

MODOS TAFONÓMICOS DE FORMACIÓN DE LOS YACIMIENTOS CON VERTEBRADOS DE LA FORMACIÓN BLESA (BARREMIENSE) EN OBÓN (TERUEL)

Trabajo Final del Máster en Geología:
Técnicas y Aplicaciones



EDUARDO MEDRANO AGUADO

Directores: Jose Ignacio Canudo y Marcos Aurell



Facultad de Ciencias
Universidad Zaragoza



Universidad
Zaragoza

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	3
OBJETIVOS	4
METODOLOGÍA	5
CAMPO	5
LABORATORIO	7
GABINETE	9
SITUACIÓN	9
GEOGRÁFICA	9
GEOLÓGICA	11
ESTRATIGRAFÍA	15
LITOESTRATIGRAFÍA	15
ANÁLISIS DE FACIES	23
SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA	26
RESTOS ÓSEOS	26
RESTOS INDIRECTOS	41
DISCUSIÓN	46
CONCLUSIONES	50
AGRADECIMIENTOS	51
BIBLIOGRAFÍA	52

RESUMEN

Los estudios paleontológicos de la Formación Blesa se remontan a la década de 1990, cuando se descubre el yacimiento excepcional de La Cantalera en la localidad de Josa. Desde entonces se han publicado varios artículos que ahondan en la sistemática paleontológica y en la diversidad de taxones que aparecen en esta formación, pero pocos en los alrededores de la localidad de Obón.

Se ha realizado un estudio estratigráfico y sedimentológico que ha permitido distinguir las tres secuencias que la componen, caracterizadas por los medios de depósito lacustre-palustre somero (secuencia inferior y superior), submareal somero (secuencia media) y llanura lutítica (base de la secuencia superior).

Los restos fósiles localizados han sido clasificados sistemáticamente. En la Formación Blesa se encuentra representada una amplia variedad de los grupos de vertebrados que existían en el Mesozoico: osteíctios, testudines, cocodrilomorfos, plesiosaurios, pterosaurios y dinosaurios.

Se ha realizado una clasificación de los yacimientos conocidos y nuevos en modos tafonómicos, que hacen referencia al conjunto de características tafonómicas, de preservación y geológicas recurrentes entre los fósiles de un intervalo estratigráfico, que reflejan influencias *premorten* y *postmorten* así como controles a escala de cuenca sobre aportes sedimentarios y espacio de acomodación.

ABSTRACT

The paleontological research of the Blesa Formation date back to the 1990s, when the exceptional “La Cantalera” site was discovered in the surroundings of Josa village. Since then, many papers about paleontological systematic and taxonomic variety of the Blesa Formation have been published, but few in Obón village.

A stratigraphic and sedimentological research has been performed, allowing to differ the three depositional sequences in which Blesa Formation is divided. Lower Blesa sequence is characterized by lacustrine-palustrine deposition, shallow marine deposits correspond with Medium Blesa sequence and the Upper Blesa sequence is represented by shale plain at the base and lacustrine-palustrine deposition in the top.

Localized fossil specimens have been researched and systematically classified. A large variety of those vertebrate groups that existed through the Mesozoic Era have been exemplified in the Blesa Formation: osteichthyes, testudines, crocodilomorphs, plesiosaurs, pterosaurs and dinosaurs.

Some fossil sites, both known and new, have been classified in taphonomic modes, which refer about the taphonomic, preservation and geological characteristics of the fossil specimens in a stratigraphic interval. These characteristics allow us to know about *premorten* and *postmortem* influence as well as accommodation space and sedimentary deposition at basin scale.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Los trabajos desarrollados en los materiales del Cretácico Inferior en la Subcuenca de Oliete comienzan en la década de los 70, cuando Canerot (1974) publica su tesis. Sin embargo, no es hasta la década siguiente cuando Canerot *et al.*, (1982) publican una síntesis de las características estratigráficas de la Subcuenca de Oliete, donde incluyen la definición de las cinco formaciones geológicas que integran el Grupo Josa, estas son: Fm. Blesa, Fm. Alacón, Fm. Forcall y Fm. Oliete. A finales de esta década, Martín-Closas (1989) en su tesis data los materiales de la Fm. Blesa mediante carofitas, situándola en el Barremiense inferior no basal.

Las publicaciones de la Subcuenca de Oliete aumentan de manera considerable durante la década de los 90, con aportaciones en su estratigrafía, sedimentología, tectónica y paleontología. Soria *et al.*, (1992) realiza un estudio estratigráfico y sedimentológico de los materiales marinos de las facies Urgon representados en las formaciones Alacón, Forcall y Oliete. Soria *et al.*, (1995) revisan la lito y bioestratigrafía de los materiales de las subcuenca de Aguilón y Oliete, definiendo formalmente el miembro Josa en la parte basal de la Formación Blesa. En el trabajo de Salas y Guimerá (1996) se proponen la división de la Cuenca del Maestrazgo en subcuenca, entre las que se encuentra la subcuenca de Oliete en su zona más septentrional. Soria *et al.*, (1997) proponen un modelo para explicar la geometría de la subcuenca de Oliete, controlada por la existencia de fallas variscas de orientación NO-SE reactivadas posteriormente y otras de dirección NE-SO, menores, que compartmentan internamente la cuenca. Soria (1997) presenta su tesis doctoral sobre la sedimentación en el Cretácico Inferior y el control que ejerce sobre ella la tectónica en las Subcuenca de Aguilón, Oliete y Aliaga. Casas *et al.*, (1997) estudian las estructuras entre el anticlinal de Montalbán y el sistema de cabalgamientos de la Sierra de Arcos, en los que reconocen dos episodios de carácter extensional, de edad Valanginiense-Hauteriviense y Barremiense y un tercer episodio compresivo posterior, durante el Terciario, que provoca la inversión de las fallas anteriormente mencionadas. Ruiz-Omeñaca *et al.*, (1997) citan en su trabajo, por primera vez, el yacimiento de vertebrados de La Cantalera (Josa) situado en la base de la Formación Blesa. Estos autores realizan la descripción y clasificación de los fósiles encontrados, al mismo tiempo que

proponen un modelo paleoecológico y paleoambiental que explica la formación del yacimiento.

El grupo de investigación Aragosaurus-IUCA, de la Universidad de Zaragoza, realiza una gran labor investigadora sobre los vertebrados y la Paleoecología de la Formación Blesa durante el comienzo del siglo XXI. Aurell *et al.*, (2004) realizan un estudio sedimentológico y estratigráfico en el entorno del yacimiento de La Cantalera, que permite reconocer dos episodios tectosedimentarios que dividen esta formación en un tramo inferior continental y en otro superior con influencia marina. Canudo *et al.*, (2010), recopilan y ponen al día la información de este yacimiento, reconociendo la biodiversidad de vertebrados representados en la parte inferior de la Formación Blesa, que consta de un mínimo de 31 taxones y 9 ootaxones de dinosaurios y cocodrilomorfos. Por último, Alonso y Canudo (2016) realizan un estudio sobre los dientes de terópodo (espinosáurido) hallados en el yacimiento de la Cantalera.

La biodiversidad de vertebrados de la parte baja de la Formación Blesa es conocida gracias al registro fósil de La Cantalera. Sin embargo, en el resto de la formación también hay registro de vertebrados, aunque fragmentario y por el momento escaso. En los últimos años se han realizado avances en el entorno de Obón, así Ulloa Rivas y Canudo (2014) describen un fragmento de rostro de un gran pterosaurio que podría pertenecer a un nuevo taxón de Ornithocheiridae y Parilla-Bel y Canudo (2015) describen varios restos aislados de plesiosaurio, numerosas vértebras y varios dientes, provenientes de varios yacimientos de la localidad. Además, en esta localidad se conoce un yacimiento de icnitas de dinosaurio aún sin estudiar.

OBJETIVOS

Este TFM pretende profundizar en las características sedimentológicas y paleontológicas de la Formación Blesa en el entorno de Obón, perteneciente a la Subcuenca de Oliete. El principal objetivo del mismo es el estudio de los modos tafonómicos de formación de

yacimientos de vertebrados, lo que implica una síntesis de la información sedimentológica y un análisis de la conservación de los restos de vertebrados, realizando un estudio sistemático lo más detallado posible.

Además este TFM tiene otros objetivos como son la prospección paleontológica centrada en los vertebrados fósiles de la Formación Blesa en el municipio de Obón, el estudio de facies de los niveles fosilíferos y la realización de un inventario con los yacimientos de vertebrados conocidos y nuevos. A su vez, se pretende realizar un estudio preliminar del único yacimiento de icnitas de dinosaurio descubierto en la Formación Blesa.

METODOLOGÍA

Para la realización de este TFM y la consecución de los objetivos planteados para el mismo se ha seguido una metodología dividida en trabajo de campo, de laboratorio y de gabinete.

CAMPO

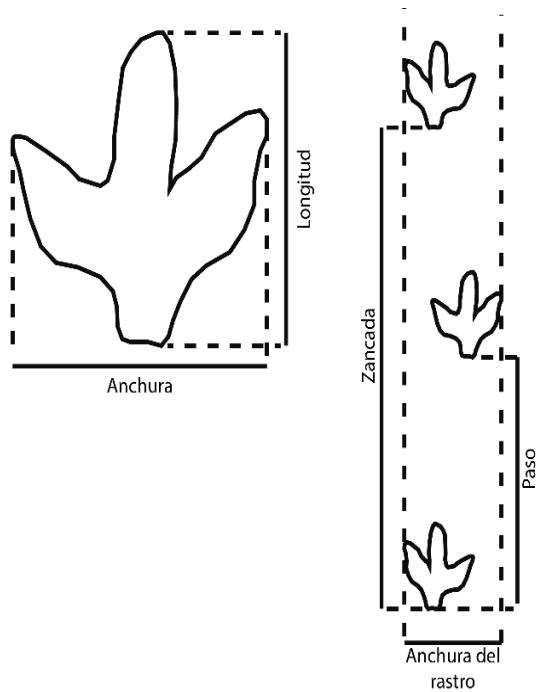
Los materiales de la Formación Blesa en el entorno de Obón se han caracterizado mediante tres perfiles estratigráficos individuales que se han levantado siguiendo la metodología tradicional usada en Geología.

El primer perfil, denominado Barranco Tejerías, se ha realizado en una zona donde aflora gran parte de la Formación Blesa, quedando cubierto tan sólo un tramo próximo al techo de la misma. En este perfil se han estudiado en detalle los rasgos de estratificación, litología, textura, componentes y estructuras sedimentarias y se han tomado 25 muestras para su posterior estudio en láminas delgadas (de las que se seleccionaron 16). Además se han realizado los perfiles de Barranco de Santa María y Río Cabra, para determinar los posibles cambios laterales de facies y espesores en diferentes puntos de la zona estudiada.

Se empleó aproximadamente una jornada de campo para la elaboración de cada uno de los perfiles.

Se ha llevado a cabo también una prospección de restos fósiles de vertebrados durante la elaboración de las columnas, así como en varias jornadas dedicadas exclusivamente a la búsqueda de nuevos yacimientos. Para ello, se solicitó un permiso de prospección al Gobierno de Aragón, concedido con número de expediente 084/2017. Gracias al mismo ha podido localizarse un nuevo yacimiento denominado Barranco Tejerías (situado en las proximidades del perfil del mismo nombre), en el que durante una jornada de campo y utilizando sierra radial, martillo y cincel, se extrajeron los fósiles de lo que podría ser el esqueleto desarticulado de una tortuga, todavía pendiente de extraer de la roca, limpiar y estudiar. Para la protección durante la extracción y transporte de estos fósiles se les aplicó consolidante en campo. En algunos casos, fueron protegidos además con un engasado, consistente en la aplicación de un consolidante con mayor concentración y la ayuda de gasas y pincel, tratando de poner pequeños parches de las mismas cruzando las hebras para darle una mayor rigidez a los fósiles. También se utilizó la técnica de enyesado en una roca repleta de fósiles que no pudo transportarse durante la primera salida, consistente en la aplicación de vendas de yeso sobre la superficie de la roca, habiendo protegido los fósiles antes para evitar el contacto directo yeso-fósil.

Se ha estudiado el yacimiento de icnitas midiendo las huellas y rastros más importantes. En las huellas se han tratado de identificar los dedos del animal productor así como medir, con ayuda de una cinta métrica, la longitud de cada huella para averiguar la altura del acetáculo (unión del fémur con la cadera) y conocer así las dimensiones aproximadas del animal mediante las fórmulas de la figura 1. Para los rastros se han medido la longitud de paso (distancia entre el mismo punto en dos huellas de diferente pie), la zancada (distancia entre el mismo punto del pie en dos huellas seguidas del mismo pie) y la anchura del rastro (medida de la distancia máxima lateral entre las huellas del mismo rastro) como se puede observar en el esquema de la figura 1. Para calcular la velocidad se ha utilizado la siguiente fórmula: $V=0,25g^{0,5}SL^{1,67}h^{-1,17}$; siendo g la constante de aceleración de la gravedad, SL la longitud de la zancada y h la altura del acetáculo (Thurlborn, 1990).



Pequeños terópodos ($L < 25\text{cm}$):
 $h: 4,5L$

Grandes terópodos ($L > 25\text{cm}$):
 $h: 4,9L$

Pequeños ornitópodos
 $(L < 25\text{cm})$: $h: 4,8L$

Grandes ornitópodos ($L > 25\text{cm}$):
 $h: 5,9L$

Saurópodos: $5,9L$

Figura 1: Esquema de las medidas tomadas en los rastros y fórmula para calcular la altura del acetáculo (Thurlborn, 1990). L =longitud de la huella.

LABORATORIO

En esta fase se ha llevado a cabo el estudio y tratamiento de las muestras y fósiles recogidos durante las jornadas de campo. Se han estudiado con microscopio petrográfico y se han fotografiado 18 láminas delgadas: 16 de ellas correspondientes a los materiales de la columna Barranco Tejerías y dos de ellas procedentes del yacimiento Los Centenales. Para su clasificación se ha seguido la clasificación textural de Dunham (1962).

Para la preparación de los fósiles se han utilizado varias técnicas. La primera y más sencilla se ha utilizado para aquellos que han aparecido en materiales blandos y ha consistido en el lavado y cepillado del fósil con agua. En el caso de que se encontrase

fragmentado se ha utilizado un consolidante sintético Paraloid B-72 para la unión de los fragmentos.

Para la extracción de los fósiles preservados en materiales carbonatados duros el procedimiento ha sido más costoso, ya que ha requerido de la utilización de ácido acético para su extracción. En primer lugar se ha recubierto la parte visible del fósil con una película de consolidante con una concentración del 30%. Posteriormente se ha sumergido la roca en ácido acético con una concentración que varía entre el 1% y el 10% en función de la dureza de la roca. En el caso de las calizas más duras se ha empezado utilizando una concentración del 10%, disminuyendo la misma para sucesivas inversiones. La película de consolidante inicial tiene la función de proteger al fósil de los posibles daños causados por la agresividad del ácido. En fases previas o entre diferentes tratamientos con ácido, se ha disgregado todo lo posible la roca con un percutor de aire comprimido o con ayuda de un martillo y cincel. Esto ha permitido avanzar de una manera más rápida en su extracción, pero en muchas ocasiones la roca es excesivamente dura para poder someterla a este procedimiento, por lo que la inmersión de la misma en ácido acético es necesaria. El percutor de aire comprimido permite, además, un control mayor en la separación roca-fósil que los tratamientos con ácido.

Mediante este procedimiento se han extraído la mayoría de los fósiles utilizados en este trabajo, así como algunas piezas que se han descartado de la memoria final debido a la escasa información que aportaban por ser restos aislados o con mala conservación.

Al fósil MPZ 2009/846, debido a su excelente estado de conservación, se le ha fabricado un embalaje tras su estudio para procurar que no se deteriore en el almacén del museo. Este embalaje se ha realizado con ayuda de un cíter y silicona, cortando planchas de polietileno y dándoles la forma del fósil, para que quede bien encajado y evitar que se golpee al mover la caja.

GABINETE

Se centra en la revisión bibliográfica y en la preparación de figuras para la memoria final. Como trabajo previo se ha revisado la bibliografía existente sobre la zona, destacando los trabajos en estratigrafía y sedimentología desarrollados por Soria en la década de los 90 y recogidos en Soria (1997), y las publicaciones del grupo Aragosaurus durante esta misma década y los años posteriores recogidas en Canudo *et al.*, (2010) con el fin de conocer los principales grupos de vertebrados presentes en la Formación Blesa.

La revisión bibliográfica posterior se ha centrado en el estudio taxonómico de los diferentes fósiles y de los modos tafonómicos de yacimientos de vertebrados.

En cuanto a la preparación de figuras se han elaborado:

- Una cartografía geológica local de la zona de estudio.
- Interpretación y síntesis de los datos tomados, incluyendo la elaboración de modelos y figuras que componen el apartado gráfico de la presente memoria.

SITUACIÓN

GEOGRÁFICA

La zona estudiada se sitúa en el término municipal de Obón (Teruel), situada en la parte central de la rama aragonesa de la Cordillera Ibérica. Esta localidad es accesible desde Zaragoza tomando la N-232 en dirección Castellón, y posteriormente desviándose por la A-222 dirección Belchite. Pasado Muniesa, ha de tomarse el desvío hacia Obón por la carretera local TE-V-1145 hasta llegar a dicha localidad (Figura 2).



