



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Estudio paleoecológico y paleoambiental de la
sección de Mas de les Clapises (Fm. Mirambel,
Barremiense, Castellón)

Autor

Óscar Marí Navarro

Director/es

José Ignacio Canudo Sanagustín

Blanca Bauluz Lázaro

Facultad de Ciencias

2020

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer en primer lugar a Andrés el haberme dado la oportunidad de colaborar (además de su apoyo académico, logístico y económico) en la campaña de excavación de Mas de Clapises en 2015 que, finalmente y sin que un servidor se lo viera venir, acabó resultando en un tarea de investigación apasionante a título personal y en un trabajo de final de grado.

A mis directores, Iñaki y Blanca, por la paciencia, experiencia y oportunidad de llevar adelante este trabajo.

A mi familia, Tossal y a las personas tan maravillosas que conocí en Zaragoza (especialmente Jon, Alberto y Álvaro).

A Teresa, Felipe, Amelia y al equipo del Servicio de Preparación de Rocas y Materiales Duros de la Universidad de Zaragoza por su ayuda preparando muestras y tratando sedimentos.

A Carlos por sus conocimientos y ayuda.

A Eustoquio por haber despertado en mí, pese a haberme resistido al principio, el interés y la pasión por la micropaleontología.

Dedicado a la memoria de José F^{co}. Marí Segarra.

Papá, por ti, allá donde estés.

ÍNDICE

ABSTRACT	1
1. INTRODUCCIÓN	1
2. METODOLOGÍA	2
2.1. Estratigrafía.....	2
2.2. Mineralogía.....	2
2.3. Micropaleontología	3
3. CONTEXTO GEOLÓGICO.....	3
4. RESULTADOS	5
4.1. Estratigrafía	5
4.1.1. Descripción de las secciones A3, A5 y A7.....	5
4.1.2. Columnas estratigráficas	9
4.2. Mineralogía.....	10
4.2.1. Tablas y distribución vertical de la composición mineral	10
4.3. Micropaleontología	12
4.3.1. Descripción del contenido microfósilífero y sistemática.....	12
5. DISCUSIÓN.....	16
5.1. Interpretación de los medios	16
5.1.1. Asociación de facies.....	17
5.1.1.1. Facies de lagoon/retro-barrera (AF1)	17
5.1.1.2. Facies de foreshore (AF2)	18
5.1.1.3. Facies de shoreface (AF3)	19
5.1.1.4. Facies de offshore de transición (AF4)	19
5.1.2. Modelo evolutivo estratigráfico de la asociación de facies.....	20
5.2. Interpretación mineralógica	20
5.3. Paleoecología y asociación de paleoambientes	21
5.3.1. Asociación de carofitas y ostrácodos.....	21
5.3.2. Asociación de osteíctios y condriictios.....	21
5.3.3. Asociación de foraminíferos bentónicos.....	22
6. CONCLUSIONS	22
7. BIBLIOGRAFÍA	23

ANEXO I: ESQUEMA PALEOGEOGRÁFICO DE LAS SECUENCIAS K 1.4 A K 1.7 DEL RIFT MESOZOICO IBÉRICO

ABSTRACT

Weald Facies from the Iberian Lower Cretaceous are represented by several formations like Camarillas Fm, Galve Fm, Cantaperdius Fm and others. In the case of Mirambel Formation, most of the studies were carried out in the 20th century being the recent ones mainly focused on vertebrate findings.

Mas de Clapises I site (Portell de Morella, Castellon, Spain) has a high amount of dinosaur and other vertebrate findings out of geological context due to the lack of previous studies. In order to identify to which formation Mas de Clapises I belongs, a multidisciplinary study was carried out (stratigraphy, mineralogy and micropaleontology).

According to the results obtained, Mas de Clapises I was a barrier island system in the Mirambel Formation (in the lowermost part of the Lower Barremian attributed by charophyte associations and stratigraphical correlation) that suffered a transgressive event. Lagoon/lacustrine environments with charophytes (*Atopochara trivolis* var. *triquetra*, *Favargerella aquavivae*, etc.), ostracodes (*Cypridea*) and also washover fans, tidal flats and emersion events with development of lateritic soils, evolved progressively to coastal facies (foreshore and shoreface) and final offshore facies with Chondrichthyes (*Hybodus* indet.), Osteichthyes (Pycnodontiformes and Amiidae), crocodylomorphs (Bernissatiidae), and benthic agglutinated foraminifera (*Choffatella* and *Pseudocyclamina*). The stratigraphic section ends at the beginning of a thick carbonate deposit that outcrops extensively in the area from the Artoles Formation (Upper Barremian).

1. INTRODUCCIÓN

Mas de Clapises (MCL) es un conjunto de yacimientos sin estudios previos caracterizados por la abundancia de fósiles de dinosaurio, tanto rodados como en conexión anatómica. Desde 2003, se conoce la existencia de diecisiete yacimientos en el municipio de Portell de Morella, siendo los seis últimos hallados en una campaña de exploración y excavación en 2015 los pertenecientes a MCL. En concreto, este trabajo se centrará en la sección I de MCL (MCL 1), los materiales de la cual se obtuvieron en la campaña de excavación mencionada.

Los primeros restos de dinosaurio de la comarca de Els Ports y de España fueron descritos por Juan Vilanova y Piera en el año 1873. Por otro lado, los restos más antiguos de vertebrados de la comarca hasta la actualidad fueron hallados por Nicolás Ferrer y Julve en 1868, pertenecientes a la Formación Arcillas de Morella del Aptiense inferior (Gasulla *et al.*, 2011). En esta formación y más recientemente, destaca el yacimiento ANA de Cinctorres con fósiles de *Iguanodon benissartensis*, Baryonychinae, *Mantellisaurus* sp., *Tastavinsaurus* sp., etc (Santos-Cubedo *et al.*, 2016).

Tomando en consideración que MCL 1 se encuentra en una posición estratigráficamente inferior a la Fm. Arcillas de Morella, su estudio resulta especialmente relevante, dado que podría constituir el yacimiento de dinosaurios más antiguo de la comarca. Por este motivo, el presente trabajo tiene como objetivos datar MCL 1, identificar a qué formación pertenece y llevar a cabo una aproximación de la evolución paleoambiental y paleoecológica para caracterizar el yacimiento, integrando desde un enfoque multidisciplinar información sobre la estratigrafía, la mineralogía de las arcillas y el contenido micropaleontológico de los materiales de la sección.

2. METODOLOGÍA

La metodología de trabajo se inició mediante la revisión bibliográfica sobre la geología de la zona de estudio y otros yacimientos, tanto próximos como lejanos geográficamente y susceptibles de interés por encontrarse en posiciones estratigráficas similares a MCL. Se ha dividido la metodología de trabajo en tres apartados de acuerdo con el enfoque multidisciplinar planteado: estratigrafía, mineralogía y micropaleontología.

2.1. Estratigrafía

Se realizó un reconocimiento a pie de campo en el que se tomaron anotaciones sobre la litología, textura, estructuras sedimentarias, etc., de los diferentes niveles que afloran en la sección. Se recogieron 10 muestras de sedimento (MCL 1-1, MCL 1-4, MCL 1-6, MCL 1-8, MCL 1-9, MCL -10, MCL 1-11, MCL 1-12, MCL 1-14 y MCL 1-16), cuatro de rocas (MCL 1-3, MCL 1-6, MCL 1-9 y MCL 1-13) y una de nódulos (MCL 1-7) que se depositaron en sacos y bolsas sigladas que fueron transportadas del yacimiento a la Universidad de Zaragoza para su posterior tratamiento y estudio. Se levantaron tres columnas estratigráficas haciendo uso de una vara de Jacob, una cinta métrica y una brújula lensática con una separación aproximada de 30 m entre ellas y se representaron mediante *Adobe Illustrator*. Se ha considerado que se abarcará prácticamente la completa extensión de la sección, pudiendo además elaborar una columna sintética para ubicar la distribución vertical de la composición mineral, realizar correlaciones entre las columnas e inferir la evolución de los procesos y medios sedimentarios, dada la notable variabilidad lateral de facies características de los medios transicionales de las Facies Weald aflorantes en la zona. Por otra parte, se prepararon un total de cuatro láminas delgadas de las muestras de rocas en el Servicio de Preparación de Rocas y Materiales Duros de la Universidad de Zaragoza. De esta forma, se estudiaron aspectos petrológicos de las láminas delgadas empleando un microscopio petrográfico para completar la información estratigráfica.

2.2. Mineralogía

La composición mineralógica fue determinada mediante Difracción de Rayos X (DRX). La metodología que a continuación se explica fue aplicada en diez niveles de la sección en los que fue posible recoger muestras de sedimento. Se llevó a cabo la DRX empleando un difractómetro Philips PW 1710 de la Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Zaragoza. Se analizó la muestra molida para rangos de 3 a $60^\circ 2\theta$ y de 3 a $30^\circ 2\theta$ para la fracción $<2 \mu\text{m}$ con un voltaje de 40 kV, 30mA de corriente, radiación Cu-K α , monocromador de grafito y abertura divergente automática. Se extrajo una muestra representativa de cada uno de los sacos siglados. A continuación, se homogeneizaron las muestras en un cuarteador y se molieron en un mortero de ágata. Por último, se tamizó el polvo obtenido en luz de malla de $53 \mu\text{m}$ y se incorporó en un portamuestras al difractómetro.

Para el estudio de los minerales de la arcilla se tomó 150 g representativos de cada muestra. Con el objetivo de eliminar los carbonatos se realizó un ataque ácido suave (0.3N HCl) para, a continuación, lavar las muestras hasta llegar a la neutralidad. Cada muestra se depositó en un recipiente con agua destilada y se introdujo un agitador para disgregarla. Seguidamente, aplicando la Ley de Stokes, se dejaron reposar durante 5 minutos y se vertió el contenido en suspensión correspondiente a la fracción $<20 \mu\text{m}$ en otro recipiente. A continuación, se pasó la suspensión a cuatro

tubos de ensayo que se colocaron en una centrifugadora Hettich Universal 320 en condiciones de 580 rpm durante 3,36s, para separar la fracción <2 µm que quedó en suspensión de la fracción granulométrica >2 µm que quedó al fondo. Al finalizar, se retiraron los tubos de ensayo y se extrajo la suspensión hasta 10 cm por encima del nivel en el que se concentra la fracción >2 µm. Se aplicó una fuente de calor tenue a dicho recipiente para favorecer la evaporación del agua y obtener una suspensión densa. Esta suspensión se depositó en dos vidrios convenientemente siglados y una vez se evaporó el agua, se pasaron por DRX. Esta preparación se denomina agregado orientado (*Air-Dry Oriented*). Posteriormente y con el objeto de determinar la presencia o no de arcillas expandibles, los agregados se solvataron con etilenglicol durante 48h a 60°C y se analizaron mediante DRX. El etilenglicol se incorpora en el espacio interlaminar de las arcillas produciendo cambios notables en el difractograma en caso de ser arcillas expansivas como, por ejemplo, las esmecticas. Como resultado se obtuvieron dos difractogramas de cada muestra utilizando *XPowder* (Martin, 2017). Además, se incluye una tabla con todos los valores medidos y que en gabinete fueron tratados en *Excel* mediante análisis semicuantitativo (Schultz, 1964; Hillier, 2003) y utilizando los valores de RIR (*Reference Intensity Ratio*) de Biscaye (1965) para determinar la mineralogía.

Adicionalmente, se ha tomado una imagen con microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (FESEM) del nivel MCL 1-8 en el SAI de la Universidad de Zaragoza. La muestra fue recubierta con carbono para que fuera conductora de los electrones y se utilizaron 7 kV de voltaje.

