico y divulgativo. Aflora inmediatamente por encima del Triásico en facies Buntsandstein, e incluye las formaciones Utrillas, Villa de Vés y Picofrentes, y la parte inferior de la Formación Ciudad Encantada. La sección contiene huellas (en ocasiones rastros) de numerosos cocodrilomorfos, de un posible dinosaurio terópodo y de algunos peces, y otros icnofósiles (principalmente *Thalassinoides*) producidos generalmente por invertebrados. Presenta también algunos fragmentos de troncos y ramas de plantas vasculares, y numerosos fósiles de braquiópodos, bivalvos (una gran variedad, incluyendo ostreidos y rudistas), gasterópodos, cefalópodos (mayoritariamente ammonoideos), equinodermos (equinoideos), corales escleractinios, colonias de briozoos, crustáceos decápodos, peces osteíctios y condriictios, y reptiles marinos, entre otros muchos restos. En su conjunto, la sección registra una marcada transgresión marina y el inicio de una regresión, representando el paso de un medio continental y de transición, con plantas vasculares y cocodrilomorfos (en las formaciones Utrillas y Villa de Vés), a un entorno netamente marino, extraordinariamente rico en moluscos y otros invertebrados (en la Formación Picofrentes), que finalmente fue afectado por un notable descenso eustático (en la parte inferior de la Formación Ciudad Encantada).

AGRADECIMIENTOS

A D. Carlos Alonso Recio, del Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología de la UCM, por su trabajo como fotógrafo, y a Dña. Yael Díaz-Acha, del Departament de Petrologia del Museu de Ciències Naturals de Barcelona, por su colaboración en la identificación de los briozoos. A los revisores del manuscrito original, por sus valiosas aportaciones y sugerencias. Ayudas para Contratos Predoctorales de Personal Investigador en Formación CT45/15-CT46/15 de la UCM, y Proyectos de Investigación CGL2015-66604 del Ministerio de Economía y Competitivi-

dad, y BOP-168 de la Diputación de Guadalajara (España).

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, M.J., RAMÍREZ DEL POZO, J. & RIBA, O. 1971. Algunas precisiones sobre la sedimentación y paleoecología del Cretácico inferior en la zona de Utrillas-Villarroya de los Pinares (Teruel). *Estudios Geológicos*, **27**: 497-512.
- BARGALLÓ, M. 1934. *Paseos y Excursiones Escolares: Estudio de la Naturaleza*. 83 págs. Editorial Sardá, Guadalajara.
- BARROSO-BARCENILLA, F. & GOY, A. 2007. Revision and new data of the ammonite family Pseudotissotiidae in the Iberian Trough, Spain. *Geobios*, **40**: 455-487.
- 2009. The ammonite genera *Fagesia* and *Neoptychites* (family Vascoceratidae) in the Iberian Trough, Spain. *Geobios*, **42**: 17-42.
- 2010. The ammonite genus *Vascoceras* Choffat, 1898 (family Vascoceratidae Douvillé, 1912) in the Iberian Trough, Spain. *Palaeontographica, Abteilung A*, **290**: 199-235.
- BARROSO-BARCENILLA, F., GOY, A. & SEGURA, M. 2009. Ammonite zonation of the upper Cenomanian and lower Turonian in the Iberian Trough, Spain. *Newsletters on Stratigraphy*, **43**: 139-164.
- BARROSO-BARCENILLA, F., CALLAPEZ, P., FERREIRA SOARES, A. & SEGURA, M. 2011. Cephalopod assemblages and depositional sequences from the upper Cenomanian and lower Turonian of the Iberian Peninsula (Spain and Portugal). *Journal of Iberian Geology*, **37**: 9-28.
- BARROSO-BARCENILLA, F., BERROCAL-CASERO, M., CALLAPEZ, P.M., CARENAS, B., GARCÍA JORAL, F., GARCÍA-HIDALGO, J.F., GIL-GIL, J., GOY, A., SANTOS, V.F., SEGURA, M. & SEVILLA, P. 2016. La sección Cenomaniense-Turoniense de Tamajón (Guadalajara, España): Contexto geológico y contenido paleontológico. *Cuadernos del Museo Geominero*, **20**: 39-45.
- BERROCAL-CASERO, M., BARROSO-BARCENILLA, F., CALLAPEZ, P., GARCÍA JORAL, F. & SEGURA, M. 2013. Bioestratigrafía de microfósiles del Cenomaniense superior-Turoniense inferior en el área de Santamera y Riofrío del Llano (Guadalajara, España). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, **26**(2): 85-106.
- BERROCAL-CASERO, M., BARROSO-BARCENILLA, F., GARCÍA JORAL, F. & SEGURA, M. 2017. Functional meaning of asymmetrical commissures in Coniacian (Upper Cretaceous) rhynchonellide brachiopods from Northern Spain. *Cretaceous Research*, **79**: 77-90.
- DIÉGUEZ, C., PEYROT, D. & BARRÓN, E. 2010. Floristic and vegetational changes in the Iberian Peninsula during Jurassic and Cretaceous. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **162**: 325-340.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. 2000. *Temas de Tafonomía*. 167 págs. Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Paleontología, Madrid.
- FLOQUET, M., ALONSO, A. & MELÉNDEZ, A. 1982. El Cretácico Superior de Cameros-Castilla. In: A. GARCÍA, Ed., *El Cretácico de España*. págs. 387-456. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