Figura 2: Situación geográfica de la localidad de Obón.

El perfil Barranco Tejerías se sitúa a 1500m al sureste del pueblo, siguiendo el cañón del río Cabra por un camino rural. Las coordenadas de la base son 30T 0693171 4529556 y las del techo 30T 0693520 4529625 (datum: WGS84).

El perfil Río Cabra se encuentra unos 500m al sur del perfil Barranco Tejerías, continuando por el camino rural que bordea el cañón del río Cabra. Las coordenadas de la base son 30T 0692800 4528850 y las del techo 30T 0693050 4528020 (datum: WGS84).

El perfil Barranco Santa María se sitúa a unos 400 m al oeste de Obón, accediendo por las calles a la zona más alta del pueblo y continuando a través del Barranco desde allí.

Las coordenadas de la base son 30T 0690652 4530780 y las del techo 30T 0690610 4530860 (datum: WGS84).

El yacimiento de icnitas de Obón se encuentra aproximadamente a 1km de la localidad, y se accede por el camino rural que bordea el cañón del río Cabra. Dicho yacimiento ya posee varios postes que señalan la localización del mismo. Las coordenadas del mismo son 30T 0692950 4530220 (datum: WGS84).

Para el resto de yacimientos se ha decidido no aportar las coordenadas exactas de los mismos con el fin de no dar a conocer su localización y evitar de esta manera un posible expolio.

GEOLÓGICA

En este TFM se ha estudiado la Formación Blesa, se trata de una unidad geológica depositada en la Cuenca del Maestrazgo, subcuenca de Oliete (Figura 3). Esta cuenca se desarrolló durante las dos etapas de *rift* que tuvieron lugar entre el Oxfordiense terminal – Valanginiense superior y el Hauteriviense terminal - Albiense medio (Salas y Guimerá, 1996).



Figura 3. Ol: Oliete. Pe: Perelló. Pa: Las Parras. Mo: Morella. Ga: Galve. Sa: Salzedella Pg: Peñagolosa. Ubicación de las distintas subcuencas que integran la Cuenca del Maestrazgo. Tomado de Canudo *et al.*, 2010.

La subcuenca de Oliete es la más septentrional de las siete subcuencas de la Cuenca del Maestrazgo. Está delimitada al Norte por la cuenca Cenozoica del Ebro, al Oeste por el anticlinal Paleozoico de Montalbán, sus límites Este y Noreste son respectivamente la Cuenca terciaria de Calanda y el sistema de cabalgamientos de Sierra de Arcos, mientras que su límite meridional lo forma el frente de cabalgamiento de Montalbán (Soria *et al.*, 1997). La subcuenca se halla a su vez compartimentada internamente en dos bloques (bloques de Josa y Blesa) mediante una falla normal de orientación NE-SO con bloque SE hundido. Este control tectónico da lugar a una cuenca marcadamente asimétrica, que presenta dos depocentros ubicados respectivamente en el entorno del yacimiento de La Cantalera y en las inmediaciones de la localidad de Blesa (Soria *et al.*, 1997). En la localidad de Obón la Fm. Blesa se encuentra sobre el cañón formado por los materiales Jurásico de la Fm. Chelva (Fig. 4)

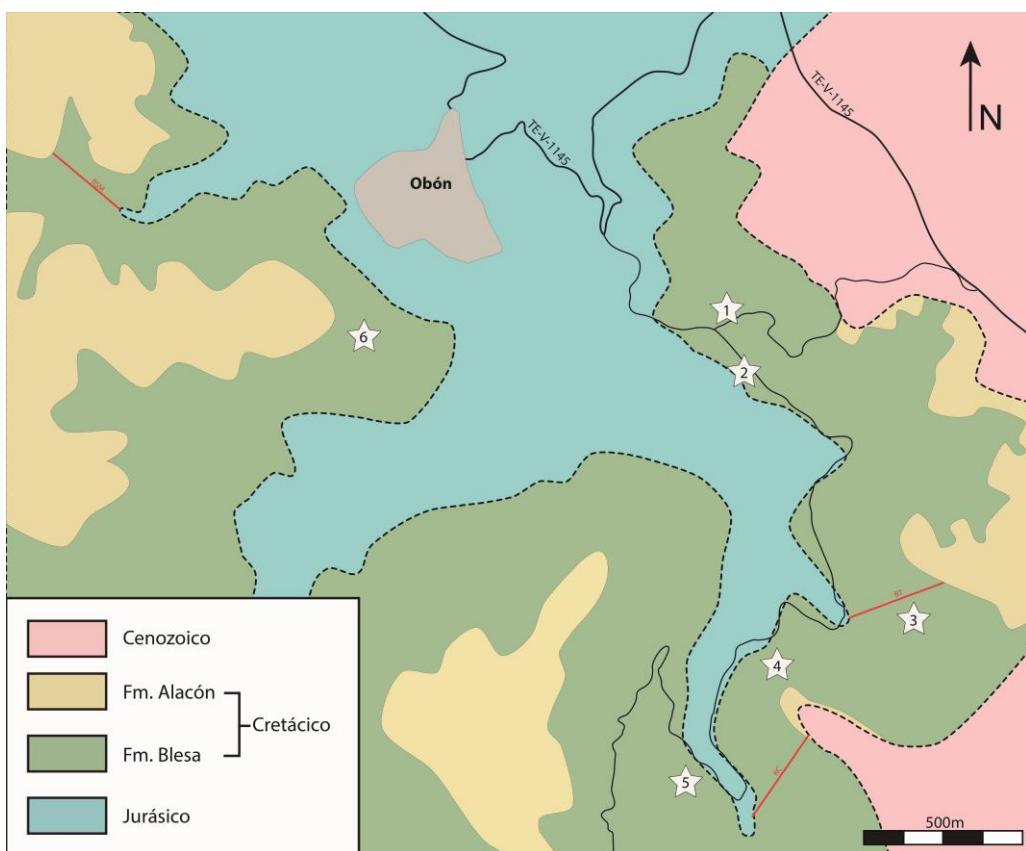


Figura 4: Cartografía geológica simplificada del entorno de la localidad de Obón. En líneas rojas se observan los tres perfiles estudiado: Barranco Santa María, Barranco Tejerías y Río Cabra de norte a sur. Se han localizado también los principales yacimientos de vertebrados: 1) Los Centenales, 2) yacimiento de icnitas, 3) Barranco Tejerías, 4) Río Cabra, 5) La caldera y 6) Los Quiñones.

El relleno sedimentario de esta subcuenca lo componen las formaciones que integran el Grupo Josa (Camerot *et al.*, 1982; Soria, 1997; Canudo *et al.*, 2010; Aurell *et al.*, 2017); de base a techo son:

- Fm. Margas y Calizas de Blesa.
 - Mb. Arcillas rojas del Cabezo Gordo.
 - Mb. Calizas y margas del Morenillo.
 - Mb. Calizas con ostreidos de Josa.
 - Mb. Arcillas y arenas de Valdejuncos.
- Fm. Calizas de Alacón.
- Fm. Margas de Forcall.
- Fm. Calizas de Oliete.
 - Mb. Calizas de Cabezo Negro.
 - Mb. Margas de la Dehesa.
 - Mb. Calizas de los Estancos.
- Fm. Lignitos de Escucha.
 - Mb. Inferior o Barriada.
 - Mb. Medio o Regachuelo.
 - Mb. Superior o La Orden.

La Fm. Blesa es de edad Barremiense, y se divide en tres unidades limitadas por discontinuidades que se reconocen a escala de toda la sub-cuenca de Oliete (Aurell *et al.*, 2004; Canudo *et al.*, 2010; Aurell *et al.*, 2017). Los miembros Cabezo Gordo y Morenillo forman la primera secuencia (secuencia Blesa inferior), el miembro Josa la segunda secuencia (secuencia Blesa media), mientras que el miembro Valdejuncos y sus equivalentes laterales en facies de margas y calizas queda inscrito en la tercera secuencia (secuencia Blesa superior) (Aurell *et al.*, 2017).

La secuencia Blesa inferior fue estudiada en detalle por Aurell *et al.*, (2004) en el entorno del yacimiento de La Cantalera. Dentro de esta secuencia, se reconoce un tramo inferior, con depósitos de brechas, lutitas y conglomerados interpretados como depósitos de abanicos aluviales de corto desarrollo (Miembro Cabezo Gordo) y uno superior margoso-calcáreo con abundantes carofitas y huellas de raíces, depositado en medios palustres y lacustres someros (Miembro Morenillo). Su límite superior viene dado por la existencia de una superficie de transgresión encostrada y ferruginizada muy neta, desarrollada sobre las calizas lacustres del Miembro Morenillo.

La secuencia de Blesa media corresponde en el entorno de Josa-Obón a las calizas y margas con abundantes ostreidos del Miembro Josa. Sobre esta unidad, se encuentra una nueva superficie de discontinuidad, ligada a un evento regresivo y a una entrada de materiales siliciclásticos, particularmente en el sector septentrional de la sub-cuenca de Oliete (Miembro Valdejuncos).

En el entorno de Josa-Obón, la secuencia de Blesa superior presenta una evolución vertical compleja, con gran variedad de facies. Se inicia con un tramo de lutitas de color rojizo, interpretadas como el depósito producido en zonas de interferencia entre llanuras lutíticas distales de abanicos aluviales y áreas palustres o lacustres (Soria, 1997). Por encima, se encuentran alternancias de margas y calizas, propias de un medio lacustre somero-palustre. La parte superior de esta secuencia está dominada por facies de lutitas versicolores (de marrón amarillento a violáceas), con intercalación de areniscas y microconglomerados, así como niveles carbonatados bioclásticos, que ocasionalmente pueden incluir restos de fósiles marinos, como ostreidos o foraminíferos (Aurell *et al.*, 2017).

ESTRATIGRAFÍA

LITOESTRATIGRAFÍA

La representación de los perfiles de la Formación margas y calizas de Blesa “Barranco Tejerías”, “Barranco de Santa María” y “Río Cabra” se ofrecen en las figuras 5, 6 y 7.

Perfil Río Cabra:

La Formación Blesa en el perfil “Río Cabra” presenta 101 metros de potencia. Se dispone discordante sobre la Formación Chelva, que a techo presenta facies de grainstone oolítico. Sobre estos niveles, las calizas están muy alteradas, formando un paleokarst, con hasta 8 metros de niveles muy recristalizados, con abundantes esférulos y estructuras diagenéticas tipo *cone-in-cone*. El límite superior de la Formación Blesa se sitúa en el contacto concordante con la Formación Calizas de Alacón, que tiene un color ocre muy característico en toda la región.

El perfil “Río Cabra” puede sintetizarse en 3 grandes tramos litológicos. El primer tramo, de aproximadamente 10m. de potencia está constituido por unos niveles margosos decimétricos y métricos que presentan intercalaciones de menor potencia de niveles de caliza. Las margas son de tonos grises y blanquecinos, mientras que las calizas aparecen en niveles de aspecto noduloso y son micritas con caráceas.

El segundo de los tramos tiene una potencia de 46 metros, y está integrado por una alternancia de niveles de calizas y margas. Las calizas se clasifican como packstone de ostreidos propias de zonas de llanura mareal y se encuentran dispuestas en niveles tabulares decimétricos a métricos. Contiene gran cantidad de ostreidos, así como gasterópodos y otros bivalvos. En algunos niveles se dan acumulaciones excepcionales de restos de microvertebrados, generalmente restos de peces (dientes y fragmentos de huesos). Aparecen también niveles con evidencias de bioturbación, como son bases y techos irregulares, acompañadas o no de galerías verticales y estratificación de aspecto noduloso. En la parte alta del tramo aparece un nivel con una concentración excepcional

de gasterópodos. Los niveles margosos aumentan de potencia al ascender en la serie. Se trata de unas margas de colores grisáceos en las que ocasionalmente aparecen unos nódulos carbonatados de gran tamaño (10-20 cm.). Los niveles margosos se encuentran semicubiertos.

El tercer tramo, de 45 m de potencia, se encuentra muy cubierto. Lo forman niveles métricos de lutitas, de tonos grisáceos, pero que en ocasiones pueden mostrar tonalidades rojizas o moradas. Intercalados entre los niveles blandos aparecen en ocasiones niveles de calizas tabulares de potencia decimétrica. Estas calizas tienen un aspecto noduloso, y son micritas que carecen de restos fósiles. Al inicio de este tramo aparece un nivel decimétrico de areniscas de grano fino con estratificación cruzada en surco.

Perfil Barranco Tejerías:

En este perfil las calizas y margas de la Formación Blesa presentan 82 metros de potencia. Se dispone discordante sobre las calizas oolíticas del Jurásico Medio (Formación Chelva), que en este caso presenta una alteración significativa. Por encima está en contacto concordante con las calizas de tonos ocres de la Formación Alacón. En zonas cercanas a la localidad de Obón, los niveles de conglomerados cenozoicos llegan a aflorar directamente sobre la Formación Blesa, existiendo zonas en las que la parte superior de dicha formación ha sido erosionada.

El perfil Barranco Tejerías se puede sintetizar en 3 tramos claramente diferenciados. El primero de ellos está formado por una alternancia de niveles margosos y de calizas con 15m. de potencia. Los niveles margosos tienen color gris y se encuentran parcialmente cubiertos por campos de cultivo. Las calizas se presentan en niveles decimétricos tabulares en la base y a techo adquieren una estratificación de aspecto noduloso. En muestra de mano son prácticamente azoicas, salvo uno de los niveles más altos, en los que se localizaron posibles escamas de pez.

El segundo tramo, con una potencia de 36 metros, está compuesto por una alternancia de calizas y margas. Se diferencia del tramo basal por la presencia de ostreidos en los niveles

calcáreos. Estos niveles tienen potencias decimétricas, con una estratificación tabular de aspecto noduloso y generalmente con base y techo irregulares. En muestra de mano, como se ha mencionado, aparecen gran cantidad de ostreidos, así como otros bivalvos, gasterópodos y restos de microvertebrados (dientes, huesos y escamas de pez). De manera puntual aparecen rocas con una acumulación extraordinaria de estos restos de microvertebrados, en las que se observa como los huesos se encuentran fragmentados y acumulados de manera desordenada. Es en la parte alta de este tramo donde se ha localizado el yacimiento “Barranco Tejerías”, en el que se pueden observar restos de vertebrados de gran tamaño, como huesos, placas óseas (tortugas) y dientes. Además, con relativa frecuencia, aparecen fósiles de gran tamaño en estos niveles. Los tramos margosos se encuentran semicubiertos por vegetación y por derrubios, que en ocasiones afloran con poca potencia (centimétricos). Asociados a estos niveles se pueden encontrar nódulos carbonatados, así como restos fósiles, generalmente fragmentados y desgastados, como son los ejemplares BT-2, BT3, BT-4 y BT-5.

El tramo superior tiene una potencia próxima a los 31 metros. Se inicia con un tramo dominado por lutitas de colores blancos, rojos y morados. Por encima encontramos un tramo totalmente cubierto, en el que de manera ocasional se aprecian niveles de calizas tabulares, decimétricos de aspecto noduloso y sin restos fósiles en muestra de mano.

Perfil Barranco de Santa María:

Este perfil tiene una potencia total de 64 m. Nuevamente, la Formación Blesa se dispone discordante sobre las calizas de la Formación Chelva. A techo aparecen las calizas ocres de la Formación Alacón.

El primero de los tres tramos en que podemos dividir este perfil se encuentra parcialmente cubierto por campos de cultivo. En él se han distinguido varios niveles de caliza, con potencias decimétricas e incluso métricas. Este tramo tiene una potencia aproximada de 12,5 metros. Estas calizas aparecen bien estratificados, con niveles tabulares y sin restos fósiles.

El segundo tramo, con una potencia de 31,5 metros, está representado por una sucesión de niveles de calizas y margas. Las calizas, de color gris, se presentan en niveles decimétricos, de aspecto noduloso y con techos generalmente irregulares. En ellos la presencia de ostreidos es constante. En ocasiones se pueden encontrar restos de otros bivalvos, gasterópodos y dientes de peces, e incluso, en uno de los niveles ha aparecido una acumulación anómala de restos de fósiles de microvertebrados (peces) fragmentados y acumulados de manera caótica muy similar a los niveles del perfil Barranco Tejerías. En la parte superior de este tramo aparecen dos niveles muy característicos. El primero de ellos, con 13 cm. de espesor, aparece a techo de un nivel de calizas, y destaca por presentar una laminación horizontal que no puede verse en el resto de la serie. El segundo, de 80 cm. de potencia, es un nivel de dolomías de color ocre, que nuevamente solo se presenta en la zona donde se ha realizado el perfil. Los niveles margosos comparten las mismas características que en los perfiles Barranco Tejerías y Río Cabra, pero en esta ocasión la presencia de nódulos es mucho menor.

El tercer tramo, representado por 20 m de intercalaciones de lutitas y calizas se encuentra prácticamente cubierto por vegetación y por los derrubios. Los tramos de calizas son decimétricos y en ellos no se observan restos fósiles. Las lutitas tienen colores grisáceos y en ocasiones rojizos. Destaca un nivel de conglomerados en la parte basal, no granosostenido, con una matriz carbonatada de color grisáceo, muy heterométrico, y con clastos de hasta 6 cm. De manera fortuita, al romper un trozo de roca de este nivel, apareció el fósil BSM-1, que se describe más adelante.