2.3. Micropaleontología

La obtención del contenido micropaleontológico presente en los sedimentos de la sección se llevó a cabo mediante el levigado de 250 g de muestra de cada nivel. Primeramente, se añadió agua junto con agua oxigenada para eliminar la materia orgánica a un cubo siglado y se introdujo la muestra. Seguidamente, se removió para disgregarla correctamente y se dejó actuar durante 48 horas removiendo cada cierto tiempo. A continuación, se vertió el contenido del cubo en una torre compuesta por tres tamices consecutivos de luz de malla de 1 mm, 0.5 mm y 100 µm para retener diferentes tipos de microfósiles como dientes, carofitas, etc. La fracción retenida en cada tamiz se dispuso en frascos de vidrio siglados que se introdujeron en un horno a no más de 50 °C, evitando de esta forma la pérdida de la señal isotópica, hasta que la muestra quedó seca. Finalmente, se depositaron las muestras en bolsas herméticas sigladas para ser triadas y estudiadas posteriormente mediante lupa binocular y guardadas en portamuestras.

3. CONTEXTO GEOLÓGICO

La subcuenca de Morella se localiza dentro de la cuenca del Maestrazgo en la Zona de Enlace entre la Cordillera Ibérica y la Cordillera Costero-Catalana, siendo predominantes las estructuras en dirección ibérica (ONO-ESE). En cuanto a su sedimentación, se encuentra condicionada por la segunda fase del Rift Mesozoico Ibérico, que abarca desde el Oxfordiense superior hasta el Albiense medio según Vera (2004). Durante este periodo, se produjo la fracturación de la plataforma carbonatada marina jurásica ligada a la apertura del Neotethys, generando cuencas extensionales con marcada subsidencia en las que Salas *et al.* (2001) han diferenciado trece secuencias deposicionales. En concreto, la secuencia transgresiva K1.4-K1.5 del Barremiense registra la sedimentación de la zona estudiada (Figura 1).

En el entorno de Mas de Clapises, que se corresponde con la Hoja 544 (Forcall) de la Serie MAGNA 1:50.000 (Cartografía geológica del IGME; Crespo *et al.*,1981), afloran mayoritariamente materiales del Cretácico inferior, tanto pertenecientes a las Facies Weald de carácter transicional, como a otros de edad Aptiense y Albiense en los que predominan carbonatos.

La serie toma comienzo discordante sobre calizas de la Fm. Herbers de edad Valanginiense, englobadas dentro del tránsito Jurásico-Cretácico (Crespo *et al.*,1981 y Martín-Closas y Salas, 1994).

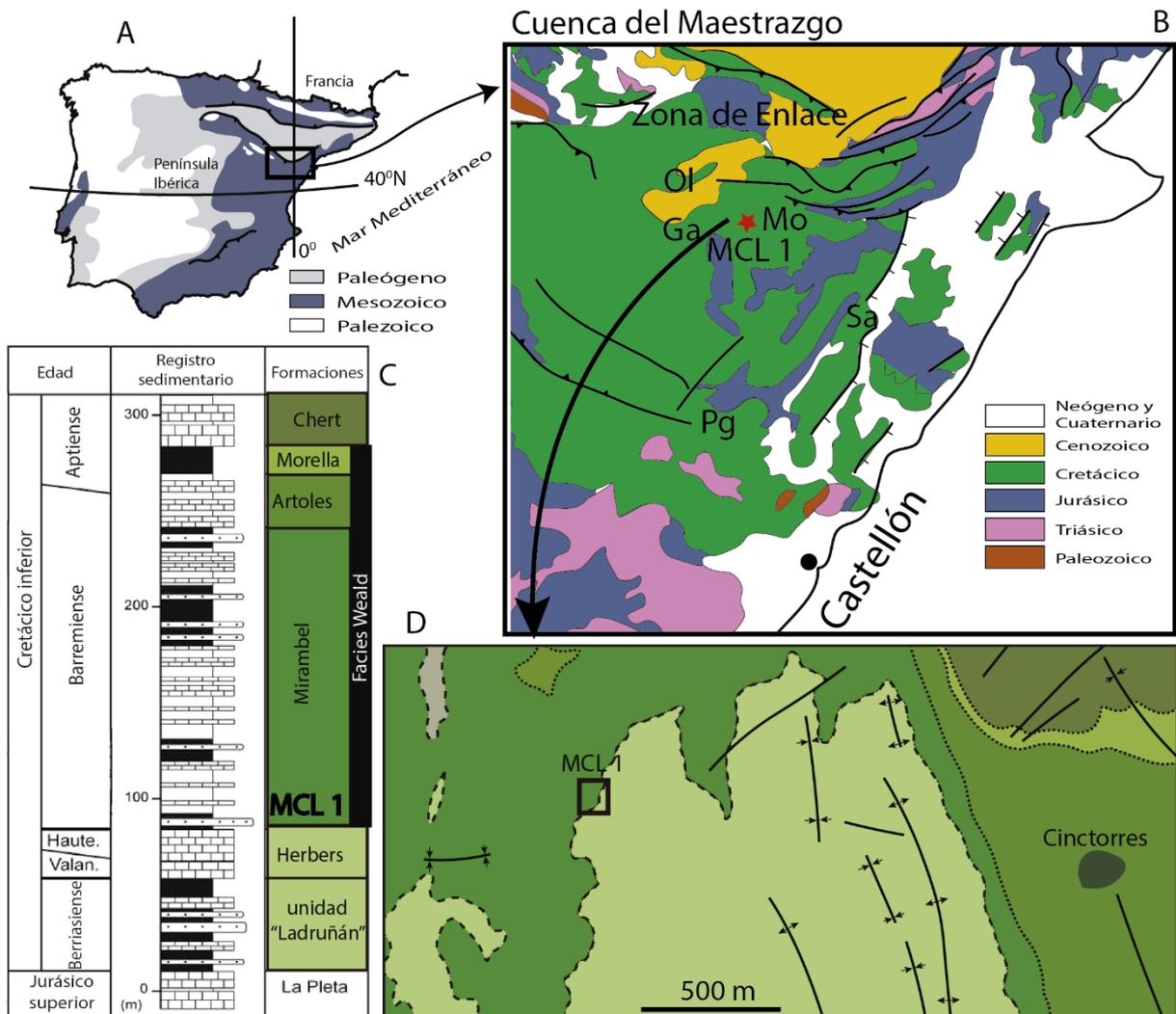


Figura 1: Contexto geológico del yacimiento de Mas de Clapises. A: Península Ibérica (mod. Gasca *et al.*, 2014). B: Esquema general de la Cuenca del Maestrazgo. Leyenda: Ol, subcuenca de Oliete; Ga, subcuenca de Galve; Mo, subcuenca de Morella; Sa, subcuenca de Salzadella; Pg, subcuenca de Peñagolosa (mod. Vera, 2004). C: Esquema cronoestratigráfico y registro sedimentario próximo a MCL 1 (mod. Gasca *et al.*, 2014). D: Esquema geológico del área de estudio (mod. Crespo *et al.*, 1981).

4. RESULTADOS

4.1. Estratigrafía

4.1.1. Descripción de las secciones A3, A5 y A7.

Los tramos 5 y 6 que a continuación se describen afloran en todas las secciones estudiadas sin ningún tipo de variación significativa. Por ello, y a fin de evitar su repetición literal en el texto, se han suprimido de las secciones A5 y A7, haciéndolas constar, sin embargo, en las columnas estratigráficas del apartado 4.1.2.

A3 (40°35'17,1"N - 0°16'32,9"O)

Tramo 1

- MCL 1-1: 220 cm de margas grises masivas.
- MCL 1-3: 35 cm de areniscas ocre de grano medio. Presenta estratificación cruzada planar de bajo ángulo y se acuña hacia el S. Hacia el N va ganando espesor hasta los 55 cm, observándose estratificación *flaser*, laminación cruzada planar y *ripples* de oscilación a techo.

Tramo 2

- MCL 1-6: 280 cm de margas arenosas masivas blanco-grisáceas. En la parte intermedia del nivel afloran areniscas tabulares ocre lenticulares de grano medio (Figura 3, B). Su espesor es inferior a los 20 cm y se extienden aproximadamente 1 m sin continuidad lateral.
- MCL 1-9: 40 cm de limos grises con intercalación de arenas ocre que lateralmente hacia el S pasan a areniscas laminadas ocre con pátinas ferruginosas y restos vegetales alterados (Figura 3, C). Se han hallado múltiples huesos de dinosaurio dispersos y, puntualmente, agrupaciones.

Tramo 3

- MCL 1-10: 200 cm de margas masivas de color gris blanquecino.
- MCL 1-11: 160 cm de margas arenosas ocre.
- MCL 1-12: 450 cm de margas arenosas grises con granos de cuarzo subredondeado de hasta 0,5 cm de diámetro. Hacia techo se observan nódulos ferruginosos en un nivel centimétrico que lateralmente hacia el N aumenta hasta 1 m de espesor.
- MCL 1-13: 35 cm de calcarenitas tabulares ocre dolomitizadas a techo. A techo se encuentra una numerosa agrupación de huesos de dinosaurio (Figura 3, D).

Tramo 4

- MCL 1-14: 420 cm de margas arenosas grises y ocre con cantos de cuarzo subredondeados de hasta 1 cm de diámetro.
- MCL 1-15: 130 cm de areniscas blancas. La base es cóncava y se observan niveles microconglomeráticos y de arenas de grano medio que terminan lateralmente. La sección intermedia está compuesta por areniscas de grano medio con estratificación cruzada *herringbone*. La parte más próxima a techo pasa a ser areniscas de grano fino a muy fino e incluso limos con laminación horizontal.

Tramo 5

- MCL 1-16: 650 cm de margas arenosas masivas con cristales dispersos de yeso secundario de hasta 5 cm de tamaño.

Tramo 6

- MCL 1-17: 185 cm de calizas tabulares de color gris azulado y textura *packstone*. Hacia techo pasan a margosas de color crema con abundantes bioclastos de bivalvos, ostreidos, gasterópodos y equinodermos.
- MCL 1-18: 90 cm de calizas bioclásticas de color gris azulado, geometría tabular y textura *grainstone*.
- MCL 1-19: 260 cm de alternancia de margas y calizas grises nodulosas de textura *wackestone*. Se observa un cambio gradual de base a techo en el que pasan de dominar las calizas a dominar las margas.

A5 (40°35'18,6"N - 0°16'32,1"O)

Tramo 1

- MCL 1-1: 175 cm de margas grises masivas.
- MCL 1-3: 12 cm de calcarenitas tabulares ocre con una pátina ferruginosa a techo y abundante contenido en carofitas y ostrácodos (Figura 3, A).

Tramo 2

- MCL 1-4: 30 cm de margas grises ligeramente verdosas.
- MCL 1-6: 40 cm de margas arenosas masivas blanco-grisáceas.
- MCL 1-8: 70 cm de margas arenosas de color morado marrónáceo con abundantes nódulos (MCL 1-7) masivos ferruginosos. A techo pasan a ser blanquecinas y más arenosas. Este nivel se acuña lateralmente hacia el S.
- MCL 1-9: 20 cm de limos grises con intercalación de arenas ocre, restos vegetales y nódulos carbonosos. Se han encontrado vértebras caudales, dorsales y fragmentos del pubis de un ornitópodo en aparente conexión anatómica.

Tramo 3

- Cubierto: 520 cm.
- MCL 1-12: 430 cm de margas arenosas grises con granos de cuarzo subredondeado de hasta 0,5 cm de diámetro. En la base aparecen numerosos ostreidos y bivalvos. Intercalado entre las margas, se distingue un nivel métrico con abundantes nódulos masivos ferruginosos.
- MCL 1-13: 45 cm de calcarenitas tabulares ocre.

Tramo 4

- MCL 1-14: 450 cm de margas arenosas grises y ocre con cantos de cuarzo subredondeados de hasta 1 cm de diámetro
- MCL 1-15: 160 cm de areniscas blancas de base cóncava granodecrecientes de microconglomerado a arenas de grano medio. Destaca una sección concreta dentro del tramo de areniscas con estructuras sedimentarias obliteradas lateralmente y hacia techo por estructuras de carga. Se observa que dichas estructuras generan concavidad hacia base y convexidad hacia techo de las areniscas con presencia de estructuras tipo *dish*.