- GARCÍA-HIDALGO, J.F., GIL, J., SEGURA, M. & DOMÍNGUEZ, C. 2007. Internal anatomy of a mixed siliciclastic-carbonate platform: the Late Cenomanian-Mid Turonian at the southern margin of the Spanish Central System. *Sedimentology*, **54**: 1245-1271.
- GARCÍA-HIDALGO, J.F., GIL-GIL, J., SEGURA, M. & CARENAS, B. 2016. Depositional architecture and peculiar sedimentary features of Late Cretaceous Utrillas Formation at Tamajón (Guadalajara, Spain). *Journal of Iberian Geology*, **42**: 291-310.
- GARCÍA-LÓPEZ, A. 2017. *Tamajón en la Edad Contemporánea: Un repaso histórico a sus dos últimos siglos*. 237 págs. Editorial Fanés, Torrelavega.
- GARDNER, H. 1987. *Inteligencias Múltiples: La Teoría en la Práctica*. 384 págs. Paidós Ibérica, Barcelona.
- GASPARD, D. 2014. Noteworthy brachiopods of the Cenomanian stratotype: A synthesis of the biochronological, palaeoenvironmental and palaeoecological implications. *Geobios*, **47**: 347-370.
- GIL, J., CARENAS, B., SEGURA, M., GARCÍA-HIDALGO, J.F. & GARCÍA, A. 2004. Revisión y correlación de las unidades litoestratigráficas del Cretácico Superior en la región central y oriental de España. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, **17**: 249-266.
- GIL, J., GARCÍA-HIDALGO, J.F., SEGURA, M., LÓPEZ OLMEDO, F., GARCÍA, A., ALBERTO DÍAZ DE NEIRA, J., MONTES, M. & NOZAL, F. 2010. El Cretácico del Sistema Central (España): Registro estratigráfico, contexto deposicional y esquema evolutivo. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geológica*, **104**: 15-36.
- MELÉNDEZ, F. 1971. *Estudio geológico de la Serranía de Cuenca en relación a sus posibilidades petrolíferas*. 245 págs. Tesis Doctoral, Universidad de Madrid, Madrid.
- MELÉNDEZ-HEVIA, I. 1984. *Ammonoidea del Cenomaniense superior y Turoniense en el borde sur del Sistema Central, entre Tamajón y Somolinos (Guadalajara)*. 175 págs. Tesis de Licenciatura, Universidad Complutense de Madrid.
- MORATILLA-GARCÍA, M., BARROSO-BARCENILLA, F., CALLAPEZ, P., GARCÍA JORAL, F. & SEGURA, M. 2015. Nuevos datos paleontológicos sobre el Cretácico Superior de Pálmaces de Jadraque y Veguillas (Guadalajara, España). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Geológica*, **109**: 27-35.
- OSSÓ, A. 2016. *Eogeryon elegius* n. gen. and n. sp. (Decapoda: Eubrachyura: Portunoidea), one of the oldest modern crabs from late Cenomanian of the Iberian Peninsula. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, **68**: 231-246.
- PEYROT, D., BARROSO-BARCENILLA, F., BARRÓN, E. & COMAS-RENGIFO, M.J. 2011. Palaeoenvironmental analysis of Cenomanian-Turonian dinocyst assemblages from the Castilian Platform (Northern-Central Spain). *Cretaceous Research*, **32**: 504-526.
- PORTERO-GARCÍA, J.M., AZNAR-AGUILERA, J.M., PÉREZ-GONZÁLEZ, A. & GONZÁLEZ-LODEIRO, F. 1990. *Valdepeñas de la Sierra, nº 485 (20-19). Mapa Geológico de España 1:50.000. Segunda Serie*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- SCHLANGER, S.O. & JENKYN, H.C. 1976. Cretaceous oceanic anoxic events: causes and consequences. *Geologie en Mijnbouw*, **55**: 179-184.
- SEGURA, M. & ELORZA, J. 2013. Presencia de ventifectos en las facies Utrillas (Tamajón-Sacedoncillo, borde Sureste del Sistema Central, Guadalajara): aspectos morfológicos y procedencia. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, **26** (2): 47-63.
- SEGURA, M., BARROSO-BARCENILLA, F., CALLAPEZ, P., GARCÍA-HIDALGO, J.F. & GIL-GIL, J. 2014. Depositional sequences and ammonoid assemblages in the upper Cenomanian-lower Santonian of the Iberian Peninsula (Spain and Portugal). *Geologica Acta*, **12**: 19-27.
- SEGURA, M., BARROSO-BARCENILLA, F., BERROCAL-CASERO, M., CASTANERA, D., GARCÍA-HIDALGO, J.F. & SANTOS, V.F. 2016. A new Cenomanian vertebrate tracksite at Tamajón (Guadalajara, Spain): Palaeoichnology and palaeoenvironmental implications. *Cretaceous Research*, **57**: 508-518.
- SEILACHER, A. 1970. Begriff und bedeutung der Fossil-Lagerstätten. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte*, **1970**: 34-39.
- 2007. *Trace Fossil Analysis*. 226 págs. Springer, Berlin.
- TORICES, A., BARROSO-BARCENILLA, F., CAMBRA-MOO, O., PÉREZ-GARCÍA, A. & SEGURA, M. 2012. Palaeontological and palaeobiogeographical implications of the new Cenomanian vertebrate site of Algora, Guadalajara, Spain. *Cretaceous Research*, **37**: 231-239.
- VILAS, L., MAS, J.R., GARCÍA, A., ARIAS, C., ALONSO, A., MELÉNDEZ, N. & RINCÓN, R. 1982. Ibérica Suroccidental. In: A. GARCÍA, Ed., *El Cretácico de España*. págs. 457-514. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