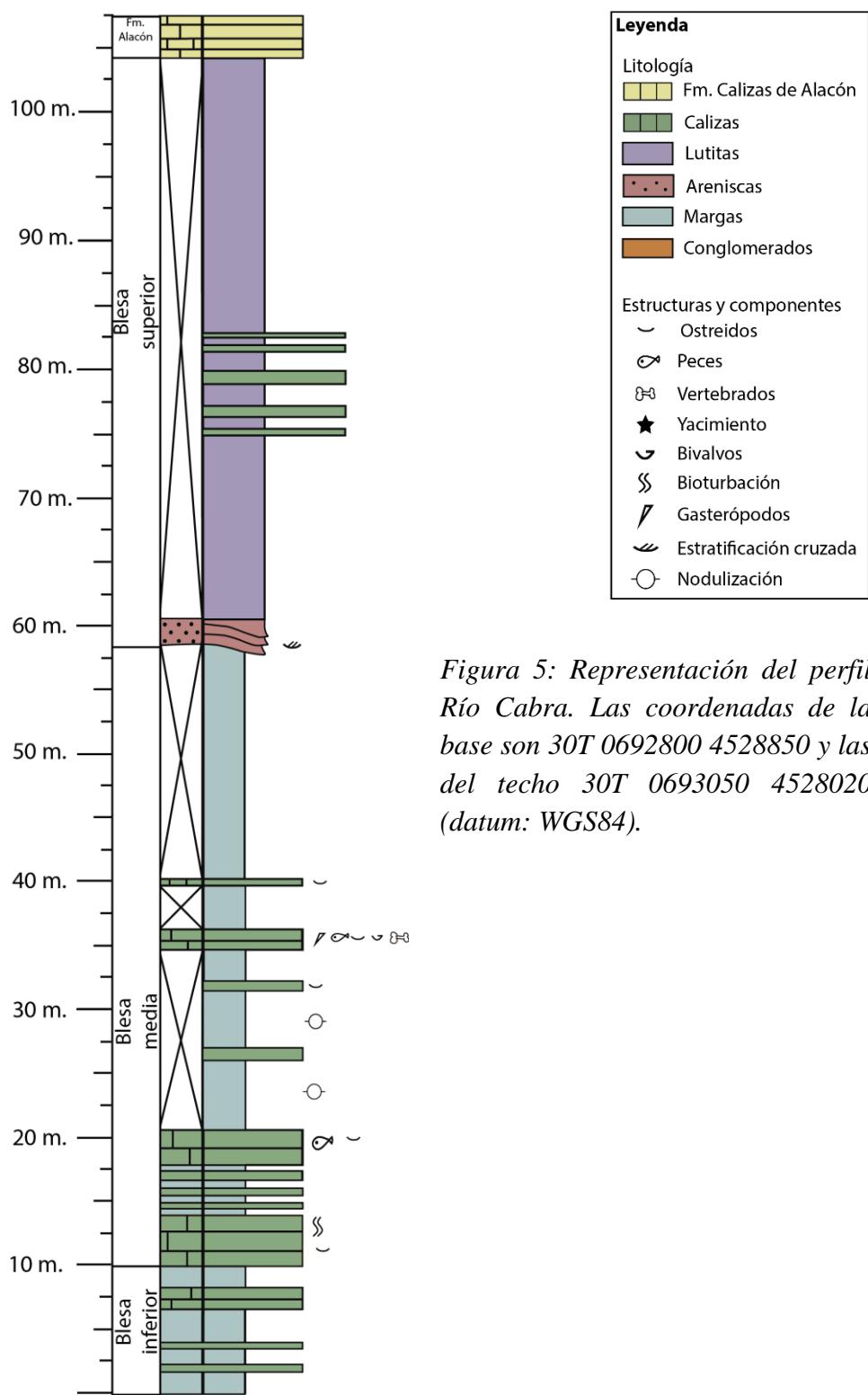
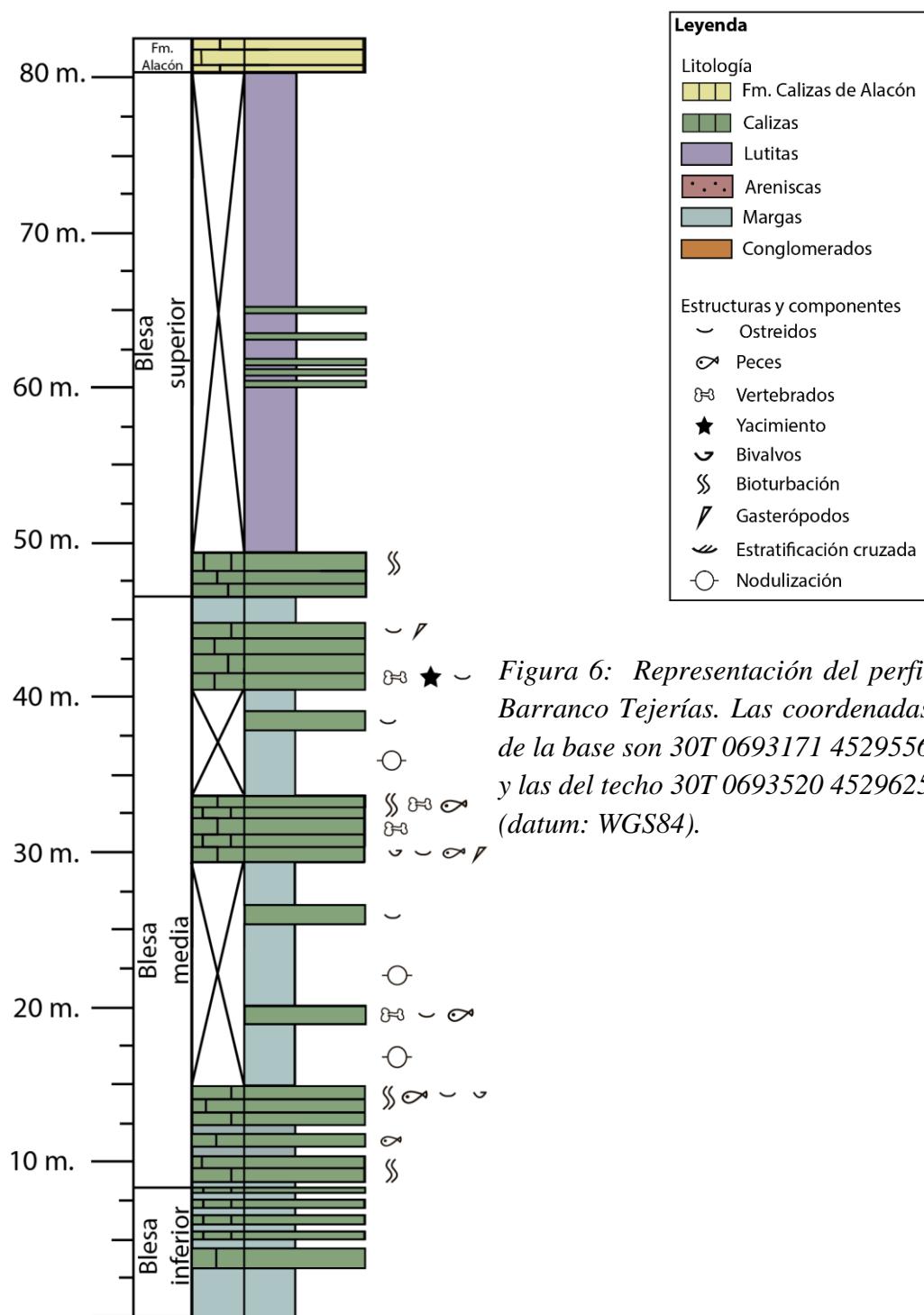


Figura 5: Representación del perfil Río Cabra. Las coordenadas de la base son 30T 0692800 4528850 y las del techo 30T 0693050 4528020 (datum: WGS84).



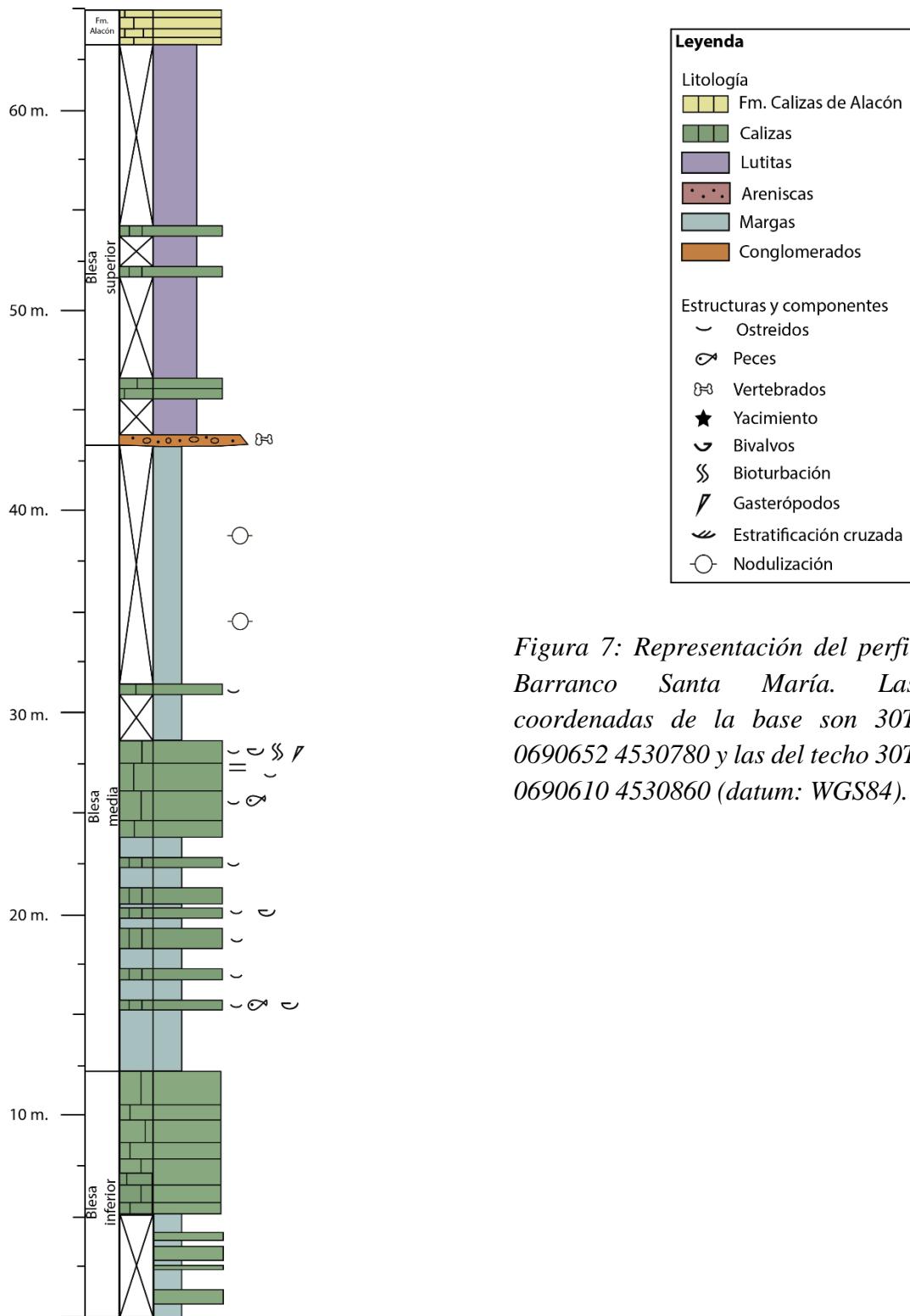


Figura 7: Representación del perfil Barranco Santa María. Las coordenadas de la base son 30T 0690652 4530780 y las del techo 30T 0690610 4530860 (datum: WGS84).

Se ha realizado una correlación de los tres perfiles (Anexo 1) en la que se puede observar como la potencia de la Formación Blesa aumenta en los perfiles Barranco Tejerías y Río Cabra respecto al perfil Barranco Santa María, esto es, hacia el Este. Así mismo, se confirma que el Miembro Cabezo Gordo no aparece en las proximidades de la localidad de Obón mientras que el resto de la serie sí que aparece representada.

A partir de la descripción incluida en los apartados anteriores, se puede observar que los materiales de la Fm. Margas y calizas de Blesa presentan unas características similares en los tres perfiles elaborados: Río Cabra, Barranco Tejerías y Barranco Santa María, lo que permite diferenciar de base a techo tres grandes conjuntos que coinciden con los tres tramos diferenciables en la columna y que se han asignado a los diferentes miembros:

- El tramo inferior, integrado por una alternancia de niveles de calizas tabulares caracterizadas por la ausencia de restos fósiles y tramos de menor potencia de margas grises. Este tramo tiene poca potencia en los tres perfiles. Se correspondería con el miembro calizas y margas del Morenillo, comprendido en la primera secuencia de depósito de la Formación Blesa, en lo que se conoce como Secuencia de Blesa Inferior.
- El segundo tramo está caracterizado por la alternancia de margas y calizas con ostreidos. En los tres perfiles la potencia de este tramo es considerable, superando los 50 metros en el perfil Río Cabra. Las calizas contienen una acumulación de ostreidos que permite clasificarlas como las calizas con ostreidos del Miembro Josa, correspondientes a la denominada Secuencia de Blesa Media. Destaca también la continua presencia de restos de microvertebrados, como son dientes o pequeños huesos de peces.
- El tercer conjunto incluye los tramos superiores de los tres perfiles realizados. La potencia de los mismos es considerable, llegando a superar los 40 m en el perfil Río Cabra. La variedad litológica es la principal característica de este tramo, en el que siempre aparecen unos tramos lutíticos en la base que bien podríamos relacionar con los mencionados por Soria (1997) para poner inicio al miembro arcillas y arenas de Valdejuncos. La parte media y superior está caracterizada por niveles de lutitas

versicolores. Este tramo representa a la Secuencia de Blesa Superior en el entorno de Obón.

ANÁLISIS DE FACIES

La diferenciación de facies en la Formación Blesa se ha basado en el estudio con microscopio petrográfico de las láminas delgadas (Anexo 2) elaboradas a partir de muestras de mano tomadas de campo en los diferentes niveles del perfil Barranco Tejerías, y se ha completado con las observaciones de campo de los materiales no muestrados. La interpretación de las facies se ha realizado atendiendo a las observaciones de campo y microscopio, así como a su distribución en la vertical en los perfiles estudiados.

M1: margas grises masivas

Son margas de aspecto blanquecino o grisáceo. Son masivas, sin ninguna estructura aparente y sin restos fósiles. Aparecen en la Secuencia de Blesa Inferior, en el tramo basal de los diferentes perfiles.

M2: margas con nódulos carbonatados

Está constituida por margas amarillentas dispuestas en paquetes masivos que pueden presentar intercalaciones de calizas margosas, dispuestas en niveles decimétricos o centimétricos tabulares. Son característicos los nódulos carbonatados de gran tamaño que pueden contener restos fósiles en su interior.

C1: *wackestone-packstone* de intraclastos con caráceas

Se trata de calizas grises dispuestas en niveles tabulares decimétricos. No presentan restos fósiles en muestra de mano. Tienen aspecto noduloso y superficies de bioturbación a techo. Presentan intraclastos menores a 1 mm y caráceas.

C2: *packstone-grainstone* de ostreidos

Son calizas grises dispuestas en niveles tabulares decimétricos, de aspecto noduloso y con superficies de estratificación irregulares. En muestra de mano se observan gran cantidad de ostreidos, restos de microvertebrados y gasterópodos. También contienen ostrácodos, otros bivalvos e intraclastos.

C3: *grainstone* de peloides y limo cuarcítico

Se trata de calizas grises dispuestas en niveles tabulares decimétricos, de aspecto noduloso y con superficies de estratificación irregulares. En muestra de mano son muy similares a las facies C2, pero con un menor contenido fosilífero. Contienen ostrácodos, dasicladaceas y restos dispersos de microvertebrados. Predomina el limo cuarcítico, que consiste en pequeños granos de cuarzo subredondeados.

Co: conglomerado heterométrico no granosostenido

Se trata de un nivel lenticular decimétrico no granosostenido con una matriz carbonatada de color grisáceo, muy heterométrico, y con clastos de hasta 6 cm. Incluye el ejemplar BSM1.

Lu: lutitas versicolores

Niveles métricos de lutitas masivas versicolores. Predominan los tonos rojos, blancos y violáceos. No se observa ninguna estructura característica en los mismos ni se han localizado fósiles asociados.

Considerando los datos aportados por Soria (1997) y Aurell *et al.*, (2004) se han descrito los siguientes subambientes (Fig. 8):

Medio lacustre-palustre somero (facies M1 y C1):

Aurell *et al.*, (2004) lo interpretan como un medio lacustre-palustre somero con abundantes huellas de raíces y carofitas. En el entorno de Obón, estas facies comparten las mismas características (calizas bioturbadas con caráceas y margas de tonos

blanquecinos) típicas de un medio lacustre-palustre somero. De la misma manera, el yacimiento de icnitas aparece asociado a esta facies, por lo que habría zonas emergidas o con una pequeña lámina de agua.