A7 (40°35'19,8"N - 0°16'31,5"O)

Tramo 1

- MCL 1-1: 280 cm de margas grises masivas.
- MCL 1-3: 15 cm de calcarenitas tabulares ocre con una pátina ferruginosa a techo.

Tramo 2

- MCL 1-4: 35 cm de margas grises ligeramente verdosas.
- MCL 1-6: 50 cm de margas arenosas masivas blanco-grisáceas.

- MCL 1-8: 200 cm de margas de color morado marronáceo con abundantes nódulos masivos ferruginosos. A techo pasan a ser blanquecinas y más arenosas.
- MCL 1-9: 35 cm de limos grises con intercalación de arenas y calcarenitas ocre con restos vegetales carbonosos.

Tramo 3

- MCL 1-10: 185 cm de margas masivas de color gris blanquecino.
- MCL 1-11: 120 cm de margas arenosas ocre.
- MCL 1-12: 340 cm de margas arenosas grises con granos de cuarzo subredondeado de hasta 0,5 cm de diámetro. Intercalado entre las margas, se distingue un nivel de 40 cm de potencia con abundantes nódulos masivos ferruginosos.
- MCL 1-13: 200 cm de areniscas ocre de base cóncava con estratificación cruzada en surco y planar que terminan en superficie erosiva inclinada que corta la paleotopografía previa y esta, a su vez, termina lateralmente hacia el N cortando las areniscas de base a techo. Por encima de la superficie erosiva se encuentra otro cuerpo arenoso microconglomerático de color ocre oscuro. Detalle en Figura 2.

Tramo 4

- MCL 1-14: 290 cm de margas arenosas grises y ocre con cantos de cuarzo subredondeados de hasta 1 cm de diámetro.
- MCL 1-15: 240 cm de areniscas ocre y blanquecinas. Se observa una marcada superficie erosiva inclinada que corta la paleotopografía de un depósito de *playa* previo, y que termina lateralmente hacia el N y separa el nivel en dos cuerpos arenosos diferenciados. El cuerpo inferior presenta una base cóncava y está compuesto por areniscas de grano grueso a microconglomerado. Por otro lado, el cuerpo superior muestra estratos de areniscas, granodecipientes de grano grueso a medio con base ondulada y techo convexo, e interestratos de margas. Se ha identificado estratificación cruzada en surco y de tipo de *hummocky* en la parte más próxima a la superficie erosiva mientras que, a techo, predomina la laminación paralela. Se han hallado además diversos restos vegetales y superficies ferruginosas en la base de los estratos del cuerpo arenoso superior (Figura 13).

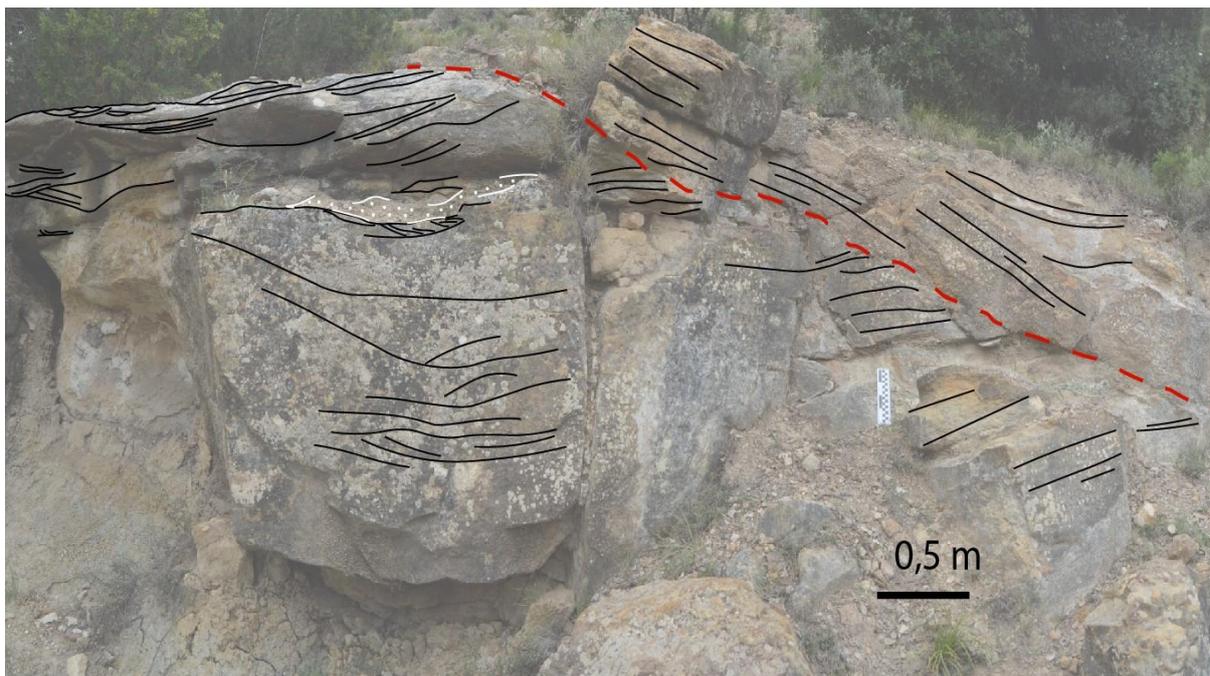


Figura 2: detalle del nivel MCL 1-13 de la sección A7. Se ha destacado la superficie erosiva con una línea discontinua.

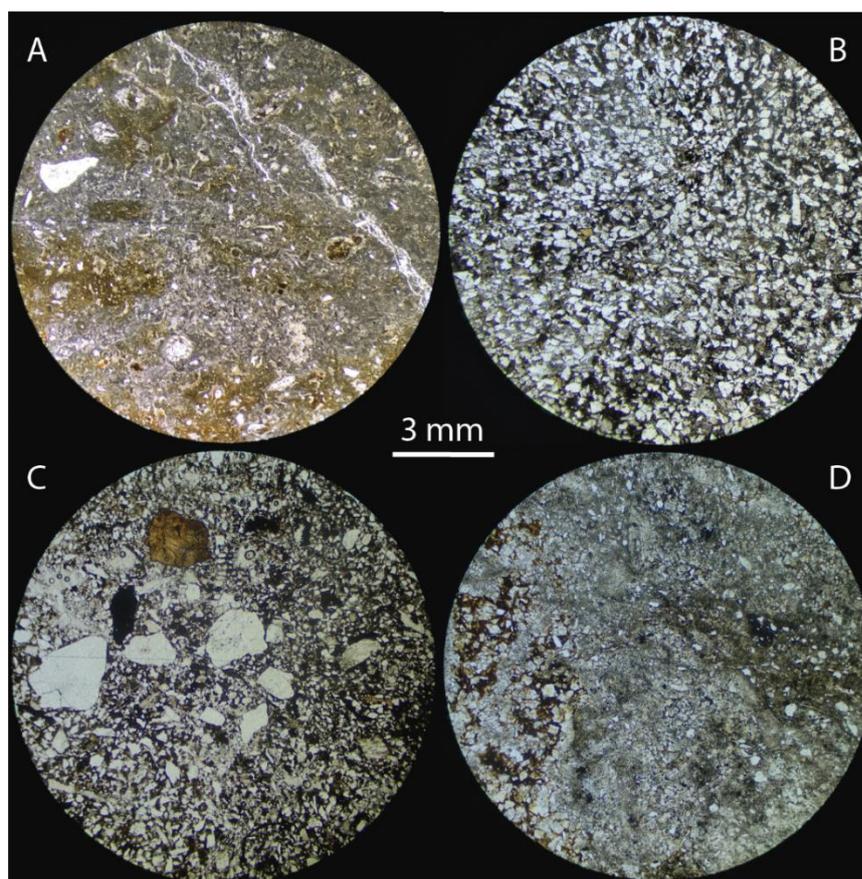


Figura 3: Láminas delgadas de los niveles seleccionados: A (MCL 1-3, A5), Packstone de carofitas y ostrácodos; B (MCL 1-6, A3), arenita ferruginosa; C (MCL 1-9, A3), arenita ferruginosa con fragmentos de hueso; D (MCL 1-13, A3) intraesparita dolomítica ferruginosa.

Fósiles	Estructuras sedimentarias
<ul style="list-style-type: none"> Foraminíferos bentónicos Huesos de dinosaurio Fructificaciones de carofitas Ostrácodos Bioclastos Fragmentos vegetales Pycnodontiformes Dientes de dinosaurio Dientes de crocodilomorfos 	<ul style="list-style-type: none"> Laminación paralela Estratificación cruzada Estratificación cruzada en surco Estratificación cruzada herringbone Estratificación cruzada hummocky
	Litologías
	<ul style="list-style-type: none"> Areniscas Margas arenosas Calcarenitas Calizas Margas/lutitas
	Otros
	<ul style="list-style-type: none"> Nódulos ferruginosos Cantos

Figura 4: Leyenda en la que constan los símbolos utilizados en las columnas estratigráficas para el contenido fosilífero, estructuras sedimentarias, litologías y otros elementos.

4.1.2. Columnas estratigráficas

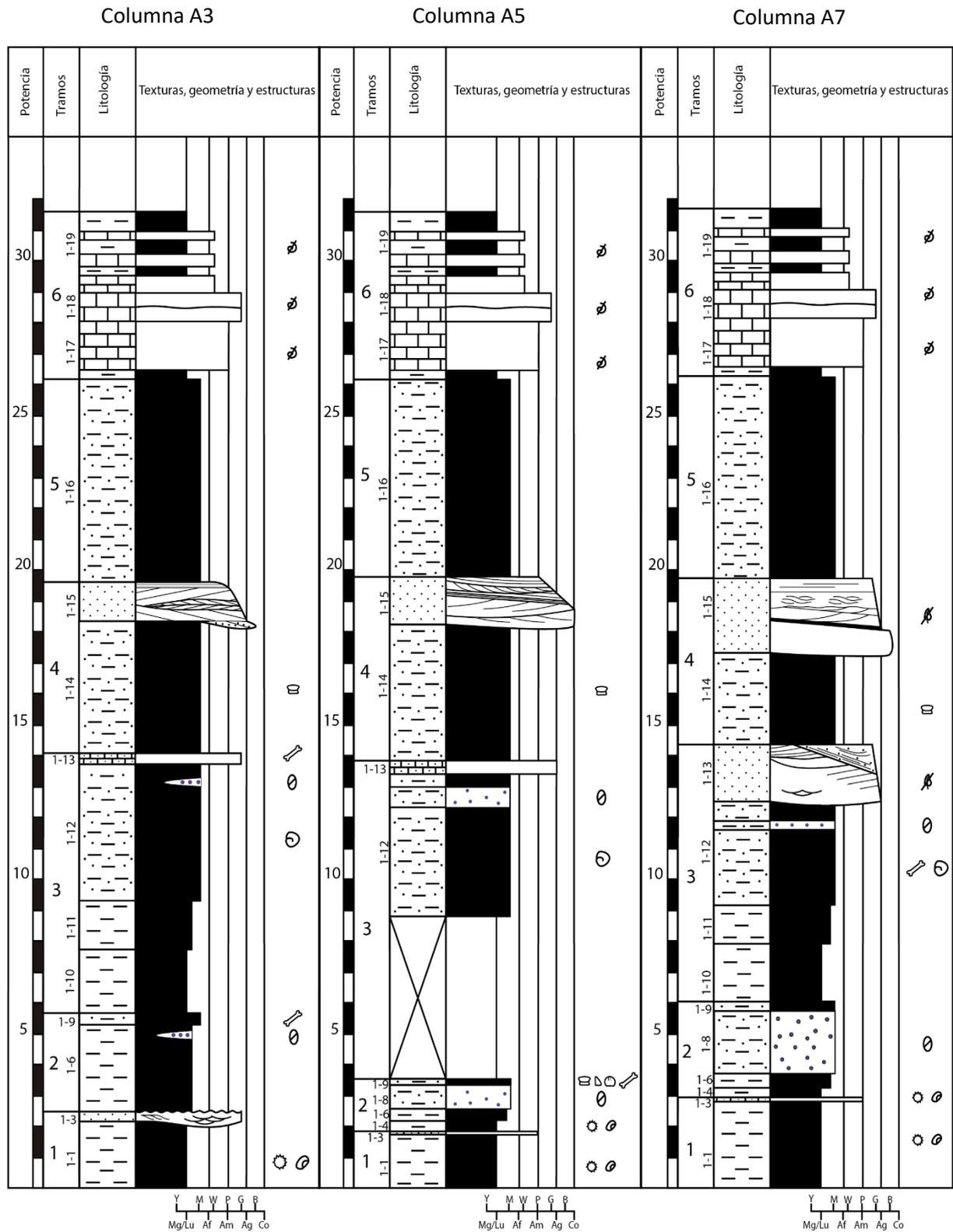


Figura 5: Columna estratigráfica de la sección A3 (izquierda), A5 (centro) y A7 (derecha).