ANEXO SISTEMÁTICO (RANGOS GENÉRICOS Y ESPECÍFICOS)

Iconofósiles

Entobia Bromley, 1970
Planolites Nicholson, 1873
Thalassinoides Ehrenberg, 1944
Undichna unisulca de Gibert et al., 1999

Plantas

Classopollis Pflug, 1953

Braquiópodos

Phaseolina phaseolina (Valenciennes in Lamarck, 1819)

Bivalvos

Cerastostreon flabellatum (Goldfuss, 1833)
Exogyra (Costagyra) olisiponensis (Sharpe, 1850)
Granocardium (Granocardium) productum (Sowerby, 1832)
Ilymatogyra pseudoafricana (Choffat, 1902)
Pholadomya Sowerby, 1823
Plicatula auressensis Coquand, 1862
Rhynchostreon suborbiculatum (Lamarck, 1801)
Trigonarca Conrad, 1862

Rudistas:

Durania arnaudi (Choffat, 1891)

Gasterópodos

?*Drepanocheilus* Meek, 1864
Tylostoma ovatum Sharpe, 1849
Tylostoma torrubiae Sharpe, 1849

Cefalópodos

Nautiloideos:
Angulithes mermeti (Coquand, 1862)

Ammonoideos:

Choffaticeras (Choffaticeras) quaasi (Peron, 1904)

Choffaticeras (Leoniceras) barjonai (Choffat, 1898)
Choffaticeras (Leoniceras) luciae (Pervinquier, 1907)
Eucalycoceras rowei (Spath, 1926)
Fagesia mortzestus (Barroso-Barcenilla & Goy, 2009)
Fagesia superstes (Kossmat, 1897)
Metococeras geslinianum (d'Orbigny, 1850)
Neolobites vibrayeanus (d'Orbigny, 1841)
Spathites (Ingridella) malladae (Fallot, 1931)
Spathites (Jeanrogericeras) reveliereanus (Courty, 1860)
Spathites (Jeanrogericeras) saenzi (Wiedmann, 1960)
Spathites (Jeanrogericeras) subconciliatus (Choffat, 1898)
Vascoceras barcoicense (Choffat, 1898)
Vascoceras charoni (Barroso-Barcenilla & Goy, 2010)
Vascoceras durandi (Thomas & Peron, 1889)
Vascoceras gamai Choffat, 1898
Vascoceras harttii (Hyatt, 1870)
Vascoceras kossmati Choffat, 1898

Equinodermos

Hemiaster bufo Desor, 1847
Mecaster scutiger Forbes in Sharpe, 1850
Stereocidaritis Pomel, 1883
Tetragramma variolare Brongniart, 1822

Vertebrados

Condrictios:
Cretolamna Glikman 1958
Odontaspis Agassiz, 1838
Squalicorax Whitley, 1939