Submareal somero (facies M2, C2 y C3)

Las facies C2 (*packstone-grainstone* de ostreidos) presentan acumulaciones excepcionales de ostreidos de manera desordenada, acompañados de una matriz esparítica propia de medios de alta energía. La fragmentación que muestran la mayoría de bioclastos (ostreidos, ostrácodos, bivalvos, gasterópodos, huesos) confirma esta hipótesis. Es probable que estos niveles de gran acumulación estén asociados a episodios de tormenta, que removería el fondo y con él todos los restos depositados, fragmentándolos y depositándolos nuevamente de manera caótica. Aparecen niveles de calizas donde las facies no tienen matriz esparítica y los bioclastos aparecen en menor porcentaje. Estos niveles parecen estar asociados con episodios de calma en las condiciones del medio y que se alternan con los episodios de mal tiempo de la serie.

Por otro lado, las facies C3, con un alto contenido en limo cuarcítico se asocian a entradas de material terrígeno a esta zona submareal. Esta hipótesis se basa en la baja angulosidad de los granos de cuarzo y en la presencia de fósiles de animales terrestres (yacimiento Los Centenales), que a su vez indican la cercanía de la línea de costa.

Llanura lutítica y medio lacustre-palustre (facies M1, C1, Co y Lu)

Soria (1997) relaciona los niveles lutíticos rojizos con el depósito producido en zonas de interferencia entre llanuras lutíticas distales de abanicos aluviales y áreas palustres o lacustres. Los conglomerados pueden relacionarse con episodios de grandes avenidas, ya que los clastos presentan una gran heterometría, con tamaños de hasta 6cm. Por encima de estos niveles se encuentran alternancias de margas y calizas (M1 y C1) propias de medios lacustres y palustres.

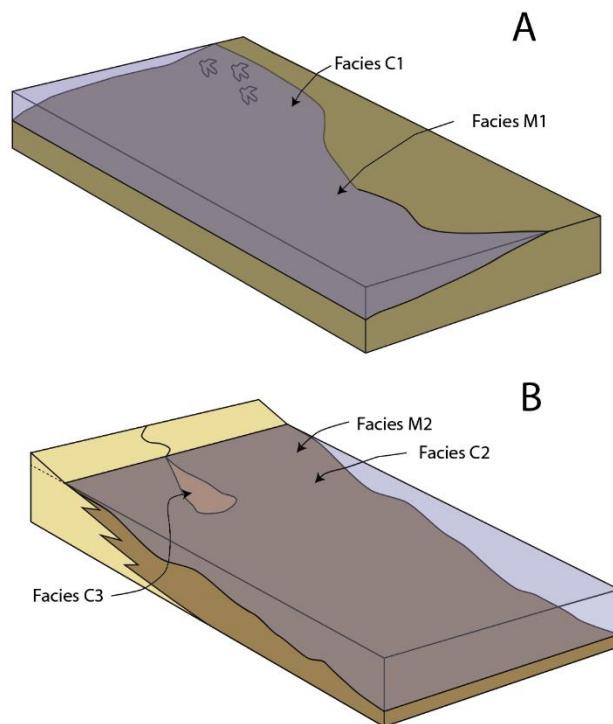


Figura 8: A: reconstrucción del medio de depósito de la secuencia de Blesa Inferior, incluyendo la distribución de facies dentro del mismo. B: reconstrucción del medio de depósito de la secuencia de Blesa Media, incluyendo la distribución de facies dentro del mismo.

SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA

RESTOS ÓSEOS

Superclase OSTEICHTHYES Huxley, 1880

Clase ACTINOPTERYGII Klein, 1885

Subclase NEOPTERYGII Regan, 1923

División HALECOSTOMI

Subdivisión HALECOMORPHI

Lepidotes sp.

Material: cuatro coronas dentales: CENT1, CENT2, CENT3 y CENT 4.

Localización geológica y geográfica: Fm. Blesa Media (Mb. Josa). Estos fósiles aparecen con frecuencia en las calizas del Miembro Josa. Se han recogido varios ejemplares con diferentes morfologías en los alrededores del yacimiento Los Centenales, de los cuáles se han escogido tres para su estudio sistemático. Coordenadas UTM: 30T 0692812 / 4530442.

Descripción: se han reconocido 2 morfotipos bien diferenciados morfológicamente (Fig. 9).

Morfotipo A (Fig. 9A): se trata de dos dientes palatales de contorno circular con un diámetro medio de 5 mm. Presenta una capa de grueso esmalte que cubre completamente la corona. En vista oclusal muestra una superficie lisa, sin ornamentación.

Morfotipo B (Fig. 9B): se trata de un diente palatal de 4,5mm, de contorno elíptico, en el que la gruesa capa de esmalte recubre completamente la corona y se adelgaza hacia la raíz. En vista lateral se reconoce una depresión subcircular en el centro de la corona que delimita una elevación central bien desarrollada.

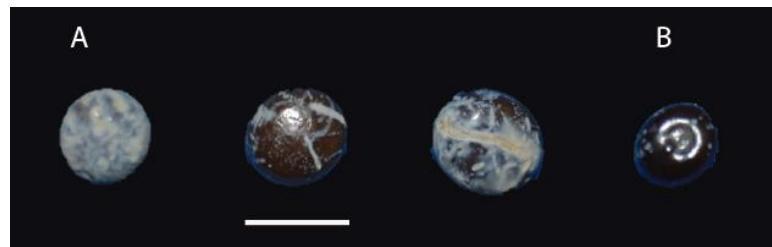


Figura 9: Pycnodontidae indet. A: Vista oclusal de tres dientes palatales del morfotipo A. B: Vista oclusal de un diente palatal del morfotipo B. Escala: 5 mm.

Discusión: Estes y Sanchis (1982) recopilan información sobre los restos de osteíctios de la vecina cuenca de Galve. Entre otros, describen como *Lepidotes* sp. unos dientes caracterizados por ser redondeados y aplanados, y en los que la corona, vidriosa, recubre el diente por completo, incluyendo los laterales y no únicamente la zona del ápice. Estos dientes se diferencian de los dientes similares que pertenecen a la familia Amiidae por tener el esmalte de la corona liso en lugar de rugoso o estriado y que cubre toda la corona en lugar de quedar restringido al disco apical. Los dientes recuperados en la Formación

Blesa son muy similares y coinciden con la descripción aportada para *Lepidotes* sp. por lo que se clasifican como tal. Las presencia de dos morfotipos podría apuntar a la presencia de dos taxones distintos, pero la falta de ejemplares completos hace que sea posible descartar que se trate de un único taxón con heterodoncia en las diferentes posiciones dentales.

Clase OSTEICHTHYES Huxley, 1880
Subclase ACTINOPTERYGII Cope, 1887
Serie NEOPTERYGII Regan, 1923
División HALECOSTOMI Regan, 1923, sensu Patterson, 1973
Orden PYCNOTIFORMES Berg, 1937
ARCODONICHTHYS PASIEGAE Poyato-Ariza 2009
aff. *Arcodonichthys* aff. *pasiegae*

Localización: Fm. Blesa Media (Mb. Josa). En el entorno del yacimiento La Caldera, con unas coordenadas UTM aproximadas: 30T 0692555 / 4529090.

Descripción y comparación: Vómer, CAL-1, de 17 mm de longitud y 10 mm de anchura. Se caracteriza por tener tres filas de dientes, de las cuales, la central es más alargada y en los extremos los dientes se ensanchan. Las filas laterales tienen dientes de menor tamaño y señalan todos en la misma dirección, hacia la parte posterior de la boca del animal. Se han conservado siete dientes de la fila central y en la fila lateral mejor conservada se pueden llegar a contar siete dientes, de los cuales dos se distinguen únicamente por el molde dejado en la roca.

Los picnodontiformes están caracterizados por una dentición heterodonta, con dientes molariformes distribuidos en el vómer y el prearticular. Están adaptados a una alimentación durófaga, esto es, basada en el consumo de animales con conchas duras o exoesqueletos, que trituran con ayuda de estos dientes (Poyato-Ariza y Bermúdez-Rochas, 2009).

Recientemente, Poyato-Ariza y Bermúdez-Rochas (2009) definen un nuevo género y especie de picnodontiformes en la Formación Vega de Pas, de edad Valanginiense

superior – Barremiense de la Cuenca de Santander, *Arcodonichthys pasiegae* (Fig. 10), caracterizado por poseer en el vómer tres filas de dientes en los que en el eje mayor, los bordes anterior y posterior de los dientes están curvados hacia posterior. Además, los dientes de la fila principal tienen los extremos inflados y la longitud del eje menor de la fila principal es igual o ligeramente inferior a la mitad de la longitud del eje mayor (40-51% en el holotipo). Poseen al menos 8 dientes en la fila principal y los dientes laterales se encuentran orientados diagonalmente, formando un ángulo de 133-137° con el plano oclusal de la fila principal. Otros picnodontiformes con la fila principal curvada son *Pycnodus mantelli* (Agassiz, 1839), *Coelodus arcuatus* (Woodward, 1918) o *Pycnodus zeaformis* (Longbottom, 1984) pero todos ellos poseen cinco filas de dientes. Kriwet (2005) realiza una revisión de los picnodontiformes donde se expone que todos los vomers del género *Coelodus* poseen cinco filas de dientes. Poyato-Ariza y Bermúdez-Rochas (2009) confirman que únicamente se conoce un vómer con tres filas de dientes, proveniente del Cretácico Inferior de Galve y que ha sido estudiado por Kriwet (2005) pero ponen en duda la presencia de solo tres filas de dientes en el vómer de Galve por la escasez y fragmentariedad del material y lo diferencian de *A. pasiegae* por presentar dientes relativamente más estrechos en la fila central (es decir, no presenta el carácter “eje menor de los dientes de la fila principal equivalente a la mitad o menos del eje mayor” descrito en *A. pasiegae*). Gasca (2012) describe un vómer de picnodontiforme en el yacimiento Caña Seca de Galve y lo asigna a *Arcodonichthys* sp. ya que presenta los caracteres diagnósticos: tres filas de dientes, los dientes de la fila principal curvadas hacia posterior y con la máxima longitud localizada en los extremos. Además, cita textualmente “Sin embargo, el nuevo material de Gúdar es una evidencia de que el taxón picnodontiforme de los yacimientos turolenses tiene tres filas de dientes vomerinos. Además, dentro del material de Teruel existe una variabilidad en la anchura relativa de los dientes de la fila principal y en la curvatura de sus márgenes anteriores (desde casi 188 rectos a curvados hacia atrás). Si esta variabilidad responde a variaciones intraespecíficas (por ejemplo ontogenéticas) y si el taxón turolense es el mismo que *A. pasiegae* son cuestiones que requieren un estudio y muestreo de los niveles fosilíferos más exhaustivo”.

CAL-1, por lo tanto, es muy similar al holotipo de *A. pasiegae* descrito por Poyato-Ariza y Bermúdez-Rochas (2009) pero carece de una curvatura hacia la parte posterior de la fila central tan marcada como en el holotipo, y tampoco posee dos dientes laterales por cada diente central, características que definen tanto al género como a la especie *Arcodonichthys pasiegae*. La diferencia en las relaciones entre la longitud y la anchura de los dientes pueden responder a la variabilidad existente entre los diferentes fósiles hallados en Teruel, como ya mencionó Gasca *et al.*, (2012). Teniendo en cuenta esto, se ha optado por clasificar el vómer hallado como *Arcodonichthys* sp. ya que es probable que se trate de un nuevo taxón afín al género *Arcodonichthys* debido a las similitudes morfológicas descritas anteriormente.

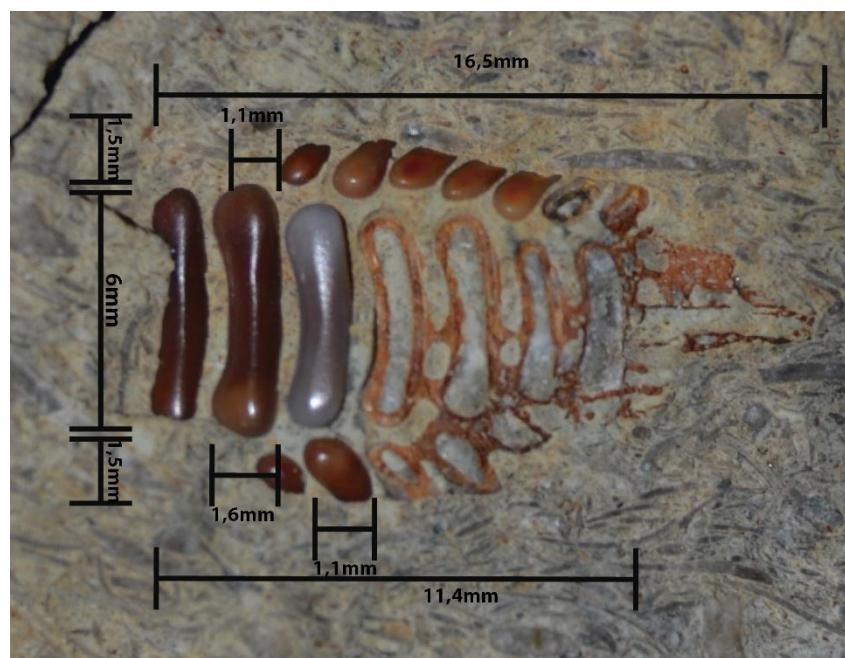
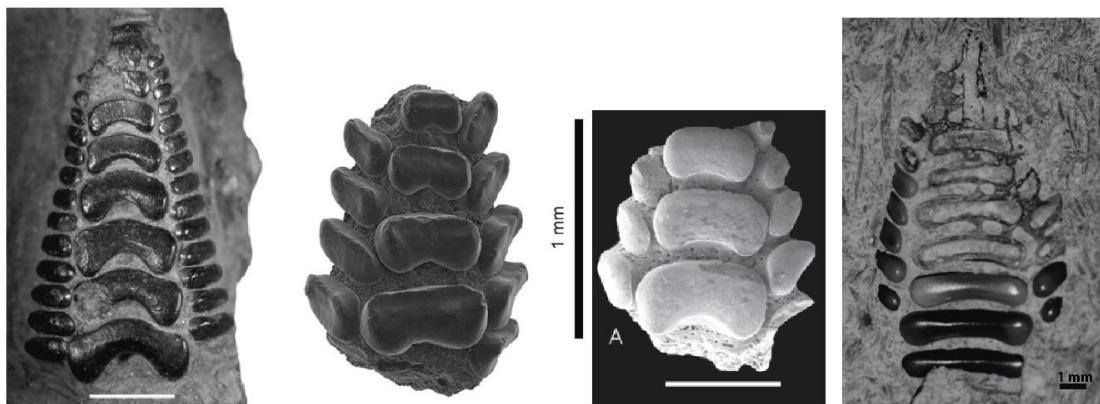


Figura 10: Arriba: de izquierda a derecha: holotipo de *Arcodonichthys pasiegae* (Poyato-Ariza y Bermúdez-Rochas (2009), ejemplar descrito por Gasca et al., (2012), ejemplar descrito por Kriwet (2005) y CAL-1, todas las escalas se corresponden con 1 mm. Abajo: CAL-1, vómer hallado en el yacimiento La Caldera con diferentes medidas de los dientes.

Superorden SAUROPTERYGIA Owen, 1860
Orden PLESIOSAURIA De Blainville, 1835
PLESIOSAURIA INDET.

Material: Se han recuperado un fragmento de diente (BT-1), dos vértebras fragmentadas (CC-1 y BT-2) y varias falanges (BT-3 al 5) que se van a describir de manera individualizada.

BT-1

Localización: Fm. Blesa Media (Mb. Josa). En el entorno del yacimiento Barranco Tejerías, en un nivel de calizas nodulosas. Coordenadas UTM: 30T 0693210 / 45295450.

Descripción: BT-1 es un fragmento de corona dental. Se encuentra conservado en la matriz calcárea. La parte visible mide 8 milímetros de longitud y se corresponde con el inicio de la corona, que aún conserva el esmalte. Tiene una morfología débilmente curvada hacia la parte posterior y presenta una fina ornamentación de pequeñas crestas longitudinales.

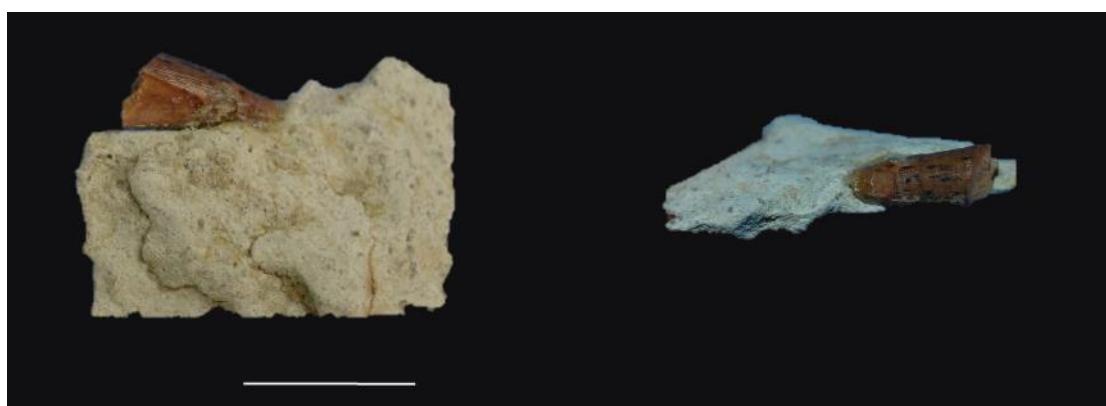


Figura 11: BT-1 Diente de Plesiosauria indet. Escala: 1 cm.