4.2. Mineralogía

4.2.1. Tablas y distribución vertical de la composición mineral

En la Tabla 1 se puede observar que las muestras pertenecen a materiales siliciclásticos y que presentan tendencias generales (detalle en Figura 7) crecientes en cuanto al contenido mineral en cuarzo, decreciente en filosilicatos y creciente en calcita. Destacan los niveles MCL 1-8 y MCL 1-9 por su significativo contenido en hematites y cuarzo, y bajo en calcita. Dentro de los filosilicatos, se distingue en la Tabla 2 la Illita/moscovita, sin tendencias apreciables; y la caolinita, que muestra una tendencia creciente hasta el nivel MCL 1-9 y posteriormente decreciente.

En los difractogramas de las muestras de la fracción <2 μm que fueron tratadas en atmósfera de etilenglicol, no se aprecia ningún cambio significativo en los picos evidenciando, por tanto, que las arcillas presentes en los sedimentos estudiados no son expandibles. Con respecto al área fuente, se

Muestra	Cuarzo	Filosilicatos	Feldespato k	Plagioclasas	Calcita	Hematites
MCL 1-1	34,83	57,23	4,25	2,95	-	0,74
MCL 1-4	36,21	48,95	7,11	3,95	3,32	0,47
MCL 1-6	51,68	41,70	3,68	-	2,94	-
MCL 1-8	48,93	40,53	3,87	2,43	2,16	2,07
MCL 1-9	41,94	46,66	3,28	2,76	3,46	1,90
MCL 1-10	44,1	46,1	-	-	9,8	-
MCL 1-11	66,2	7,4	-	-	-	-
MCL 1-12	45,76	44,68	4,22	-	5,34	-
MCL 1-14	47,64	41,95	3,33	-	7,09	-
MCL 1-16	69,1	18,8	-	-	11,9	-

Tabla 1: Composición mineral (DRX) en % en peso de las muestras recogidas. En gris las muestras estudiadas en la Universidad Jaime I.

Muestra	Cuarzo	Caolinita	Moscovita	Feldespato k	Plagioclasas	Calcita
MCL 1-1	57,73	13,78	28,48	-	-	-
MCL 1-4	55,35	15,01	23,45	-	-	6,19
MCL 1-6	41,76	17,99	28,48	11,78	-	-
MCL 1-8	37,64	22,30	28,41	11,65	-	-
MCL 1-9	45,88	27,84	19,93	-	-	6,36
MCL 1-12	43,69	17,43	23,02	11,31	-	4,55
MCL 1-14	43,23	10,16	16,67	11,72	9,64	8,59

Tabla 2: Composición mineral (DRX) en % en peso de la fracción <2 μm .

puede afirmar que, en base a la composición mineral de los sedimentos, se trataba de rocas ácidas.

La Figura 6 muestra una sección pulida de un nódulo ferruginoso subredondeado en el que en *visu* se aprecia hematites por su vivo color rojo, óxidos de hierro en tonalidades más oscuras y granos de cuarzo que destacan como puntos o formas irregulares traslúcidas. El nódulo es masivo y no presenta bandeados concéntricos ni estructuras reconocibles. El nivel MCL 1-8, que contiene los nódulos (MCL 1-7), se observó en gabinete que muestra una elevada plasticidad.

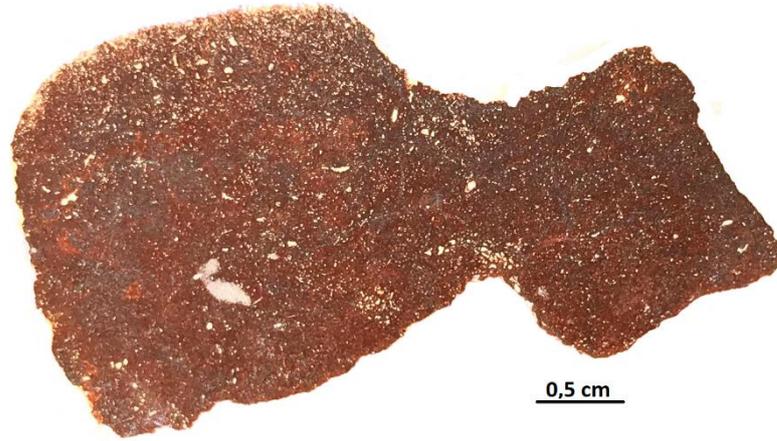


Figura 6: Lámina delgada de un nódulo ferruginoso (MCL 1-7) del nivel MCL 1-8.

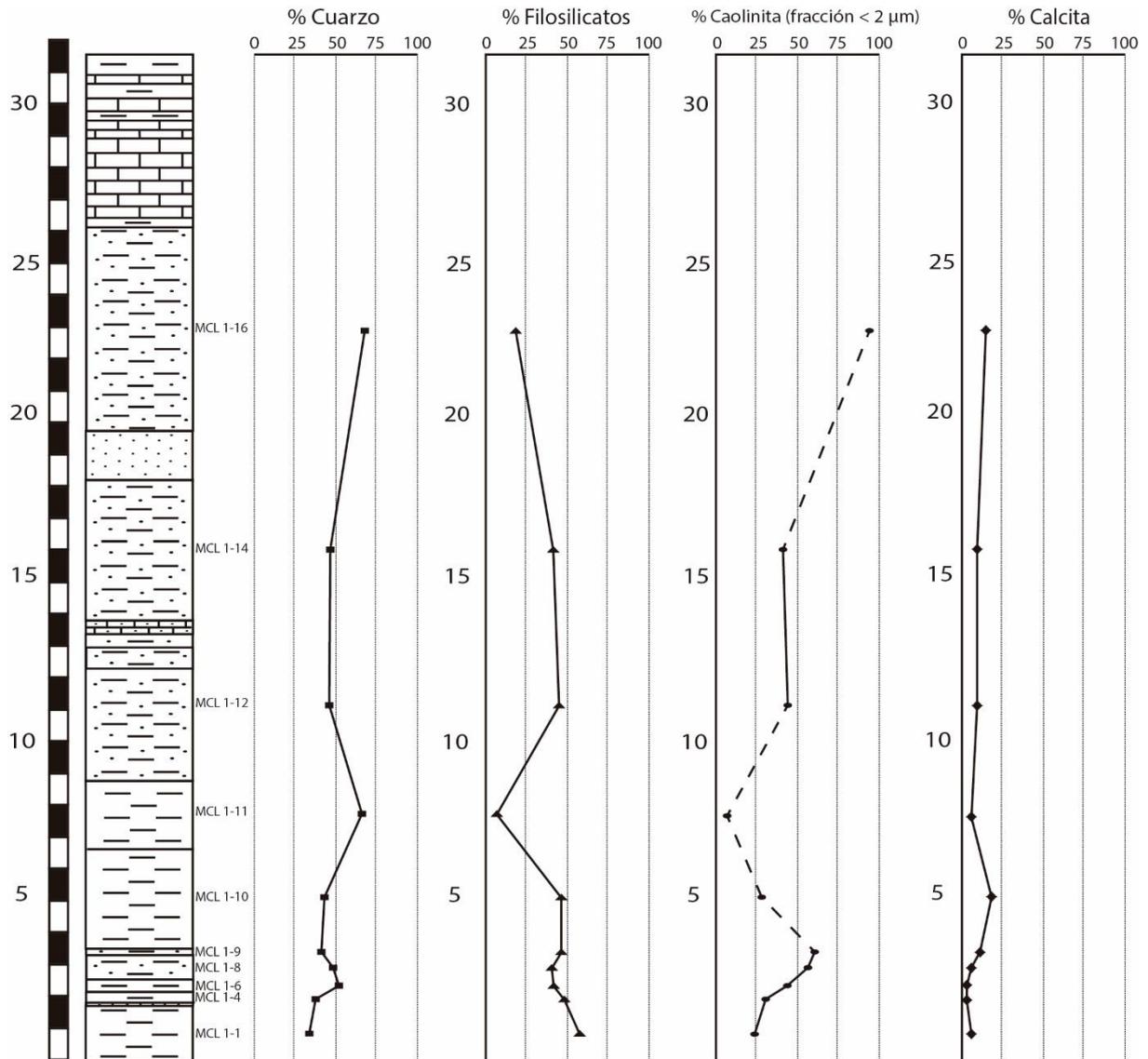


Figura 7: Columna estratigráfica sintética del yacimiento MCL 1 junto a la distribución vertical del % en peso de cuarzo, filosilicatos, caolinita (fracción <math>< 2 \mu\text{m}</math>) y calcita. La traza discontinua corresponde a los valores obtenidos en muestras estudiadas en la Universidad Jaime I y que no pertenecen a la fracción <math>< 2 \mu\text{m}</math>.

4.3. Micropaleontología

4.3.1. Descripción del contenido microfósilífero y sistemática

Se ha identificado un abundante y diverso contenido microfósilífero en los niveles MCL 1-1, MCL 1-4, MCL 1-9, MCL 1-12 Y MCL 1-14; siendo los niveles MCL 1-6 y MCL 1-8 de entre el total de niveles estudiados los únicos azoicos.