CC-1

Localización: Fm. Blesa Media (Mb. Josa). En un nivel margoso junto al camino, próximo al yacimiento Camino Cabra, con unas coordenadas aproximadas UTM: 30T 0692780 / 4529250.

Descripción: CC-1: fragmento de un centro vertebral de Plesiosauria indet. La longitud anteroposterior es de 4 cm. La articulación anterior es cóncava, al igual que la posterior, aunque su conservación es peor. La parte dorsal se encuentra fragmentada, pero se observa como el cuerpo vertebral se alarga, en lo que sería el arco neural. Carece de facetas de inserción de los arcos hetales, por lo que no es una vértebra caudal. Las facetas de las costillas, cóncavas y de morfología subcircular, se encuentran situadas en una posición lateroventral, lo que nos indica que probablemente se trate de una vértebra cervical próxima a la cabeza del animal, ya que hacia la parte posterior estas facetas se desplazan hacia la zona del arco neural (Parillas-Bel y Canudo, 2015; Smith, 2016).

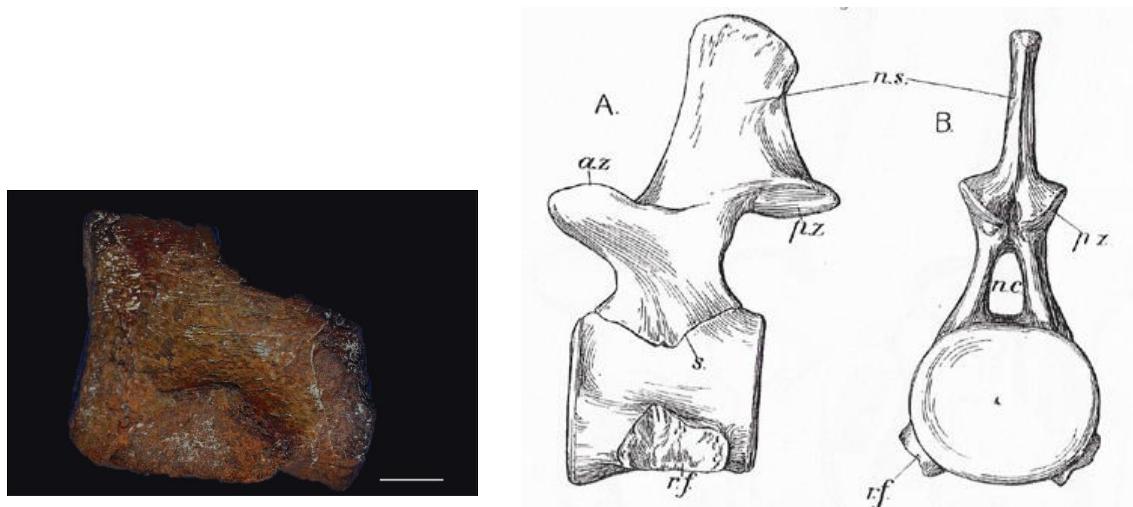


Figura 12. A: CC-1 fragmento de vértebra cervical a la izquierda. Escala: 1 cm. B: comparación con un esquema de una vértebra cervical completa de Plesiosauria (Smith, 2016). Leyenda: a.n. posición donde comenzaría el arco neural. f.c. faceta de articulación de la costilla izquierda.

BT-2

BT-2: fragmento de un centro vertebral de Plesiosauria indet. La longitud anteroposterior es de 31 mm. Pese a la mala conservación, parece que tanto la articulación anterior como posterior son cóncavas. Carece de las facetas para la inserción de los arcos hemales, por lo que se descarta que se trate de una vértebra caudal. Las facetas de las costillas, subredondeadas y cóncavas, se encuentran situadas en una posición laterodorsal, lo que nos indica que se trata de una vértebra cervical, ya que en las vértebras dorsales estas facetas se encuentran en el arco neural. En las vértebras cervicales estas facetas se encuentran en una posición lateroventral y se desplazan hacia el arco neural hacia la parte posterior de la columna. En este caso, el fósil se corresponde con una de las últimas vértebras cervicales o con una vértebra pectoral (se corresponden con las vértebras de transición entre cervicales y dorsales en este grupo). Parrilla-Bel y Canudo (2015) describen varias vértebras de Plesiosauria. BT-X comparte la morfología general del centro, articulaciones cóncavas y la posición y morfología de las facetas de inserción de las costillas, por lo que se ha asignado a este grupo.

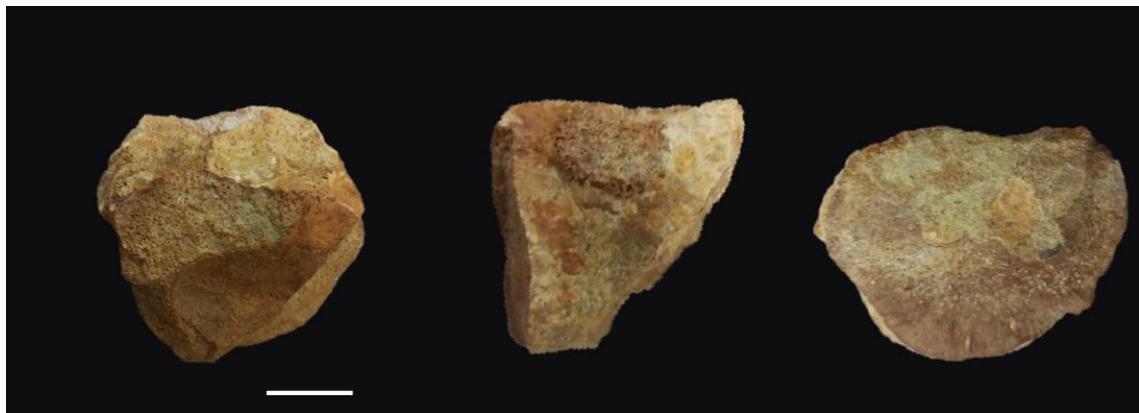


Figura 13: BT-2, fragmento de vértebra dorsal/pectoral. De izquierda a derecha: vista craneal, lateral y caudal. Escala: 1 cm.

BT-3, BT-4, BT-5

Localización: Fm. Blesa Media (Mb. Josa). En un nivel margoso, en el entorno del yacimiento Barranco Tejerías, con unas coordenadas aproximadas UTM: 30T 0693201 / 45295442.

Material: Tres fragmentos de falanges (Sigla BT-3 al BT-5).

Descripción: BT-3, BT-4 y BT-5 son fragmentos de falanges de tamaño similar. La morfología de estas falanges es muy característica, de forma cilíndrica pero con las partes distales ensanchadas lateromedialmente. Los tres restos encontrados se encuentran fragmentados por la parte más fina de la falange por lo que, en el mejor de los casos, solo tenemos la mitad de lo que sería el hueso completo. BT-4 posee una mejor conservación mide 32 mm de longitud, 28 mm de diámetro en la parte distal y 16 mm en la medial.

Estos fragmentos se han asignado a Plesiosauria indet. debido a su morfología similar (Chatterjee y Small, 1989) a la descrita en estos reptiles marinos (Fig. 14). En el miembro Josa de la Fm. Blesa se han descrito únicamente vértebras y dientes de Plesiosauria indet (Parrilla-Bel, 2015), por lo que en este TFM se describen por primera vez restos del esqueleto apendicular de este grupo de reptiles marinos en la Formación Blesa.

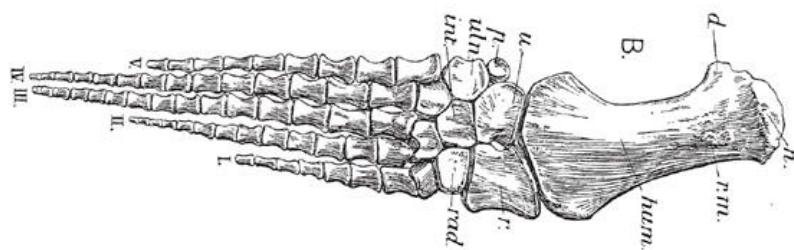
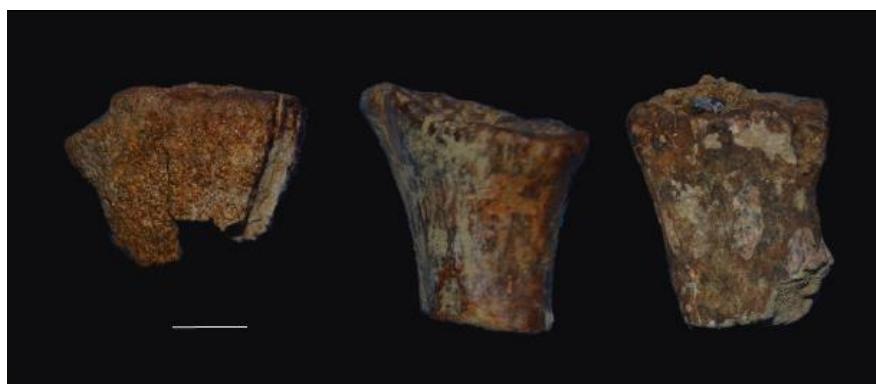


Figura 14. BT-3, BT-4 y BT-5 respectivamente: Fragmentos de falanges de Plesiosauria indet. y su comparación junto a unos esquemas de las extremidades de Plesiosauria (Smith, 2016). Escala: 1 cm.

Clado MESOECROCODYLIA Whetstone and Whybrow, 1983
Familia, Género y especie indeterminado

BSM-1

Localización: Fm. Blesa Media (Mb. Josa). En el entorno del perfil Barranco Santa María, en el nivel de conglomerados. Coordenadas UTM: 30T 0690610 4530860.

Descripción: BSM-1 es una corona dental con parte de la raíz. El diente mide 14mm de los cuales 4,7mm corresponderían a la raíz del diente y 9,3mm a la corona dental, de la que se ha perdido el ápice, por lo que el diente sería un poco mayor. En la zona de unión de la corona y la raíz, el diente tiene un diámetro próximo a 4,9mm. Presenta una ornamentación formada por dos carenas longitudinales situadas en la parte mesial y distal del diente, haciendo que la zona labial presente una morfología más convexa que la lingual. Las carenas presentan unos dentículos muy desgastados, con morfología cuadrangular, que se consideran dentículos verdaderos ya que no son un alargamiento del esmalte de la corona: el diente es, por lo tanto, cifodonto. El diente tiene una curvatura con el ápice apuntando hacia la zona lingual de la boca, esto es, hacia el plano medial del animal (Fig. 15).

Discusión: Puértolas-Pascual *et al.*, (2015) clasifican un diente cónico, zifodonto y relativamente alargado (10 mm) del yacimiento de la Cantalera como Mesoeucrocodylia indet. De acuerdo con Schwarz-Wings *et al.*, (2009) los únicos mesoeucrocodilios no-eusuquios que tienen dientes con dentículos son *Theriosuchus ibericus* (Brinkmann, 1992), *Dakosaurus andiniensis* (Gasparini *et al.*, 2006) y el grupo Ziphosuchia (Ortega *et al.*, 2000). Los dientes de *Theriosuchus* son de pequeño tamaño y mucho más aplanados basiapicalmente y Ziphosuchia aparece en el Cretácico Superior. El género *Dakosaurus* es marino, y la corona dental BSM-1 apareció en la Fm. Blesa Superior, de carácter más continental en unos conglomerados considerados de avenida fluvial. El uso de la dentición zifodonta como criterio taxonómico en la clasificación de dientes aislados tiene una información filogenética limitada (Turner, 2006). Este tipo de dentición estuvo presente en gran cantidad de crocodilomorfos terrestres depredadores, por lo que tiene más

información ecológica que filogenética (Andrade y Bertini, 2008). Por esta razón, la corona dental se ha asignado a *Mesoeucrocodylia* indet.

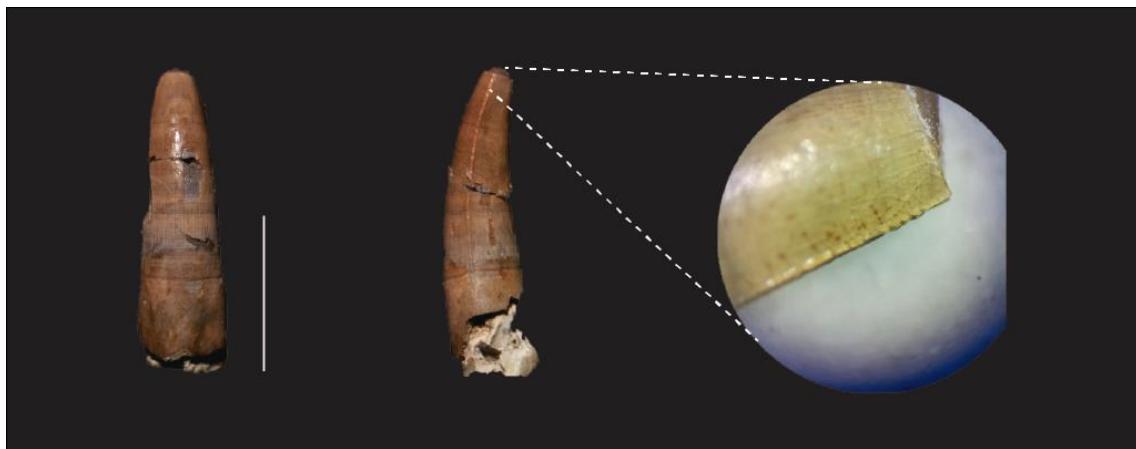


Figura 15: BSM-1: corona dental de *mesoeucrocodylia* indet. vista labial y anterior/posterior. Imagen de lupa binocular de una de las carenas, en la que se observan dentículos desgastados. Escala: 1 cm.

ARCHOSAURIA Cope, 1869
Superorden DINOSAURIA Owen, 1842
Orden ORNITHISCHIA Seeley, 1888
Suborden ORNITHOPODA Marsh, 1871

Material: Un fragmento de hueso largo (CENT-5).

Localización: Fm. Blesa Media (Mb. Josa). Yacimiento Los Centenales.

Descripción: CENT-5 está bien conservado, pero es solo el fragmento proximal de un hueso largo. La longitud conservada es de 7 cm proximodistalmente y 6 cm lateromedialmente, en la zona proximal, es decir, en la zona que articularía con el extremo distal del fémur. Se trata de un hueso aplanado, de apenas 2 cm de grosor en la zona proximal. Esta morfología de hueso alargado y aplanado nos permite identificarlo como la epífisis proximal de una fíbula.

La ausencia de una fosa en la parte posterior o caudal, típica de las fíbulas de dinosaurios terópodos, nos indica que este hueso pertenece a un dinosaurio ornitópodo (Norman, 2004), cuyas fíbulas eran más simples y no poseían elementos morfológicos destacados.

Cabe destacar que presenta un extremo proximal menos expandido que *Iguanodon* (Fig.16).

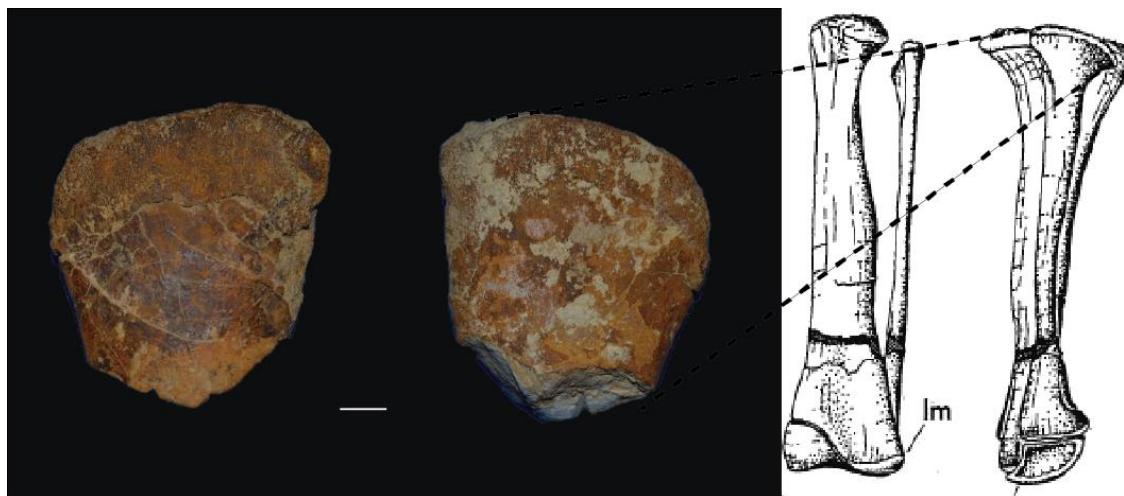


Figura 16: A: Vista lateral (izquierda) de CENT-5 y B medial (derecha). C: vista posterior (ventral) y lateral de tibia y fíbula de *Iguanodon bernissartensis* (Norman 1980), con la parte conservada de CENT-5 señalada. Escala: 1 cm.

ARCHOSAURIA Cope, 1869
 Superorden DINOSAURIA Owen, 1842
 Orden ORNITHISCHIA Seeley, 1888
 Suborden ORNITHOPODA Marsh, 1871

Material: vértebra de la que solo se conserva el centro vertebral y el inicio del arco neural.

Localización: Fm. Blesa Media (Mb. Josa). Yacimiento Los Centenales.

CENT-6: centro vertebral sin el arco neural. La conservación del fósil no es muy buena y se ha perdido prácticamente toda la superficie del mismo, pudiendo observarse la morfología y las características principales pero no los detalles. El centro vertebral mide 67 mm anteroposteriormente, 55 mm lateralmente y 55 mm dorsoventralmente. La morfología del centro es cuadrangular (vista lateralmente) y las facetas de articulación son prácticamente circulares y platicélicas. En la parte dorsal se aprecia el inicio del arco neural, que surgiría de dos ramas laterales separadas por un surco interior. En la zona

ventral se aprecia un adelgazamiento que genera una cresta que une la parte posterior y la anterior. Considerando que la faceta de articulación más cóncava corresponde con la posterior, en el lateral derecho del centro vertebral se aprecia un pequeño foramen (Fig. 17, central).

Discusión: el centro vertebral carece de facetas para la inserción de los chevron, por lo que no puede tratarse de una vértebra caudal. Tampoco se observan facetas para las epífisis, por lo que estas se encontrarían directamente en el arco neural, característica típica de las vértebras dorsales. El centro vertebral es robusto, y su morfología cuadrangular en vista lateral y la ausencia de neumatización y adelgazamiento de ningún tipo descartan a terópodos y saurópodos como productores de la misma, por lo que probablemente se corresponda con una vértebra de ornitópodo (Norman *et al.*, 2004).



Figura 17: CENT 6, centro vertebral e inicio del arco neural de una vértebra asignada a *Ornithopoda* indet. De izquierda a derecha: vista craneal, vista lateral derecha y vista ventral. Escala: 5 cm.

ARCHOSAURIA Cope, 1869
Superorden DINOSAURIA Owen, 1842
Orden SAURISCHIA SEELEY, 1888
Suborden THEROPODA indet.
Deinonychosauria indet. Colbert & Russell, 1969

Material: una vértebra dorsal (MPZ 2009/846).

Localización: Fm. Blesa Media (Mb. Josa). En los alrededores del yacimiento Los Quiñones.

Descripción: MPZ 2009/846 es una vértebra casi completa, le falta la parte posterior del centro vertebral. Dorsoventralmente tiene 98 mm de longitud, 41 mm anteroposteriormente (aunque probablemente sea algo mayor ya que falta parte de la misma) y 103 mm lateralmente, entre los puntos más alejados de las apófisis. La parte posterior de la vértebra no se ha conservado, por lo que falta aproximadamente la mitad del centro vertebral y las estructuras posteriores del arco neural, como las postzigapófisis, aunque el arco neural parece estar completo. A su vez, la vértebra presenta una deformación producida durante la fosilización o posteriormente a la misma, que se puede observar claramente en la curvatura y las fracturas que presenta el arco neural. En el Anexo 3 se expone una descripción detallada de la nomenclatura utilizada.

El centro vertebral presenta una morfología ligeramente ovalada que en vista lateral, se estrecha en la zona central, con una morfología de “carrete”. En la parte anterior se aprecia una elongación muy desgastada y aparentemente asimétrica. Se ha descartado que se trate de la articulación para el arco hemal, ya que surge de la parte ventral y de un único punto, y no desde ambos laterales del centro vertebral y en posición lateroventral, que es la posición típica de las facetas de inserción de los arcos hemales. Al estar fragmentada la parte posterior del centro vertebral, se puede observar la estructura interna del hueso, con una serie de huecos llenos de sedimento que se ha interpretado como neumatización, una característica presente en las vértebras de algunos dinosaurios (Hendrickx *et al.*, 2015). Las prezigapófisis (articulación con la vértebra anterior) se han conservado perfectamente mientras que las postzigapófisis (articulación con la vértebra posterior), se han perdido. La superficie de articulación de la prezigapófisis es aplanada y ovalada. El hiposfeno presenta dos láminas subparalelas con dirección dorsoventral que crean un hueco entre ellas y que le otorgan al canal neural una morfología de corazón muy característica. Se observa una marcada cresta en la zona ventral de las diapófisis. Estas estructuras pueden ser interpretadas como una zona de unión entre las parapófisis y diapófisis, así como para la inserción de músculos o ligamentos intervertebrales (Filippi *et al.*, 2016). Las parapófisis tienen menos longitud que las diapófisis (32 mm y 41 mm

respectivamente medidos desde la unión con el arco neural en línea recta) apuntan lateroventralmente, mientras que las segundas lo hacen laterodorsalmente, formando un ángulo entre sí próximo a los 45°. La espina neural tiene un contorno cuadrangular y una longitud de 38 mm medidos en la zona de unión anterior con las diapófisis. Esta estructura es la que ha sufrido una mayor deformación, por lo que presenta una curvatura de unos 20° con el eje neural causada tras el enterramiento (Fig. 18).

Discusión: La morfología en forma de carrete del centro vertebral y la neumatización de las vértebras dorsales son dos sinapomorfías de los dinosaurios terópodos (Hendrickx *et al.*, 2015). Los pleurocelos en terópodos se encuentran en los tetanuros basales y todos los grupos poseen estos orificios en ambos laterales del centro vertebral (Weishampel *et al.*, 2004). Estos pleurocelos se pierden en el grupo Paraves: Dromaeosauridae (Norell y Makovicky, 2004) y Troodontidae (Makovicky y Norell, 2004), ambos incluidos en Deinonychosauria. MPZ 2009/846 carece de pleurocelos y orificios neumáticos aparentes, por lo que se ha descartado que pertenezca a varios de los grupos de terópodos descritos en la península: Spinosauridae (Alonso y Canudo, 2016), Allosauroidea (Ortega *et al.*, 2010) y Ornithomimosauria (Pérez-Moreno *et al.*, 1994). De entre los grupos que carecen de pleurocelos, MPZ 2009/846 comparte con Troodontidae algunos caracteres como la forma de “carrete” del centro vertebral, la presencia de hipofeno e hipantrum y una cresta neural alargada y prácticamente recta pero no comparte con Troodontidae que la parapófisis se expande directamente desde el centro vertebral. En los dromeosáuridos los centros vertebrales son cortos, platicélicos y presentan forma de “carrete”. Los procesos transversos son rectos y levemente dirigidos hacia posterior, esto se acentúa en las vértebras dorsales más caudales. Las parapófisis son alargadas y surgen del centro vertebral. De estos dos grupos, solo se han citado dromeosáuridos en la península ibérica (Ruiz-Omeñaca y Canudo, 2003). MPZ 2009/846 comparte algunas sinapomorfías con Troodontidae y Dromaeosauridae pero no comparte con ellos la posición de la parapófisis, que se alarga desde el arco neural y no desde el centro vertebral como en estos grupos. Esto podría indicar que se trata de un ancestro de estos grupos de Paraves o bien un taxón sin describir de alguno de estos grupos, posiblemente Dromaeosauridae debido a que se trata de un grupo muy extendido en la península durante el Barremiense (Ruiz-Omeñaca y Canudo, 2003).

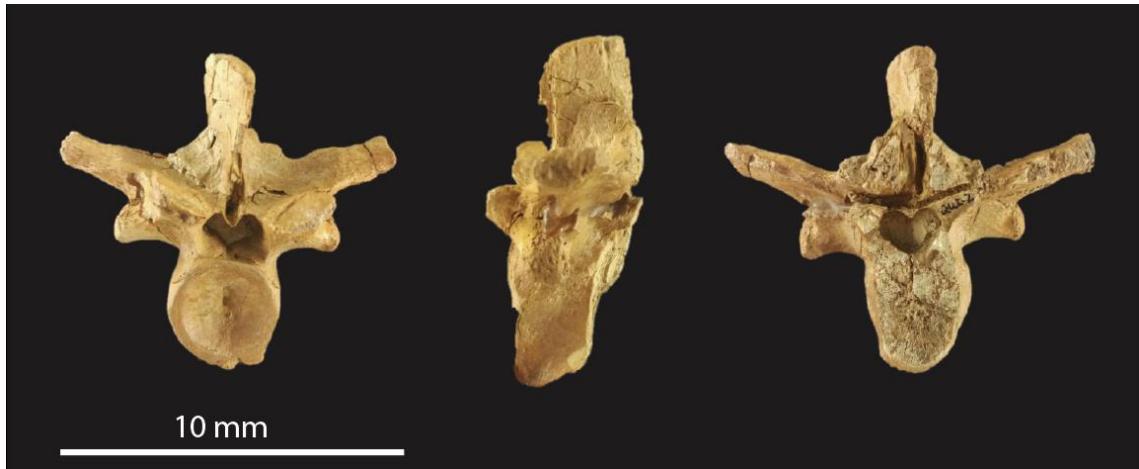


Figura 18: MPZ 2009/846, vértebra asignada a *Deinonychosauria* indet. De izquierda a derecha: vista craneal, lateral izquierdo y caudal.

RESTOS INDIRECTOS

Yacimiento de icnitas del Río Cabra: se trata de un yacimiento de icnitas situado sobre unos niveles calcáreos de la Formación de Blesa “Inferior” (Figura 19). Las icnitas se formaron en una zona lacustre-palustre y en la que algunas de las huellas pudieron realizarse bajo lámina de agua. Esto implica que la dimensión real de un miembro del animal fuese algo menor que la medida de las huellas, ya que estas se deformaron por caída de barro e incluso en algunas se conserva el arrastre de la pata al sacar el pie del barro, por lo que se encuentran huellas deformadas. El yacimiento se encuentra dinoturbado de grandes huellas interpretadas de dinosaurio saurópodo. Estas grandes huellas cubren gran parte del yacimiento, dificultando seguir un rastro claro. Existe además un gran surco que atraviesa el yacimiento en dirección W-E. Las huellas presentan estructuras que en algunos casos se han asignado a uñas del animal, así como grandes rebordes de barro, sobre todo en las pertenecientes a dinosaurios saurópodos, por lo que probablemente se trate de huellas verdaderas y no de calcos o sobreimpresiones. La gran mayoría de las icnitas, incluidos los rastros estudiados, presentan dirección Este, por lo que la dirección de los dinosaurios sería Oeste-Este en el momento de producción de las huellas. Se ha realizado un estudio sobre los rastros mejor preservados del

yacimiento. Se han tomado medidas de cinco icnitas del rastro A, cuatro icnitas del rastro B y tres icnitas del rastro C. Se ha calculado la altura del acetábulo (cadera) para los dinosaurios bípedos. Utilizando este dato se ha calculado también la velocidad aproximada a la que se desplazaba el animal productor. Thulborn (1990) propone que por debajo de 2 m/s el animal va andando, hasta 2,9 m/s al trote y por encima corriendo (Tabla 1).

Rastro	Longitud huella	Paso	Zancada	H del acetábulo	Velocidad aproximada
A	39 cm	71 cm	154 cm	191 cm	1,5m/s=5,44km/h
B	26 cm	106 cm	215 cm	127 cm	2,12m/s=7,64km/h
C	73 cm	140 cm?	207 cm?	430 cm	

Tabla 1: Medidas de los tres rastros principales y aproximaciones de la altura del acetábulo y la velocidad basándose en la metodología descrita en la figura 1.

Rastro A: se trata de un rastro con cinco huellas claras y otras dos posibles, aunque peor conservadas. Las icnitas son prácticamente igual de largas que de anchas (Figura 19: B). Este rastro es singular, ya que las icnitas aparentemente solo presentan dos dedos. No se conoce ningún dinosaurio cuyas icnitas posean una morfología similar, por lo que las opciones sobre su producción y conservación son varias. La morfología de media luna es típica de huellas pertenecientes a manos de saurópodos (Myers y Fiorillo, 2009), pero en este caso el rastro no está asociado a huellas de pie de saurópodo, por lo que se descarta esta primera hipótesis. La segunda opción es que se trate de un ornitópodo que o bien por conservación, o bien por la morfología del pie o la forma de pisar haya dado lugar a huellas en las que solo se observan dos dedos. Los rastros se formaron en una zona lacustre, probablemente incluso bajo lámina de agua, por lo que es posible que el barro tapase parte de la huella tras la pisada, aunque esta hipótesis es bastante improbable, ya que este patrón se repite en todas las huellas del rastro. La tercera hipótesis trata sobre la morfología del pie o la pisada. Esto se puede deber a que el dinosaurio directamente no apoyase uno de los dedos o bien a que tuviese dos de los dedos de apoyo muy unidos. La altura del acetábulo es de casi dos metros, y la velocidad a la que se desplazaba el animal sería aproximadamente 5,44 km/h. comparando con un ser humano (3-5km/h andando)

se puede deducir que el animal se desplazaba lentamente, lo cual concuerda con que, además, la zona fuese fangosa y las patas se clavasen en el sustrato, lo que ralentizaba en parte su velocidad. Con esta morfología y estas dimensiones, es probable que el productor de las icnitas fuese un dinosaurio ornitópodo.

Rastro B: se trata de un rastro de cuatro huellas tridáctilas, más largas que anchas y en algunas se observa incluso la marca de la uña (Figura 19: C). En este rastro las icnitas se encuentran muy deformadas, debido a la cantidad de barro en el momento de producción. La altura del acetáculo es de aproximadamente 127 cm y la velocidad es algo mayor que en el rastro interpretado como ornitópodo (Tabla 1), pero igualmente se trata de un rastro de dinosaurio caminando. Con estas dimensiones y morfología de las icnitas es probable que el productor fuese un dinosaurio terópodo.

Rastro C: se trata de un rastro en el que se han diferenciado una huella de una mano y una huella del pie de un saurópodo (Figura 19: D). La morfología de la huella de la mano, en forma de media luna es muy característica de estos animales, así como la del pie, de gran tamaño y en la que se diferencian incluso los dedos. Siguiendo a Thulborn (1990) la altura del acetáculo sería de 4,30 metros, aunque añade que la fórmula utilizada puede no ser correcta. La fórmula utilizada para calcular la velocidad en los otros rastros no sirve en este caso, ya que es únicamente válida para dinosaurios bípedos. La gran cantidad de huellas de este tipo nos permite interpretar que fueron varios los dinosaurios saurópodos que las produjeron, evidencia de la hipótesis de que estos dinosaurios tenían un comportamiento gregario (Myers y Fiorillo, 2009).

Surco: en el yacimiento aparece un surco que lo atraviesa prácticamente en su totalidad, longitudinalmente, de oeste a este (Figura 19: E). Aparentemente, debido a las dimensiones del mismo, se descarta la posibilidad de que se trate una huella dejada por el arrastre de un elemento inerte (roca, tronco), al estar en un ambiente lacustre-palustre de baja o moderada energía. Por otro lado, en la literatura no se ha encontrado una estructura similar en yacimientos con icnitas de dinosaurio. Este surco tiene una anchura de 57 cm y 10 cm de profundidad. Se ha desechado la idea de que el surco se produjese por el arrastre de la cola de un dinosaurio, ya que es prácticamente rectilíneo. La segunda

posibilidad es que uno de los dinosaurios saurópodos arrastrase una extremidad posterior y fuese realizando este surco al andar, aunque no se puede asegurar, ya que, por ejemplo, en ningún momento aparece una pisada sobre este surco, lo que indicaría que en algún momento el dinosaurio apoyase la pata. Esto son solo dos posibilidades, y con el estudio realizado no se puede realizar una interpretación sobre la causa real de formación del mismo.

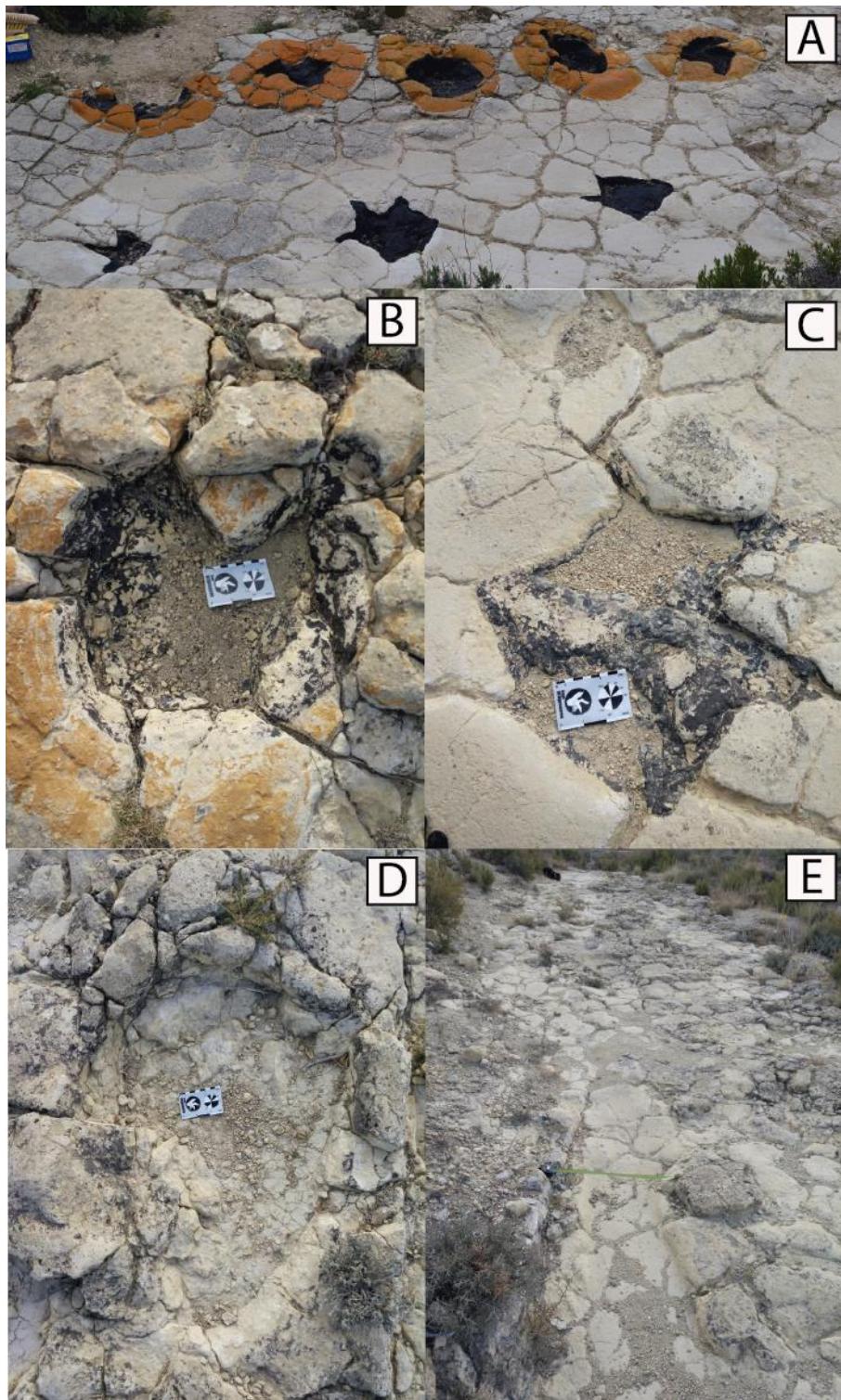


Figura 19: Yacimiento de icnitas. A: panorámica de los rastros “A” y “B”. B: icnita del rastro A, asignada a dinosaurio ornitópodo. C: icnita del rastro B, asignada a dinosaurio terópodo. D: icnita del rastro C, asignada a dinosaurio saurópodo. E: panorámica en la que se aprecia el surco.