Los niveles MCL 1-1 y MCL 1-4 están compuestos mayoritariamente por carofitas y ostrácodos, presentando en menores proporciones bivalvos y gasterópodos retenidos en el tamiz de 100 μm y 0,5 mm respectivamente. La presencia del morfotipo primitivo de *Atopochara trivolvis* var. *triquetra* en el nivel MCL 1-4, permite datar el inicio del tramo 2 de la sección como Barremiense basal-inferior dentro de la *biozona Triquetra*, que abarca desde el Barremiense inferior hasta la parte inferior del Barremiense superior (Riveline et al., 1996; Martín-Closas, 2000; Pérez et al., 2020). Seguidamente, el

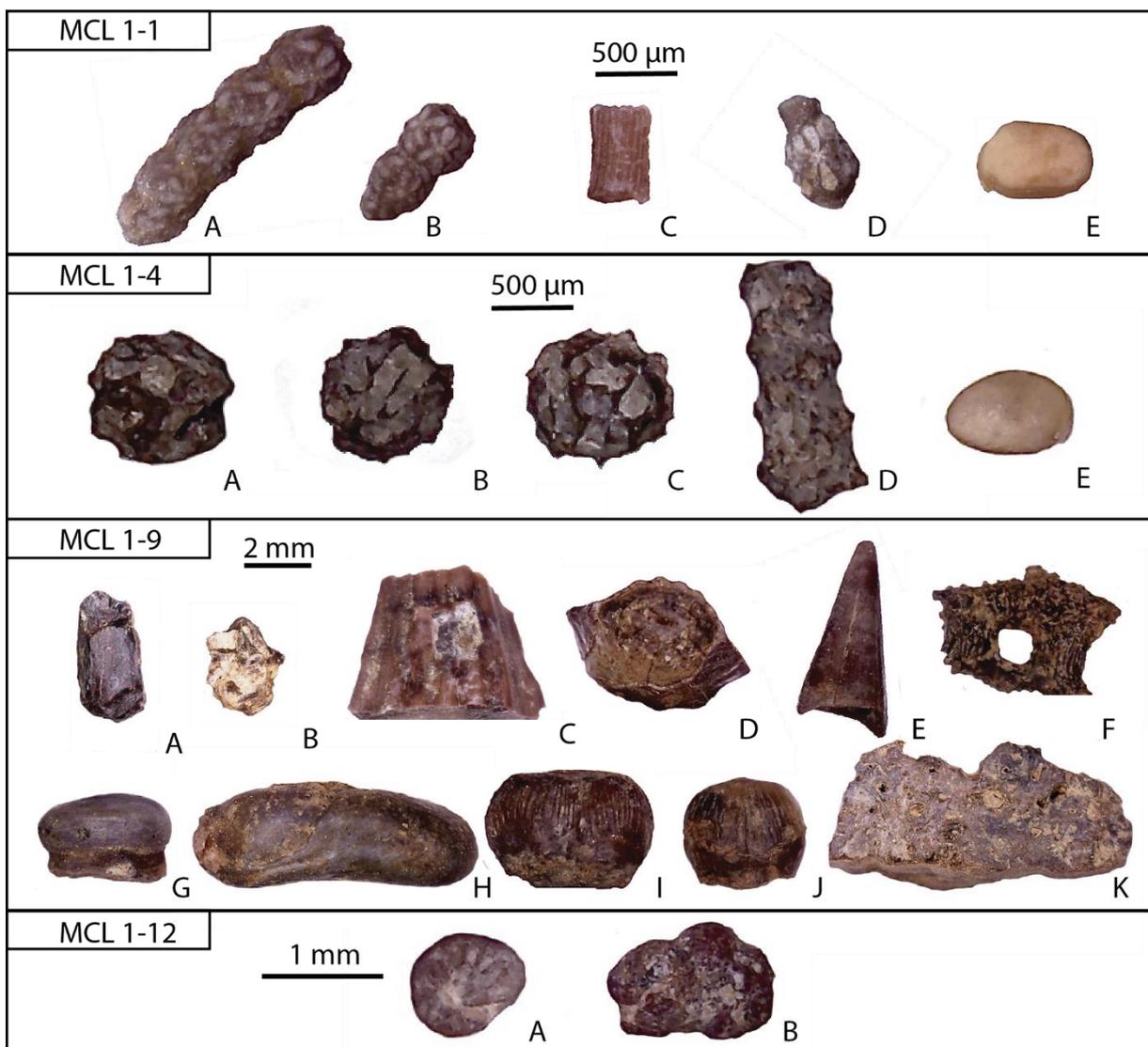


Figura 8: Contenido microfósilífero obtenido tras llevar a cabo el levigado de diversos niveles. MCL 1-1: A-B, *Favargerella aquavivae*; C, *Charaxis baconicus*; D, *Asciidiella stellata*; E, *Cypridea*. MCL 1-4: A-C, *Atopochara trivolvis* var. *triquetra*; D, filoide; E, *Cypridea*. MCL 1-9: A-B, *Hybodus* indet.; C-D, *Baryonychinae* indet.; E, *Amiidae* indet.; F, *Osteichthyes* indet.; G-H, *Pycnodontiformes*; I-J, *Bernissartidae*; K, *Crocodylomorpha*; MCL 1-12: A, *Choffatella*; B, *Pseudocyclammina*.

nivel MCL 1-9 contiene vértebras y abundantes dientes de osteíctios, dientes de condriictios, crocodilomorfos y dinosaurios de tamaño inferior a 1 cm retenidos en el tamiz de un 1mm. A continuación, en el nivel MCL 1-12 se han hallado foraminíferos bentónicos aglutinados y, ocasionalmente, gasterópodos. Finalmente, el nivel MCL 1-14 contiene dientes de osteíctios y crocodilomorfos. Material en Figura 8.

División CHAROPHYTA Migula, 1897
Clase CHAROPHYCEAE Smith, 1838
Orden CHARALES Lindney, 1836
Familia CLAVATORACEAE Pia, 1927
Género *FAVARGERELLA* Martín-Closas et Salas, 1998
Favargerella aquavivae Martín-Closas et Salas, 1998
Figura 8: MCL 1-1, A-B.

Descripción: Filoide de aspecto nudoso. Presenta nudos con verticilios de 5 radios con una roseta de 6 brácteas petaliformes en su extremo, habiendo en el centro de la roseta un poro que corresponde a la sección del radio verticiliar.

Distribución: Su presencia está ligada a niveles en los que también se encuentra *Ascidiella stellata* y *Ascidiella triquetra* entre el Valanginiense inferior y el Barremiense superior (Martín-Closas, 2000).

Género *CHARAXIS* Harris, 1939
Charaxis baconicus Deecke, 1883
Figura 8: MCL 1-1, C.

Descripción: Fragmento de un filoide. Se observa un entrenudo con indentaciones que rodean las células nodales y marcadas estrías.

Distribución: Abundante en las cuencas del Cretácico Inferior de Europa (Martín-Closas, 2000).

Género *Ascidiella* Grambast, 1966
Ascidiella stellata Martín-Closas et Grambast-Fessard, 1986
Figura 8: MCL 1-1, D.

Descripción: Utrículo con forma de botella de cuello apical corto y poro apical en forma de roseta. Puede contener desde 2 hasta 5 nudos con células petaliformes.

Distribución: En la cuenca del Maestrazgo se encuentra en la base de la Fm. Cantaperdius y en la Fm. Mirambel. Su registro está presente en materiales desde el Valangiense inferior hasta el Barremiense inferior por su asociación con *Atopochara trivolvris* var *triquetra* (Martín-Closas, 2000).

Género *ATOPOCHARA* Peck, 1938

Atopochara trivolis var *triquetra* Martín-Closas, 1996

Figura 8: MCL 1-4, A-C

Descripción: Utrículo de forma bicónica menos globulosa que otras variedades anagenéticas, con tres impresas anteridiales y de estructura ramificada. Las otras impresas muestran una forma subróbica.

Distribución: En la cuenca del Maestrazgo aparece en la Fm. Cantaperdius y en la Fm. Mirambel en la base de la secuencia deposicional del Barremiense (Martín-Closas, 2000 y Pérez et al., 2020).

Filo ARTHROPODA von Siebold, 1848

Clase OSTRACODA Latreille, 1802

Orden PODOCOPIDA Sars, 1866

Familia CYPRIDEIDAE Martin, 1940

Género *CYPRIDEA* Bosquet, 1852

Cypridea

Figura 8: MCL 1-1, E; MCL 1-4, E.

Descripción: Tamaño medio próximo al milímetro de concha redondeada, margen dorsal convexo y con ausencia de ornamentación. Rostro y e incisión rostral generalmente poco desarrollados e incluso ausentes.

Distribución: Se encuentra en ambientes no marinos desde el Kimmeridgiense al Eoceno inferior, siendo especialmente abundantes entre el Titoniense superior y el Cretácico inferior (Sames, 2011).

Clase CHONDRICHTHYES Huxley, 1880

Orden HYBODONTIFORMES Owen, 1846

Familia HYBODONTIDAE Owen, 1846

Género *HYBODUS* Agassiz, 1837

Hybodus indet.

Figura 8: MCL 1-9, A-B.

Descripción: Diente fragmentario de aproximadamente 3 mm de longitud y cúspide subredondeada de 1 mm con estrías.

Distribución: Se encuentran entre el Triásico inferior y el final del Cretácico (Canudo *et al.*, 1996).

Clase ARCHOSAURIA Cope, 1869

Superorden DINOSAURIA Owen, 1842

Orden SAURISCHIA Seeley, 1887

Suborden THEROPODA Marsh, 1881

Familia SPINOSAURIDAE Stromer, 1915

Subfamilia BARYONYCHINAE Charig y Milner, 1986

Baryonychinae indet.

Figura 8: MCL 1-9, C-D.

Descripción: Diente fragmentario de 4 mm de longitud con la base de contorno elíptico y morfología cónica ligeramente aplastada. Presenta costulación en toda la superficie del diente y carenas en las que no se han podido observar dentículos a diferencia del ejemplares estudiados por Alonso y Canudo (2015).

Distribución: Se encuentra entre el Jurásico inferior y el Cretácico inferior (Mateus *et al.*, 2011).

Clase ACTINOPTERYGII Klein, 1885

Orden AMIIFORMES O.P. Hay, 1929

Familia AMIIDAE Bonaparte, 1838

Amiidae indet.

Figura 8: MCL 1-9, E.

Descripción: Diente alargado con forma cónica y relativamente puntiagudo de 5 mm de longitud. Se encuentra presente desde el Jurásico hasta el Eoceno (Grande y Bemis, 1999)

Orden PYCNODONTIFORMES Berg, 1937

Pycnodontiformes indet.

Figura 8: MCL 1-9, G-H.

Descripción: Diente molariforme redondeado de 2 mm y 5 mm en el caso de los dientes alargados en forma de media luna. Su distribución abarca desde el Triásico superior hasta el Eoceno (Poyato-Ariza y Martín-Abad, 2013).

Clase SAUROPSIDA Goodrich, 1916

Superorden CROCODYLOMORPHA Hay, 1930

Familia BERNISSARTIIDAE Dollo, 1883

Bernissartiidae indet.

Figura 8: MCL 1-9, I-J.

Descripción: Diente redondeado, con la corona baja y marcada constricción en la base. Presenta ornamentación en forma de crestas paralelas. Las diferencias morfológicas entre los dientes hallados pueden deberse a la dentición heterodonta que presenta *Bernissartia* (Puértolas-Pascual *et al.*, 2015 y referencias en el mismo)

Distribución: Cretácico inferior

Clase FORAMINIFERA (d'Orbigny, 1826)

Orden TEXTULARIINA (Delage y Hérouard, 1896)

Superfamilia LOFTUSIOIDEA (Brady, 1884)

Familia CYCLAMMINIDAE (Marie, 1941)

Género *CHOFFATELLA* (Schlumberger, 1905)

Choffatella

Figura 8: MCL 1-12, A.

Descripción: Concha aglutinada, planiespiralada y comprimida de tamaño próximo a 1 mm. Presenta numerosas cámaras y una hilera de aberturas en la cara apertural.

Distribución: Desde el Oxfordiense hasta el Cenomaniense (Molina *et al.*, 2017).

Familia HAURANIIDAE (Septfontaine, 1988)

Género *PSEUDOCYCLAMMINA* (Yabe y Hanzawa, 1926)

Pseudocyclammina

Figura 8: MCL 1-12, B.

Descripción: Concha aglutinada, planiespiralada de cámaras subsféricas y finalmente no enrollada.

Distribución: Domeriense – Coniaciense (Molina *et al.*, 2017).

5. DISCUSIÓN

5.1. Interpretación de los medios

Los medios transicionales de las Facies *Weald* ibéricas abarcan una amplia diversidad de subambientes condicionados por la dinámica de la línea de costa, resultando en depósitos continentales, marinos y mixtos de elevada variabilidad lateral y vertical de facies (Figura 9).

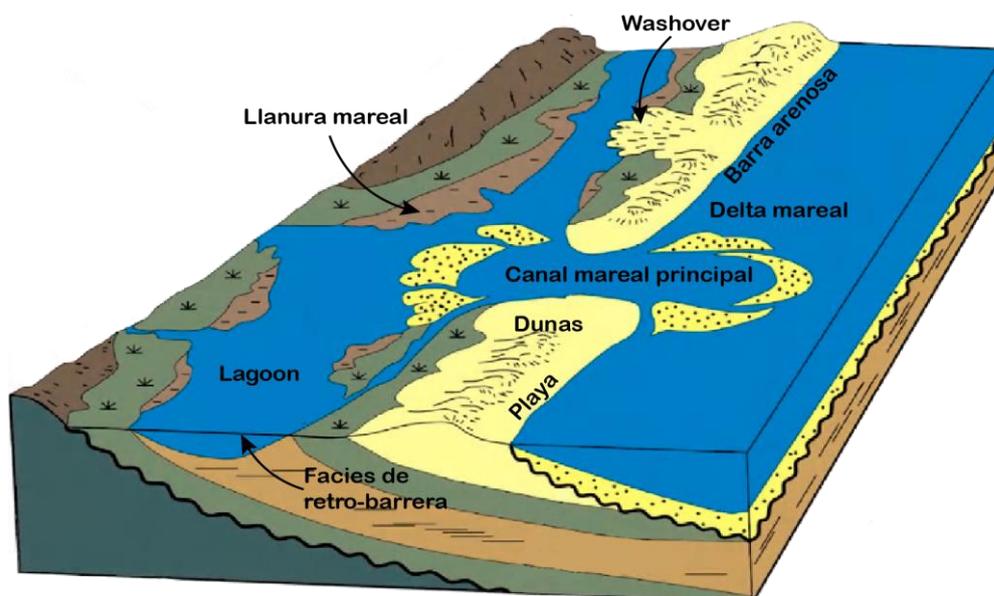


Figura 9: Modelo de islas barrera-laguna (mod. Tucker y Wright (1990) y Dalrymple y Choi (2007)).

Se ha determinado que MCL 1 pertenece a la Fm. Mirambel en base a la información estratigráfica y sedimentológica de las secciones A3, A5 y A7 (Figura 4 y 5) que a continuación se

explica, compatible con las descripciones que Canerot *et al.* (1982), Martín-Closas (1989), Soria (1997), Navarrete *et al.* (2013), Gasca *et al.* (2017) y Pérez *et al.* (2020) realizaron en la misma formación o en equivalentes de carácter más continental, generalmente en ambientes fluvio-lacustres, que MCL 1. Además, la Fm. Mirambel se encuentra en MCL 1 limitada a techo por las calizas y margas de la Fm. Artoles del Barremiense superior que afloran extensamente en la zona.

5.1.1. Asociación de facies

Previamente a la descripción e interpretación de las diferentes asociaciones de facies, se expone en la Figura 10 los distintos subambientes de una plataforma siliciclástica dominados por la variación en la posición de la línea de costa y su energía. De más profundo a emergido se encuentra en primer lugar el *offshore*, que se caracteriza por ser un ambiente marino de baja energía por debajo del nivel de oleaje de buen tiempo y del nivel de tormenta, pudiendo quedar afectado ocasionalmente por este último; el *shoreface*, situado en una zona de mayor energía con estructuras dominadas por el oleaje de buen tiempo y por tormentas; el *foreshore*, que corresponde a la zona marina más somera situada entre el nivel de marea baja y alta; y el *backshore*, que se encuentra emergido pero suficientemente cercano a la línea de costa como para poder ser afectado por eventos de tormenta o niveles de marea alta (Boggs, 2006).

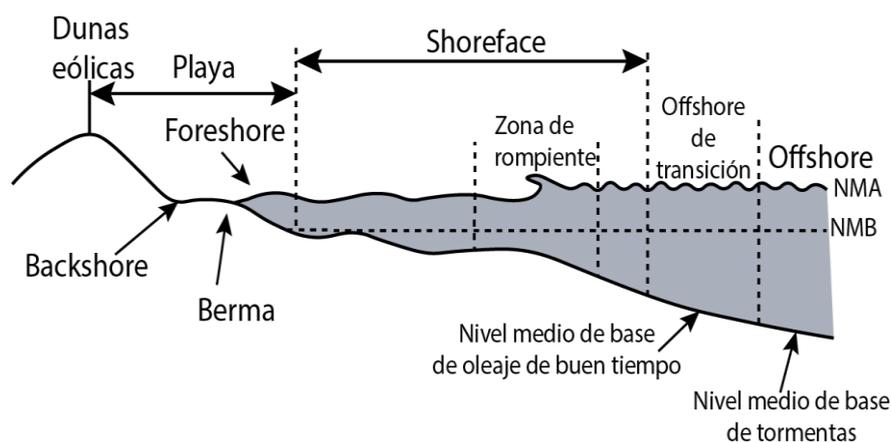


Figura 10: Esquema de una plataforma siliciclástica dominada por el oleaje (mod. Boggs, 2006).

5.1.1.1. Facies de lagoon/retro-barrera (AF1)

Los materiales pertenecientes en esta asociación afloran en el tramo 1 y parte del tramo 2 de las tres secciones estudiadas (a excepción del nivel MCL 1-4 en la sección A3). Están constituidos por depósitos de margas grises verdosas (MCL 1-1 y MCL 1-4) que puntualmente presentan laminación horizontal (Figura 11). Entre ambos niveles, aparece el nivel MCL 1-3 compuesto por carbonatos con abundante contenido en detríticos, carofitas y ostrácodos. Este mismo nivel pasa lateralmente, tanto hacia el N como hacia el S, a areniscas decimétricas con estratificación *flasher* y *ripples*.

El conjunto se ha interpretado como un depósito en un contexto de *lagoon* con aportes siliciclásticos controlados por corrientes oscilatorias en llanuras de marea (Sanders y Höfling, 2000). Dentro de este subambiente, también se describen posibles depósitos de llanura de mareas y suelos lateríticos englobados dentro de las facies de retro-barrera que podrían constituir límites de parasecuencia.

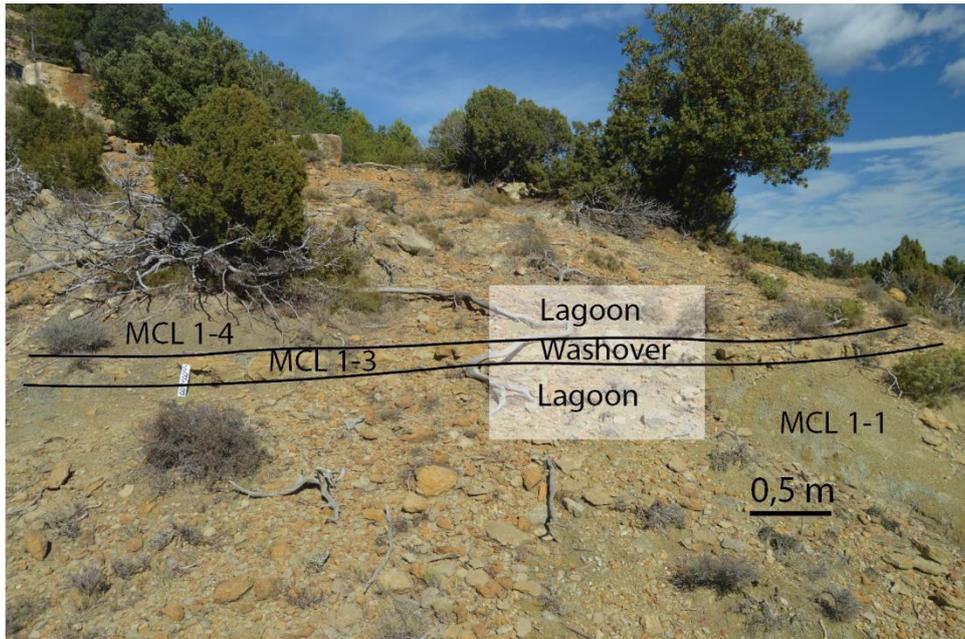


Figura 11: Esquema interpretativo de los niveles MCL 1-1, MCL 1-3 y MCL 1-4.

5.1.1.2. Facies de foreshore (AF2)

Se caracterizan por presentar depósitos de areniscas de grano grueso en situación de alta energía en los que puede haber cantos dispersos o formando láminas. En cuanto a las estructuras sedimentarias, es frecuente hallar laminación paralela o cruzada de bajo ángulo inclinada hacia el mar, aunque también es posible que presenten ángulos elevados y buzamiento hacia tierra por la migración de barras arenosas (Boggs, 2006). Dentro de estas facies se encuentran las partes basales de los niveles MCL 1-15 en el tramo 4, que presentan láminas de cantos de cuarzo de tamaño centimétrico como máximo entre arenas finas (Figura 12).



Figura 12: Detalle de la sección basal de las areniscas blanquecinas del nivel MCL 1-15 en la sección A3.

5.1.1.3. *Facies de shoreface (AF3)*

En esta asociación se encuentran areniscas blanquecinas y ocres granodecrecientes de grano grueso a medio que ocupan la mayor parte del espesor de los niveles de areniscas aflorantes. Constituyen cuerpos generalmente tabulares con estratificación cruzada, estratificación cruzada en *herringbone* (tramo 4, MCL 1-13, A3), estratificación cruzada en surco y estratificación cruzada de tipo *hummocky* (Figura 13) (Dalrymple y Choi, 2007).

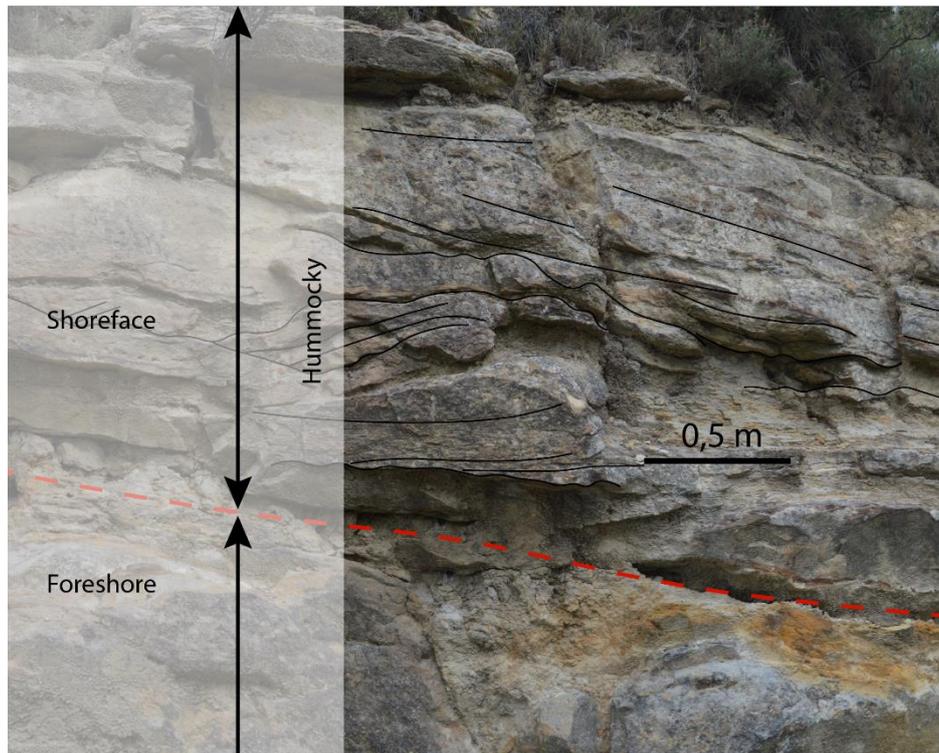


Figura 13: Detalle del nivel MCL 1-15 en la sección A7 en el que se ha identificado estratificación hummocky.

5.1.1.4. *Facies de offshore de transición (AF4)*

Los materiales que pertenecen a esta asociación son margas grises y blanquecinas arenosas masivas de potencia métrica, con ausencia de niveles intercalados y bioturbación. Su asignación se realiza en base a la descripción de este tipo de facies por Boggs (2006) y a criterios litológicos y estratigráficos, dado que se encuentra a techo de los niveles MCL 1-15 y MCL 1-13 (A7) constituyen secuencias de *playa inversa foreshore-shoreface* en un contexto transgresivo coherente con la Figura A.I, encontrándose a techo de las areniscas las facies descritas en este apartado.