DISCUSIÓN

La investigación de los vertebrados fósiles en la Formación Blesa y en el Barremiense inferior de Teruel se ha centrado tradicionalmente en estudios taxonómicos (p. ej., Canudo *et al.*, 2010, Alonso y Canudo, 2016). En cambio, estudios de tipo tafonómico son escasos, a pesar de que son fundamentales para establecer modelos paleoecológicos robustos con los que reconstruir ecosistemas antiguos (Eberth y Currie, 2005). Canudo *et al.* (1997) proponen cuatro categorías tafonómicas para los yacimientos de vertebrados de la sucesión mesozoica de Galve: especímenes articulados o asociados, capas estratiformes de concentraciones de microvertebrados, capas lenticulares de concentraciones de microvertebrados y huesos individuales aislados. Entre otros, Eberth y Currie (2005) realizan un exhaustivo estudio sobre los patrones tafonómicos de otras unidades ricas en vertebrados, donde reconocen hasta 10 patrones diferentes. Recientemente, Gasca (2015) estudia un centenar de yacimientos y los sitúa en una matriz para determinar los principales modos tafonómicos que pueden identificarse en la Formación El Castellar, llegando a reconocer 4 modos diferentes y hasta 12 submodos.

Durante la realización de este TFM se han localizado nuevos yacimientos y se han estudiado en detalle otros ya conocidos de la Formación Blesa en los alrededores de Obón. Se han recogido gran cantidad de esquirlas, que pese a su valor taxonómico limitado en muchos casos suponen un incremento de datos paleontológicos que resulta muy valioso para caracterizar los patrones tafonómicos de los yacimientos, así como su distribución estratigráfica y paleoambiental. Para ello, se ha establecido una clasificación que comprende las principales modalidades tafonómicas y que ayudará a entender cómo se han formado los diferentes yacimientos de vertebrados de la Formación Blesa.

Un modo tafonómico o modalidad tafonómica es el conjunto de características tafonómicas (rotura, meteorización, abrasión...), de preservación (articulado, aislado, capa de acumulación...) y geológicas (facies, paleoambiente) recurrentes entre los fósiles de un intervalo estratigráfico, que reflejan influencias *premorten* (bióticas y ambientales) y *postmorten* (biostratinómicas y diagenéticas) así como controles a escala de cuenca sobre aportes sedimentarios y espacio de acomodación (Eberth y Currie, 2005). Por otra

parte, la señal tafonómica es la suma de características tafonómicas y de preservación y el contexto geológico de cada ejemplar, que puede ser compartida o no por otros ejemplares del mismo yacimiento, formación o área (Eberth y Currie, 2005).

Para la clasificación realizada se ha seguido la propuesta por Eberth y Currie (2005), ya que otras clasificaciones más recientes (Gasca, 2015; Csiki *et al.*, 2010) son similares, y únicamente omiten uno de los modos ya que no han localizado especímenes articulados.

A partir de los seis yacimientos de vertebrados que se han reconocido en la Formación Blesa en el entorno de Obón se puede establecer una clasificación jerárquica de los modos tafonómicos presentes con cuatro grandes categorías: especímenes articulados, especímenes asociados, huesos aislados, indiferenciado huesos aislados/capas de huesos y acumulaciones de microvertebrados (Tabla 2). Por otra parte se han reconocido cinco litofacies fosilíferas que se agrupan dentro de los dominios submareal y llanura lutítica.

La mayoría de los yacimientos y fósiles de vertebrados hallados se encuentran en el miembro de calizas con ostreidos de Josa, pero con el estudio detallado en microscopio óptico de láminas delgadas del perfil Barranco Tejerías y del yacimiento Los Centenales se han podido subdividir las facies submareales en cuatro subfacies: facies submareales, facies submareales asociadas a tormentas, facies submareales con aporte continental y nódulos carbonatados. En el caso de los nódulos es probable que su formación esté relacionada con los episodios de tormentas, pero al ser su conservación tan particular, se ha decidido clasificarlos como un modo diferente.

Modos tafonómicos	Código	Descripción	Composición taxonómica	Características tafonómicas	Yacimientos y ejemplos
ESPECÍMENES ARTICULADOS	A	Especímenes que muestran conexión anatómica	Un solo taxón	Bajo grado de rotura y abrasión	
Especímenes articulados	A1	Se conserva más del 90% del esqueleto			
Especímenes parcialmente articulados	A2	Esqueleto que muestra cierto grado de conexión anatómica			Barranco Tejerías
ESPECÍMENES ASOCIADOS	B	Esqueletos incompletos y desarticulados		Meteorización y rotura varían, abrasión ausente	
Preservados en depósitos submareales	B1	Esqueleto parcial desarticulado	Uno o varios taxones	Bajos grados de rotura y meteorización	Barranco Tejerías
Preservados en depósitos submareales con aporte continental	B2	Esqueleto parcial desarticulado	Uno o varios taxones	Alto grado de rotura y meteorización	Los Centenales
HUESOS AISLADOS	C	Normalmente un hueso aislado e incompleto	Un solo taxón	Rotura y meteorización variables; sin abrasión o baja	
Preservados en depósitos submareales asociados a tormentas	C1	Huesos normalmente identificables			Los Centenales, Barranco Tejerías, La Caldera y Los Quiñones
Preservados en nódulos carbonatados	C2	Huesos incompletos, no siempre identificables		Rotura alta	Barranco Tejerías
Preservados en depósitos de llanura lutítica	C3				Barranco Santa María
Preservados en depósitos submareales	C4				Barranco Tejerías y Río Cabra
HUESOS AISLADOS/CAPAS DE HUESOS	D	Varios fragmentos de huesos	Diversidad baja	Rotura alta, meteorización y abrasión variables	
Preservados en depósitos submareales	D1				La Caldera
ACUMULACIONES DE MICROVERTEBRADOS	E	Concentración de elementos esqueletales de pequeño tamaño y múltiples taxones	Diversidad alta	Grado variables de rotura y meteorización, abrasión variable	
Preservados en depósitos submareales asociados a tormentas	E1				Barranco Tejerías, Los Centenales y La Caldera

Tabla 2: Clasificación jerárquica de los modos tafonómicos de los restos de vertebrados presentes en la Formación Blesa.

El yacimiento Barranco Tejerías es el que más modos presenta, esto se debe a que el miembro Josa aflora por completo a lo largo de este perfil, sin construcciones antrópicas que puedan cubrirlo, como caminos, campos de cultivo o bancales y muros. También se han considerado pertenecientes a este yacimiento fósiles localizados en los alrededores del mismo. El modo A2, correspondiente a especímenes parcialmente articulados, se ha asignado a este yacimiento, ya que se pueden observar varias placas de tortuga aparentemente en relación anatómica, aunque hasta que estos fósiles no sean extraídos de la roca no se puede asegurar si existe dicha relación.

De entre todos los modos, destacar el modo C1, huesos aislados preservado en depósitos submareales asociados a tormentas. Los fósiles conservados de esta manera pueden presentar cierto grado de rotura y fragmentación previa al enterramiento, así como ligeras deformaciones, pero la parte del hueso que se ha preservado tiene un grado de conservación excepcional que permite la identificación del mismo, así como en muchos casos su clasificación taxonómica, como es el caso de los fósiles CAL-1 y QUI-1.

Al comparar los resultados de este trabajo con los obtenidos por Gasca (2015) en yacimientos de la Formación El Castellar de la subcuenca de Galve, destaca la presencia de restos asignados al modo tafonómico A, especímenes articulados, que Gasca (2015) no describe. Es probable que esto se deba a la diferencia de medio, ya que los yacimientos estudiados por Gasca (2015) pertenecen a un medio lacustre, mientras que los estudiados en el presente trabajo corresponden con un dominio submareal. Aproximadamente la mitad de los yacimientos que estudió en su tesis, Gasca (2015) son atribuidos al modo E, acumulaciones de microvertebrados, asociados a niveles margosos preservados en depósitos lacustres. Sin embargo, pese a la abundancia de restos de este modo en la Fm. Blesa en el entorno de Obón, el modo con una mayor presencia en los yacimientos, según los resultados del presente trabajo, es el modo C, huesos aislados en facies submareales.

CONCLUSIONES

La Formación Blesa en los alrededores de Obón está representada por tres secuencias claramente diferenciadas: la secuencia de la Blesa Inferior, incompleta, en la que solo están representados los materiales del miembro Morenillo, la secuencia de la Blesa Media, representada por las calizas y margas con ostreidos del Miembro Josa y la secuencia de la Blesa Superior, con aportes terrígenos y materiales carbonatados pertenecientes al Miembro Valdejuncos.

El estudio sedimentológico ha permitido diferenciar siete facies, que se han asignado a tres medios sedimentarios: medio lacustre-palustre somero (facies M1 y C1), para las secuencias de Blesa Inferior y Blesa Superior, medio submareal somero (facies M2, C2 y C3) (en la secuencia de Blesa Media y llanura lutítica (Co y Lu) en la base de la secuencia de Blesa Superior. La evolución vertical de las secuencias permite diferenciar una evolución transgresión-regresión-transgresión.

Se han estudiado fósiles de los principales grupos de vertebrados del Mesozoico: osteictios, crocodrilomorfos, plesiosaurios, testudines y dinosaurios. Destaca la descripción de una corona dental interpretada como Mesoeucrocodylia indet. (BSM-1) y de un centro vertebral de Ornithopoda indet. (CENT-5). Se han descrito por primera vez en la Formación Blesa falanges de Plesiosauria indet. (BST-3 a 5) y un elemento del esqueleto axial de Theropoda, interpretado como una vértebra dorsal de Deinonychosauria indet. (MPZ 2009/846).

El único yacimiento de icnitas conocido de la Formación Blesa posee rastros de los principales grupos de dinosaurios: saurópodos, terópodos y ornitópodos y se formó en una zona lacustre-palustre bajo lámina de agua y con abundante fango, lo que permitió la conservación de detalles como las uñas de las patas o los rebordes de barro dejados por los dinosaurios al caminar sobre el sustrato.

El estudio de seis yacimientos de vertebrados, uno de ellos nuevo (Barranco Tejerías) ha permitido establecer una clasificación en la que se han diferenciado 5 modos tafonómicos

y 9 submodos representados en los materiales de la Formación Blesa en los alrededores de Obón. Destacan los fósiles asignados al modo A (especímenes articulados) y la cantidad y buena conservación de los fósiles del modo C1 (preservados en depósitos submareales asociados a tormentas).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no habría podido realizarse sin la ayuda o consejo de muchas personas, es a ellas a quienes se dirigen estos agradecimientos.

En primer lugar, agradecer al Dr. José Ignacio Canudo la dirección de este Trabajo Fin de Máster, por su atención y respuesta a todas las preguntas y dudas que le he planteado sin importar el momento. Trabajar con los fósiles de la Fm. Blesa ha sido muy enriquecedor y me ha dado ganas de seguir estudiándolos, más si cabe los del yacimiento Barranco Tejerías, por haber seguido todo el proceso de localización y excavación de los mismos.

Al Dr. Marcos Aurell, por su ayuda para resolver los problemas que me ha planteado el estudio de facies, que no han sido pocas, y teniendo siempre algún minuto que dedicar, ya fuese para revisar láminas delgadas o repasar los diferentes perfiles estratigráficos.

Agradecer a toda la gente del Área de Paleontología de la Universidad de Zaragoza, en especial a Jara Parrilla, Manuel Pérez, Miguel Moreno, Diego Castanera y Eduardo Puértolas, siempre dispuestos a aconsejarme cuando les he pedido ayuda. Gracias en especial a Antonio Alonso, por interesarse en mi progreso y aguantar mis dudas y divagaciones sobre los terópodos.

También a mi familia, por haberme permitido realizar el Máster en Geología: Técnicas y Aplicaciones en unos tiempos difíciles. A mis compañeros del Máster, por haber hecho más divertido y ameno este año. No me olvido de mis amigos, por su apoyo y ánimo en todo momento y gracias en especial a Lucía, por su interés y su disposición a ayudarme en todo momento.

BIBLIOGRAFÍA

Agassiz, L. (1833-44): Recherches sur les poissons fossils. 5 vol; *Neuchâtel et Soleure (Petitpierre)*, 1420 pp. + supplements.

Alonso, A. y Canudo, J.I. (2016): On the spinosaurid theropod of Blesa Formation from the Early Barremian (Early Cretaceous, Spain). *Historical Biology*, 28(6), 823-834.

Andrade, M.D. y Bertini, R.J. (2008): Morphology of the dental carinae in *Mariliasuchus amarali* (Crocodylomorpha, Notosuchia) and the pattern of tooth serration among basal Mesoeucrocodylia. *Arquivos do Museu Nacional*, 66(1):63-82.

Aurell, M., Bádenas, B., Canudo, J.I. y Ruiz-Omeñaca, J.I. (2004): Evolución tectosedimentaria de la Fm. Blesa (Cretácico Inferior) en el entorno del yacimiento de vertebrados de La Cantalera (Josa, Teruel). *Geogaceta*, 35: 11-14.

Aurell, M., Soria, A.R., Bádenas, B., Liesa, C.L., Canudo, J.I., Gasca, J.M., Moreno-Azanza, M., Medrano-Aguado, E. y Meléndez, A. (2017): The onset of synrift sedimentation in the Oliete sub-basin (Blesa Formation, Barremian, Spain): from continental to restricted bay. *Journal of Iberian Geology*. (In press).

Brinkmann, W. (1992): Die krokodilier-fauna aus der Unter-Kreide (Ober-Barremium) von Uña (Provinz Cuenca, Spanien). *Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen*, (E), 5:1-123.

Canerot, J. (1974): *Recherches géologiques aux confins des Chaînes ibérique et catalane (Espagne)*. Tesis doctoral. Universidad Paul-Sabatier, Toulouse, 517 pp.

Canerot, J., Cugny, P. y Murat, B. (1982): Le bassin Eocretace d'Oliete (Prov. De Teruel, Espagne): un modèle de bassin de plate-forme instable. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 8: 267-282.

Canudo, J.I., Amo, O., Cuenca-Bescós, G., Meléndez, A., Ruiz-Omeñaca, J.I. y Soria, A.R. (1997): Los vertebrados del Tithónico-Barremiense de Galve (Teruel, España). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 23, 209-241.

Canudo, J.I., Gasca, J.M., Aurell, M., Badiola, A., Blain, H.A., Cruzado-Caballero, P., Gómez-Fernández, D., Moreno-Azanza, M., Parrilla, J., Rabal-Garcés, R. y Ruiz-Omeñaca, J.I. (2010): La Cantalera: an exceptional window onto the vertebrate

biodiversity of the Hauterivian-Barremian transition in the Iberian Peninsula. *Journal of Iberian Geology*, 36 (2): 205-224.

Casas, A.M., Cortés, A.L., Liesa, C.L., Meléndez, A. y Soria, A.R. (1997): Estructura del borde N de la Cordillera Ibérica entre la Sierra de Arcos y el anticlinal de Montalbán. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 23: 243-268.

Chatterjee, S. y Small, B.J. (1989): New plesiosaurs from the Upper Cretaceous of Antarctica. *Geological Society, London, Special Publications*, 47, 197-215.

Csiki, Z., Grigorescu, D., Codrea, V. y Therrien, F. (2010): Taphonomic modes in the Maastrichtian continental deposits of the Hateg Basin, Romania-Palaeoecological and palaeobiological inferences. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 293, 375-390.

Dunham, R.J. (1962): Classification of carbonate rocks according to depositional texture. En: *Classification of Carbonate Rocks* (W.E. Ham Ed.), *Am. Assoc. Pet. Geol. Mem.*, 1, 108-121.

Eberth, D.A. y Currie, P.J. (2005): Vertebrate Taphonomy and Taphonomic Modes. En: *Dinosaur Provincial Park. A spectacular ancient ecosystem revealed* (P.J. Currie y E.B. Koppelhus, eds.). Indiana University Press, Bloomington and Indianapolis, 453-477.

Estes, R. y Sanchíz, B. (1982): Early Cretaceous lower vertebrates from Galve (Teruel), Spain. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 2: 21-39.

Filippi, L.S., Méndez, A.H., Juárez Valieri, R.D. y Garrido, A.C. (2016): A new brachyrostran with hypertrophied axial structures reveals an unexpected radiation of latest Cretaceous abelisaurids. *Cretaceous Research*, 61 (2016), 209-219.

Gasca, J.M. (2015): *Aportaciones al conocimiento sobre los dinosaurios del Barremiense inferior (Cretácico Inferior) de Teruel, España: asociaciones fósiles, sistemática, paleobiodiversidad y afinidades paleobiogeográficas*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza. 393 pp.

Gasca, J.M., Canudo, J.I., Cebrián Rodríguez, R. y Moreno-Azanza, M. (2012): Nuevos vertebrados fósiles de la Formación El Castellar en Gúdar, Teruel, España (Barremiense inferior, Cretácico Inferior). *Geotemas*, 13, 187-190.

Gasparini, Z., Pol, D. y Spalletti, L.A., (2006): An unusual marine crocodyliform from the Jurassic-Cretaceous boundary of Patagonia. *Science* 311, 70-73.

Hendrickx, C., Hartman, S.C. y Mateus, O. (2015): An Overview of Non-Avian Theropod Discoveries and Classification. *PalArch's Journal of Vertebrate Palaeontology* 12, 1 (2015), 1-73.

Kriwet, J. (2005): A comprehensive study of the skull and dentition of pycnodont fishes. *Zitteliana A* 45:135–188.

Longbottom, A. E. (1984): New Tertiary pycnodonts from the Tilemsi valley, Republic of Mali. *Bulletin of the British Museum (Natural History), Geology*, 38: 1-26.

Makovicky, P.J. y Norell, M.A (2004): Troodontidae. In: Weishampel, D.B, Dodson, P., Osmolska, H., eds. *The Dinosauria (Second Edition)*. Berkeley: University of California Press. 413-433.

Martín-Closas, C. (1989): *Els carófits del Cretaci inferior de les conques perifèriques del Bloc de l'Ebre*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona (inédita), 581 pp.

Myers, T.S. y Fiorillo, A.R. (2009): Evidence for gregarious behavior and age segregation in sauropod dinosaurs. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 274 (2009). 96-104.

Norell, M.A. y Makovicky, P.J. (2004): Dromaeosauridae. In: Weishampel, D.B, Dodson, P., Osmolska, H., eds. *The Dinosauria (Second Edition)*. Berkeley: University of California Press. 413-433.

Norman, D.B. (1980): On the ornithischian dinosaur Iguanodon bernissartensis from the Lower Cretaceous of Bernissart (Belgium). *Mémoires de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, 178: 1-103.

Norman, D.B. (2004): Basal Iguanodontia. In: Weishampel, D.B, Dodson, P., Osmolska, H., eds. *The Dinosauria (Second Edition)*. Berkeley: University of California Press. 413-433.

Norman, D.B., Sues, H.D., Witmer, L.M. y Coria, R.A. (2004): Basal Iguanodontia. In: Weishampel, D.B, Dodson, P., Osmolska, H., eds. *The Dinosauria (Second Edition)*. Berkeley: University of California Press. 393-412.

Ortega, F., Escaso, F. y Sanz, J.L. (2010): A bizarre, humped Carcharodontosauria (Theropoda) from the Lower Cretaceous of Spain. *Nature*, 467, 203-206.

Ortega, F., Gasparini, Z., Buscalioni, A.D. y Calvo, J.O. (2000): A new species of *Araripesuchus* (Crocodylomorpha, Mesoeucrocodylia) from the Lower Cretaceous of Patagonia (Argentina). *Journal of Vertebrate Paleontology* 20, 57–76.

Parrilla-Bel, J. y Canudo, J.I. (2015): About the presence of plesiosaurs at the Blesa Formation (Barremian) in Teruel (Spain). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen*, 278, (2): 213-227.

Pérez-Moreno, B., Sanz, J. L., Buscalioni, A. D., Moratalla, J. J., Ortega, F. y Rasskin-Gutman, D. (1994): A unique multitoothed ornithomimosaur dinosaur from the Lower Cretaceous of Spain. *Nature*, 370: 363-367.

Poyato-Ariza, F.J. y Bermúdez-Rochas, D.D. (2009): New pycnodont fish (*Arcodonichthys pasiegae* gen. et sp. nov.) from the Early Cretaceous of the basque-cantabrian basin, northern Spain. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 29(1): 271-275.

Puértolas-Pascual E., Canudo J.I. y Rabal-Garcés R. (2014): Revisión de la biodiversidad de los crocodilomorfos del yacimiento de La Cantalera en Teruel, España (Hauteriviense-Barremiense). *New insights on ancient life*. Boltaña: UCM-Departamento de Paleontología; p. 101–104.

Ruiz-Omeñaca, J. I., Canudo, J. I. (2003): Un nuevo dinosaurio terópodo (“*Prodeinodon*” sp.) en el Cretácico Inferior de La Cantalera (Teruel). *Geogaceta*, 34: 111-114.

Ruiz-Omeñaca, J.I., Canudo, J.I. y Cuenca-Bescós, G. (1997): Primera evidencia de un área de alimentación de dinosaurios herbívoros en el Cretácico inferior de España (Teruel). *Monografías de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza*, 10, 1-48.

Salas, R. (1987): *El Malm y el Cretaci inferior entre el Massís de Garraf i la Serra d'Espadà*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona. Tomo I. 345 pp.

Salas, R. y Guimerá, J. (1996): Rasgos estructurales principales de la cuenca cretácica inferior del Maestrazgo. *Geogaceta*, 20 (7): 1704-1706.

Smith, A.S. (en línea). Your online resource for everything ‘plesiosaur’. Nottingham Natural History Museum, 2001 (fecha de consulta: 25/05/2017). Disponible en: <<https://plesiosauria.com/index.php>>

Soria, A.R. (1997): *La sedimentación en las cuencas marginales del Surco Ibérico durante el Cretácico inferior y su control estructural*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza, 363 pp.

Soria, A.R., Martín-Closas, C., Meléndez, A., Meléndez, M.N. y Aurell, M. (1995): Estratigrafía del Cretácico inferior continental de la Cordillera Ibérica Central. *Estudios Geológicos*, 51: 141-152.

Soria, A.R., Melénez, A. y Liesa, C.L. (1997): Tectónica extensional cretácica en la subcuenca de Oliete (Cordillera Ibérica Central). *Geogaceta*, 22: 203-206.

Soria, A.R., Vennin, E. y Meléndez, A. (1992): Control tectónico en la evolución de las rampas carbonatadas del Cretácico inferior de la Cubeta de Oliete (prov. de Teruel). *Revista Sociedad Geológica de España*, 7 (1-2): 47-61.

Schwarz-Wings, D., Rees, J. y Lindgren, J. (2009): Lower cretaceous mesoeucrocodylians from Scandinavia (Denmark and Sweden). *Cretaceous research*, 30:1345–1355.

Ulloa-Rivas, J.A. y Canudo, J.I. (2014): New cranial remains of Ornithocheiroidea (Pterosauria) from the Barremian (Lower Cretaceous) of the Iberian Peninsula. En: *Actas de las XII EJIP*, 116-119.

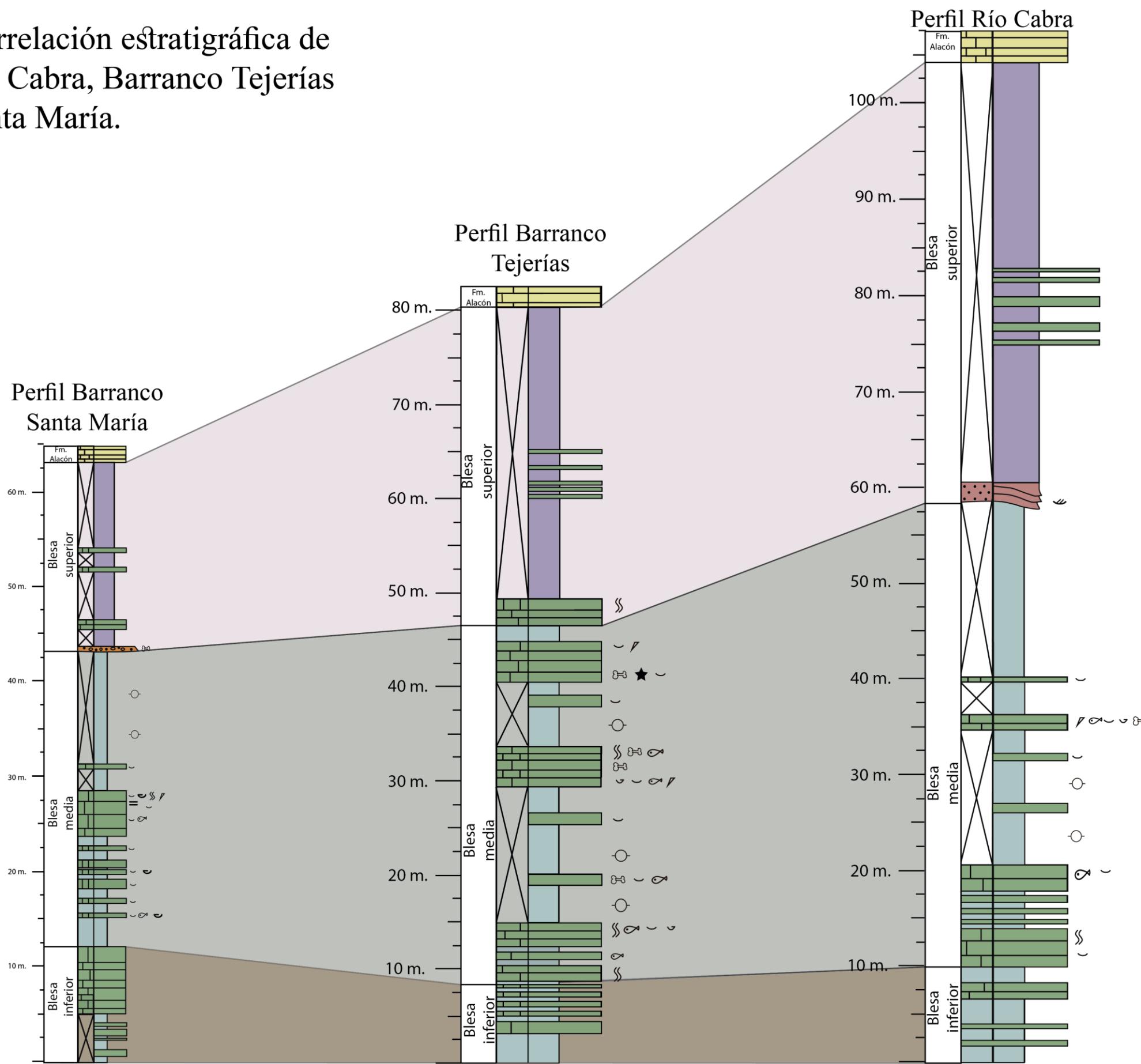
Thulborn, T. (1990): *Dinosaur tracks*. Chapman and Hall, London, 410 pp.

Turner, A.H. (2006): Osteology and phylogeny of a new species of *Araripesuchus* (Crocodyliformes: Mesoeucrocodylia) from the Late Cretaceous of Madagascar. *Historical Biology*, 18(3):255–369.

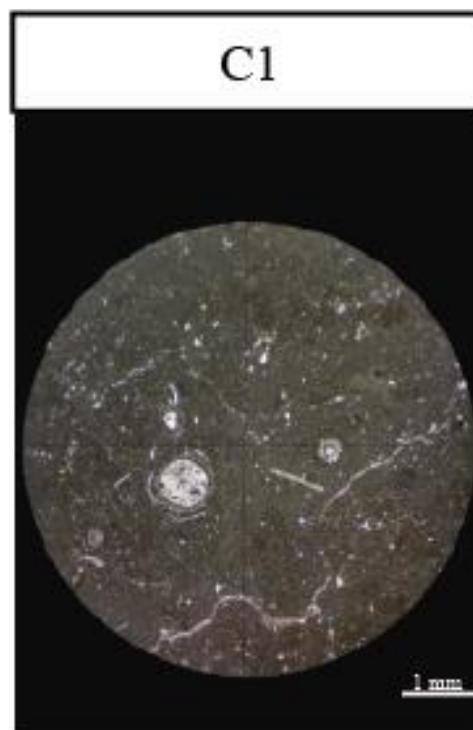
Weishampel, D.B, Dodson, P., Osmolska, H., (2004): *The Dinosauria (Second Edition)*. Berkeley: University of California Press.

Woodward, A. S. (1917): Notes on the pycnodont fishes. – *Geological Magazine*, n.s., dec. 6, 4: 385-389.

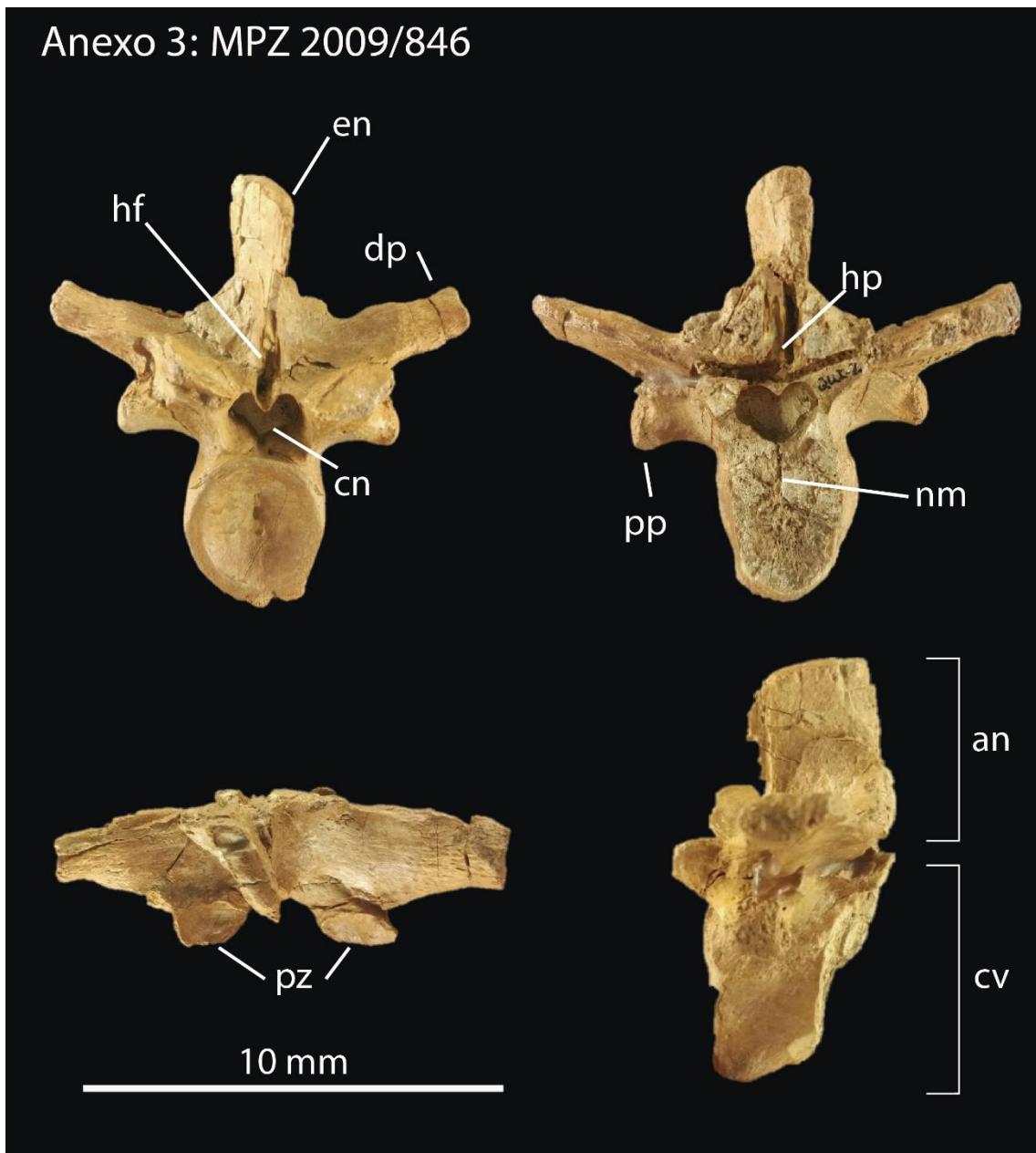
ANEXO 1: Correlación estratigráfica de los perfiles Río Cabra, Barranco Tejerías y Barranco Santa María.



ANEXO 2: fotos representativas
de las facies identificadas.



Anexo 3: MPZ 2009/846



MPZ 2009/846: De izquierda a derecha y de arriba abajo: vista craneal, vista caudal, vista dorsal y vista lateral izquierda.

Nomenclatura: cv: centro vertebral; an: arco neural; hf: hiposfeno; hp: hipantrum; dp: diapófisis; pp: parapófisis; pz: prezigapófisis; cn: canal neural; en: espina neural; nm: neumatización