5.1.2. Modelo evolutivo estratigráfico de la asociación de facies

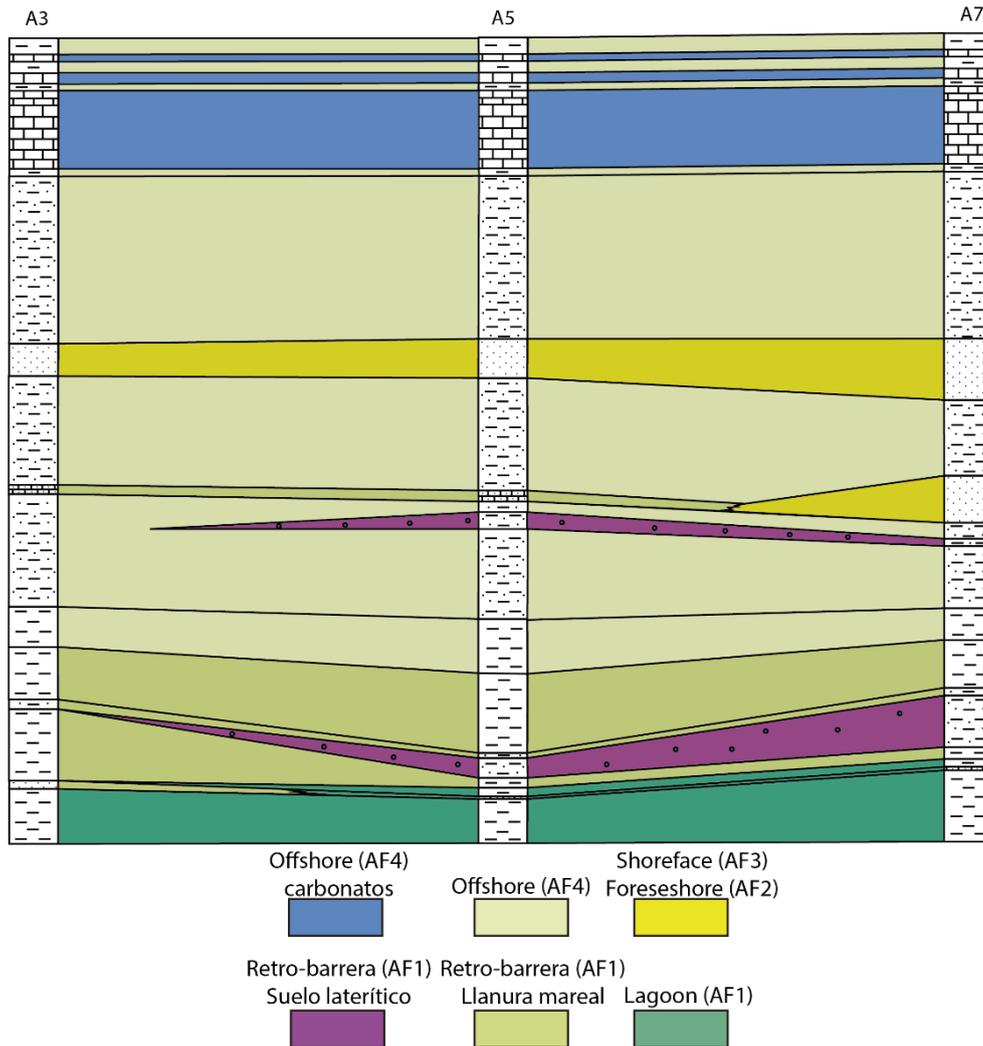


Figura 14: Panel de correlación de las tres secciones estudiadas en el que se ha asignado la asociación de facies para cada nivel.

5.2. Interpretación mineralógica

La presencia de nódulos ferruginosos englobados en sedimentos violáceos con cuarzo, caolinita y hematites se ha interpretado como un nivel en el que tuvo lugar el desarrollo de un suelo laterítico (proceso edáfico) que se acuña hacia el S, con un horizonte nodular (de origen autigénico) de acuerdo con Schellmann (1981). Para el desarrollo de dicho suelo, y teniendo en cuenta la presencia de caolinita, se requiere que el nivel MCL 1-8 se encontrase en un entorno emergido en un clima tropical o subtropical húmedo (Bauluz *et al.*, 2014, y referencias en el mismo). La caolinita se encuentra presente en MCL 1 de forma variable, tal y como se puede observar en la Figura 15. Dicha variabilidad podría interpretarse como cambios en los ambientes de depósito. La calcita se encuentra presente en los primeros tramos y con tendencia creciente hacia los últimos, mientras que en el nivel laterítico intermedio (MCL 1-8) no se ha identificado. Este hecho se ha interpretado como un tránsito entre medios con precipitación de carbonatos y de emersión y formación de suelos con la instauración final de un medio de carácter más carbonatado que los tramos iniciales.

Por otro lado, la presencia de suelos lateríticos en el Cretácico inferior ibérico ha sido documentada en formaciones equivalentes (p.e., Molina y Salas, 1993; y Yuste *et al.*, 2015) a MCL 1.

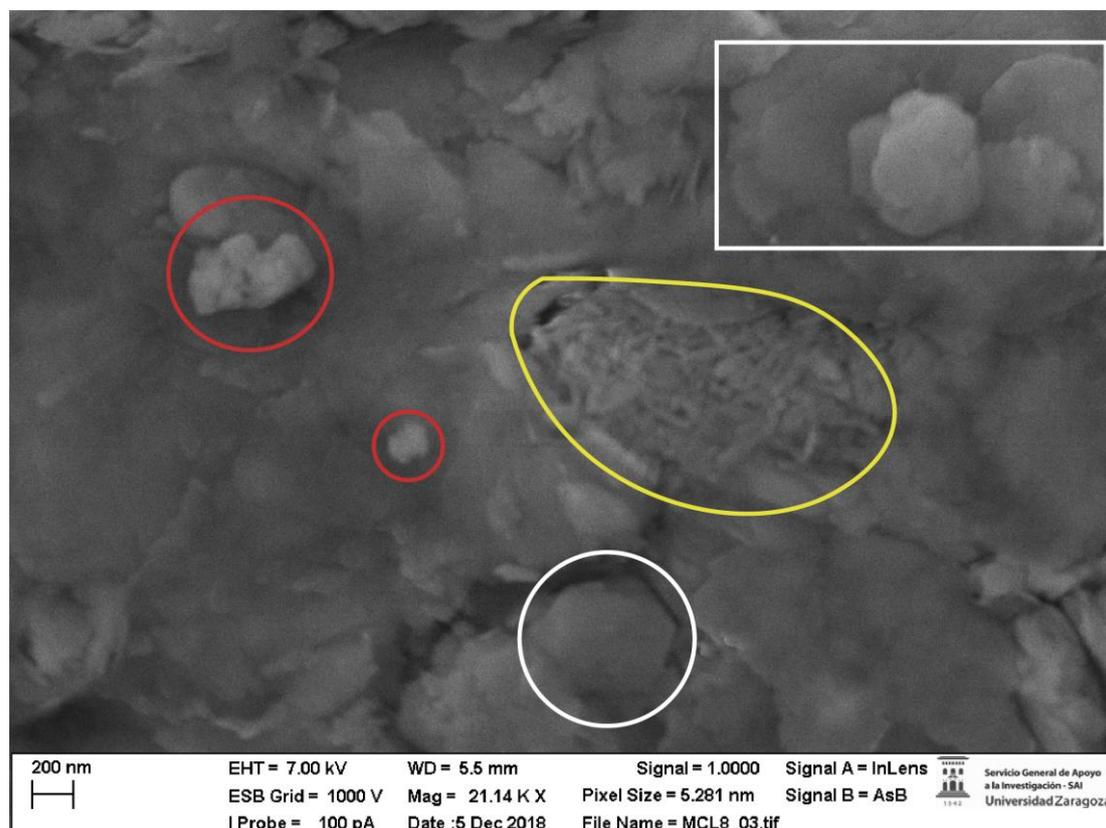


Figura 15: Imagen de SEM en el que se han identificado cristales pseudohexagonales de caolinita (en blanco) y óxidos de hierro (en rojo). En amarillo se ha destacado una agrupación de cristales aciculares que, dado su contexto, podría tratarse de illita o gibbsita.

5.3. Paleoecología y asociación de paleoambientes

5.3.1. Asociación de carofitas y ostrácodos

La presencia de filoides y fructificaciones calcificadas de carofitas junto a ostrácodos del género *Cypridea*, ambos con escasa fragmentación y generalmente en buena conservación evidenciando que sufrieron escasa necrocinesis, implica que los sedimentos de los niveles MCL 1-1 y MCL 1-4, identificados con esta asociación, pertenecen a ambientes bajo lámina de agua dulce y en condiciones de baja energía (Schudack y Schudack, 2009).

5.3.2. Asociación de osteíctios y condriictios

Esta asociación puede resultar problemática, dado que se aprecia cierta granoclasificación en el nivel MCL 1-9 al presentar los ejemplares un tamaño promedio semejante. Además, se encuentran dientes de dinosaurio, crocodilomorfos y restos vegetales mezclados con dientes de condriictios y osteíctios. De este hecho, teniendo en consideración que los dinosaurios habitaban medios terrestres,

los crocódilomorfos ambientes transicionales entre terrestres y acuáticos; y los osteíctios y condriictios medios marinos, se interpreta que el nivel MCL 1-9, en el que se describe esta asociación, pertenece a ambientes marinos próximos a la costa y en los que se produce removilización y acumulación de restos provenientes de medios continentales con restos de medios marinos en ambientes de energía media-alta. El nivel MCL 1-14 se asemeja a esta asociación; sin embargo, no presenta restos vegetales, dientes de dinosaurio ni condriictios. Es por este motivo que se situaría a MCL 1-14 en un ambiente marino somero.

5.3.3. Asociación de foraminíferos bentónicos

En el nivel MCL 1-12 contiene, casi de forma exclusiva a excepción de algún gasterópodo, foraminíferos bentónicos aglutinados entre los que se identifica *Choffatella* y *Pseudocyclamina*. Este hecho se interpreta como un ambiente marino, más o menos cerrado, de salinidad baja y dinámico en un contexto de plataforma somera (Molina *et al.*, 2017)

6. CONCLUSIONS

The sediments that outcrop in Mas de Clapises I site have been studied from a multidisciplinary perspective studying stratigraphical, mineralogical and micropaleontological data in order to characterize the paleoecology and the paleoenvironmental evolution of the site. The results obtained accomplished the objective of dating MCL 1, identifying which formation belongs to and the paleoecological and paleoenvironmental evolution of the site in relation to the following points:

1. MCL 1 belongs to Mirambel Formation in the lowermost part of the Lower Barremian in age, mainly according to the presence of *Atopochara trivolis* var. *triquetra* and due to the analysis of the stratigraphic position, limited on top by Artoles Formation and on bottom by Herbers Formation, and also by the comparison with other sites equivalent in age and others belonging to the same formation.
2. MCL 1 sediments were deposited in a barrier island environment that suffered a transgressive event where back-barrier continental environments represented by lagoon facies with tidal flats and lateritic soil development (frequent in other iberian Lower Cretaceous sites and worldwide) evolved to foreshore, shoreface and offshore facies with the establishment of a final shallow marine platform.
3. MCL 1 micropaleontological record evolved from freshwater environments (charophytes and ostracods) to coastal (Amiidae and Pycnodontiformes) and finally to a shallow marine platform (agglutinated benthic foraminifera) in clear correlation with the stratigraphic data.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, A. y Canudo, J.I. (2015): On the spinosaurid theropod teeth from the early Barremian (Early Cretaceous) Blesa Formation (Spain). *Historical Biology*, 28, pp. 1-12.
- Bauluz, B., Yuste, A., Mayayo, M.J. y Canudo, J.I., (2014): Early kaolinization of detrital Weald facies in the Galve Subbasin (Central Iberian Chain, north-east Spain) and its relationship to paleoclimate. *Cretac. Res.* 50, pp. 214-227.
- Biscaye, P. E. (1965): Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans. *Geological Society of America Bulletin*, 76, pp. 803-832.
- Canerot, J., Cugny, P., Pardo, G., Salas, R. y Villena, J. (1982): Ibérica Central y Maestrazgo. En: *El Cretácico de España*. Univ. Comp. Madrid, pp. 273-344.
- Canudo, J.I., Cuenca-Bescós, G. y Ruiz-Omeñaca, J.I. (1996): Tiburones y rayas (Chondrichthyes, Elasmobranchii) del Barremiense Superior de Vallipón (Castellote, Teruel). *Mas de las Matas* 15, pp. 35-58.
- Crespo, A. y Navarro, D. (1981): *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 544 (Forcall) y memoria*. IGME, Madrid, 27 pp.
- Dalrymple, R.W. y Choi, K., (2007). Morphologic and facies trends through the fluvial-marine transition in tide-dominated depositional systems: A schematic framework for environmental and sequence-stratigraphic interpretation. *Earth Science Reviews* 81, pp. 135-174.
- Gasca, J.M., Moreno-Azanza, M., Bádenas, B., Díaz-Martínez, I., Castanera, D., Canudo, J.I. y Aurell, M. (2017): Integrated overview of the vertebrate fossil record of the Ladruñán anticline (Spain): evidence of a Barremian alluvial-lacustrine system in NE Iberia frequented by dinosaurs. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 472, pp. 192-202.
- Gasulla, J.M., Ortega, F., Escaso, F. y García-Pérez, A. (2011): Los yacimientos de vertebrados de la Formación Arcillas de Morella (Aptiense inferior). *Viajando a Mundos Preterritos*. Ayuntamiento de Morella, Morella, Castellón, España, pp. 157-172.
- Grande, L. y Bemis, W.E. (1999): Historical biogeography and historical paleoecology of Amiidae and other halecomorph fishes. En: *Mesozoic Fishes 2 - Systematics and Fossil record* (Gloria, A. y Schultze, H.P). Verlag Dr. F. Pfeil, Munich, pp. 413-424.
- Hillier, S. (2003): Quantitative analysis of clay and other minerals in sandstones by X-ray powder diffraction (XRPD). *International Association of Sedimentologists*. Spec. Publ. 34, pp. 213-251.
- Martin, J.D. (2017): A software package for powder x-ray diffraction analysis. Qualitative, Quantitative and Microtexture. 143 pp., ISBN 978-84-16478-87-3 from www.xpowder.com.
- Mateus, O., Araújo, R., Natário, C. y Castanhinha, R. (2011): A new specimen of the theropod dinosaur *Baryonyx* from the early Cretaceous of Portugal and taxonomic validity of *Suchosaurus*. *Zootaxa* 2827, pp. 54-68.
- Molina, E., Gozalvo, C., Azanza, B., Arenillas, I., Alegret, L., Arz, J.A., Ortiz, S. y Canudo, J.I. (2017): Foraminíferos bentónicos: Allogromiina y Textulariina. En: *Micropaleontología* (Molina, E.). Prensas Universitarias de Zaragoza, Zaragoza, pp. 241-262.

- Molina, J.M. y Salas, R., 1993. Bauxitas kársticas del Cretácico inferior en Fuentespalda (provincia de Teruel); estratigrafía, origen y paleogeografía. *III Coloquio del Cretácico de España. Cuadernos de Geología Iberica* 17, pp. 207-230.
- Martín-Closas, C. (1989): *Els caròfits del Cretaci inferior de les conques perifèriques del Bloc de l'Ebre*. Tesis Doctoral, Univ. de Barcelona, 581 pp.
- Martín-Closas, C. (2000): *Els caròfits del Jurassic superior i el Cretaci inferior de la Península Ibèrica. Upper Jurassic and Lower Cretaceous charophytes from the Iberian Peninsula*. Arxius de les Seccions de Ciències, Barcelona, 304 pp.
- Navarrete, R., Rodríguez-López, J.P., Liesa, C.L., Soria, A.R. y de Veloso, F.M.L. (2013). Changing physiography of rift basins as a control on the evolution of mixed siliciclastic-carbonate back-barrier systems (Barremian Iberian Basin, Spain). *Sedimentary Geology*, 289, pp. 40–61.
- Pérez-Cano, J., Bover-Arnal, T. y Martín-Closas, C. (2020): Barremian charophytes from the Maestrat Basin (Iberian Chain). *Cretaceous Research*, Vol. 115, 104544.
- Poyato-Ariza, F.J. y Martín-Abad, H. (2013): History of two lineages: Comparative analysis of the fossil record in Amiiiformes and Pycnodontiformes (Osteichthyes, Actinopterygii). *Spanish Journal of Palaeontology*, 28, pp. 79-90.
- Puértolas-Pascual, E., Rabal-Garcés, R. y Canudo, J.I. (2015): Exceptional crocodylomorph biodiversity of “La Cantalera” site (lower Barremian; Lower Cretaceous) in Teruel, Spain. *Paleontologica Electronica*, 18.2.28a, pp. 1-16.
- Riveline, J., Berger, JP., Bilan, W., Feist, M., Martín-Closas, C., Schudack, M. y Soulié-Märsche, I. (1996): European Mesozoic–Cenozoic charophyte biozonation. *Bull Soc Géol France* 167: pp. 453–468.
- Salas, R., Guimerà, J., Mas, R., Martín-Closas, C., Meléndez, A. y Alonso, A. (2001): Evolution of the Mesozoic central Iberian Rift System and its Cainozoic inversion (Iberian chain). *En: Ziegler, P.A., Cavazza, W., Robertson, A.H.F., Crasquin-Soleau, S. (eds.), Peri-Tethys Memoir 6: Peri-Tethyan Rift/Wrench Basins and Passive Margins. Mém. Mus. natn. Hist. natur.*, 186: pp. 145-185. Paris.
- Sames, B. (2011): Early Cretaceous Cypridea Bosquet 1852 in North America and Europe. *Micropaleontology*, vol. 57, pp. 354-431.
- Sanders, D. y Höfling, R. (2000): Carbonate deposition in mixed siliciclastic–carbonate environments on top of an orogenic wedge (Late Cretaceous, Northern Calcareous Alps, Austria). *Sedimentary Geology* 137, pp. 127-146.
- Santos-Cubedo, A., García-Robles, J., Poza, B., Santisteban, C. y Meseguer, S. (2016): *Vertebrados mesozoicos en la provincia de Castellón*. Loisele Ediciones & EDC Natura-Fundación Omacha, Villarreal, 108 pp.
- Schellmann, W. (1981): Considerations on the definition and classification of laterites. Proceedings of the International Seminar on Lateritisation Processes, Trivandrum, India. A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 1–10.
- Schudack, M. y Schudack, U. (2009): Ostracod biostratigraphy in the Lower Cretaceous of the Iberian chain (eastern Spain). *Journal of Iberian Geology* 35, pp. 141-168.
- Soria, A.R. (1997): *La sedimentación en las cuencas marginales del surco ibérico durante el Cretácico Inferior y su control estructural*. Tesis Doctoral, Univ. Zaragoza, 363 pp.

- Schultz, L.G. (1964): Quantitative interpretation of mineralogical composition from X-ray and chemical data for the Pierre shale. Professional Paper *Geological Survey* (U.S.) 391-c, 31 pp.
- Vera, J.A. (editor) (2004): *Geología de España*. SGE-IGME, Madrid, 890 pp.
- Yuste, A., Bauluz, B. y Mayayo, M.J. (2015): Genesis and mineral transformations in Lower Cretaceous karst bauxites (NE Spain): climatic influence and superimposed processes. *Geol. J.* 50, pp. 839-857.

ANEXOS

**ANEXO I: Esquema paleogeográfico de las secuencias
K 1.4 a K 1.7 del Rift Mesozoico Ibérico**

K 1.4/K 1.5
HAUTERIVIENSE TERMINAL A BARREMIENSE INFERIOR

K 1.6/K 1.7
BARREMIENSE SUPERIOR A APTIENSE INFERIOR

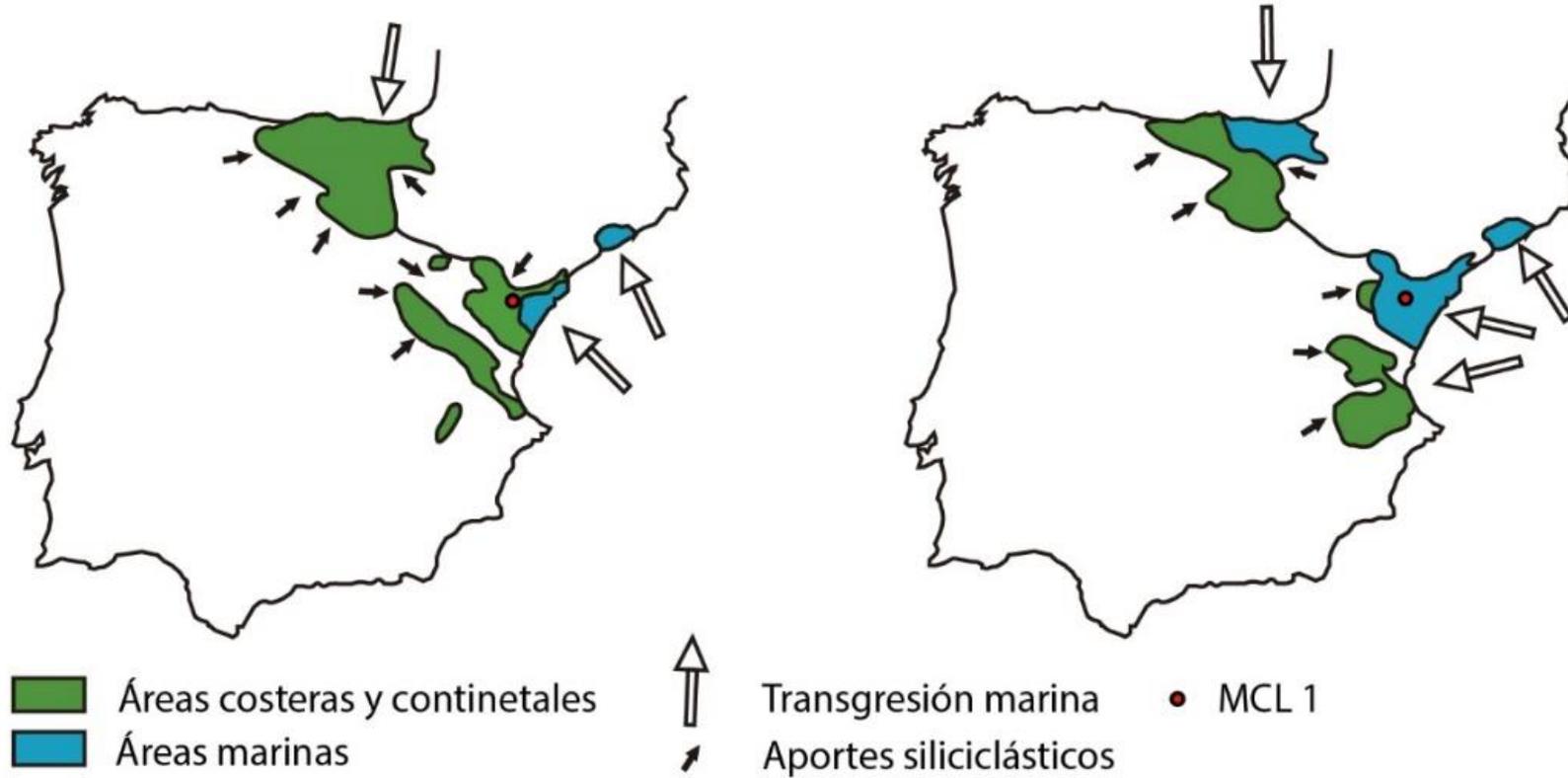


Figura A.1: Esquema paleogeográfico que muestra la evolución del Rift Mesozoico Ibérico del Hauteriviense terminal al Aptiense inferior (mod. Salas et al., 2001).