



Universidad
Zaragoza



Trabajo Fin de Grado

Estudio geológico y paleontológico de niveles
fossilíferos con vertebrados del Barremiense (Cretácico
Inferior) del anticlinal de Ladruñán (Teruel).

Autora:

Arantxa Aznar Pardo

Directores:

José Ignacio Canudo Sanagustín

José Manuel Gasca Pérez

Facultad de Ciencias.

2022 – 2023

Índice

1.	ABSTRACT	1
2.	PLANTEAMIENTO	1
3.	OBJETIVOS	1
4.	METODOLOGÍA.....	2
4.1	MUESTRAS DE ESTUDIO	2
4.2	TRABAJO DE LABORATORIO	2
4.3	TRABAJO DE GABINETE.....	3
5.	CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO	3
5.1	SITUACIÓN GEOGRÁFICA	3
5.2	SITUACIÓN GEOLÓGICA	5
5.2.1	CUENCA DEL MAESTRAZGO Y SUBCUENCA DE MORELLA	5
5.2.2	FORMACIÓN MIRAMBEL.....	6
6.	RESULTADOS	7
6.1	DESCRIPCIÓN DE COLUMNAS	7
6.1.1	LAT (0 – 1 – 2). (Anexos I y II)	7
6.1.2	LAD2 Y LAD3 (Anexo III)	9
6.1.3	LAD6 Y LAD6B (Anexo IV).....	10
6.2	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE FACIES	11
6.3	ESTUDIO DE LÁMINAS PETROGRÁFICAS.....	14
6.3.1	HER – 1	14
6.3.2	MIR – 2.....	14
6.3.3	MIR – 3.....	14
6.4	DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS FÓSILES.....	15
6.5	ESTUDIO MICROPALAEONTOLÓGICO	16
7.	DISCUSIÓN.....	17
7.1	DISCUSIÓN SEDIMENTOLÓGICA	17
7.2	DISCUSIÓN PALEONTOLÓGICA	18
7.2.1	LAD6/1	18
7.2.2	LAD6/2.....	19
8.	CONCLUSIONES	20
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	22
10.	ANEXOS	25
	Anexo I. Columna estratigráfica del yacimiento LAT (0 – 1 – 2).....	25
	Anexo II. Yacimiento LAT (0 – 1 – 2)	26
	Anexo III. Columnas estratigráficas de los yacimientos LAD2 y LAD3	27
	Anexo IV. Columna estratigráfica de yacimientos LAD6 y LAD6B	28
	Anexo V. – Reconstrucción 1, vértebra LAD6/1.....	29
	Anexo VI. – Reconstrucción 2, vértebra LAD6/1	30

1. ABSTRACT

The information collected in this work refers to the stratigraphic and paleontological study of the lower part of the Mirambel Formation from the early Barremian (Early Cretaceous). The studied deposits comprises a detritic interval in a restricted outcropping area located within the Ladruñán anticline, in the province of Teruel, which includes several sites of high paleontological interest. The discovery of different types of fossil remains (ichnological, bones, and dinosaur eggshell) and the stratigraphic characteristics of the beds allow characterizing its geological environment and the kind of dinosaurs that lived there. This work is based on both laboratory and field new studies, including the analysis of fossil remains previously collected (a dinosaur bone and a reptile tooth) and the realization of detailed stratigraphic logs in some of the paleontological sites.

The studied stratigraphic Interval is dominated by clays and intercalated sandstones, which were deposited in alluvial and fluvial environments; the ichnites and bones remains have been preserved in the sandstone strata. Altogether, these data indicate that the lower stage of the Mirambel Fm during the Barremian presented an alluvial floodplain crossed by river channels that would support ecosystems where iguanodontian ornithopods and theropods lived.

2. PLANTEAMIENTO

La Cordillera Ibérica, en concreto en la zona oriental, presenta gran interés paleontológico puesto que registra un intervalo estratigráfico Jurásico Superior - Cretácico Inferior de gran riqueza donde se han descubierto abundantes restos de dinosaurios como: saurópodos (*Aragosaurus ischiaticus*, Sanz, J.L. *et al.*, 1987), terópodos (*Baryonychinae indet.*, Infante *et al.*, 2005) y ornitópodos (*Delapparentia turolensis*, Ruiz-Omeñaca, 2006).

La Formación Mirambel es una unidad geológica de edad Barremiense inferior (Cretácico Inferior) perteneciente a la subcuenca de Morella (Cuenca del Maestrazgo) que, dentro del sector de Ladruñán (término de Castellote, provincia de Teruel), se encuentra plegada por un anticlinal con dirección N-S. La Formación Mirambel está compuesta por intercalaciones de arcillas versicolores y areniscas con tamaños de grano fino – medio, además de calizas y margas, donde se han recuperado restos de dinosaurios (fragmentados y aislados), tanto directos (p. ej., un fragmento distal aislado del fémur derecho de un dinosaurio terópodo *Carcharodontosauria*; Gasca *et al.*, 2014) como indirectos, icnitas (Castanera *et al.*, 2016) y cáscaras de huevo (Moreno – Azanza *et al.*, 2015).

Así, la Formación Mirambel se presenta como una unidad excepcional para la investigación de dinosaurios, al encontrar todos los tipos de restos nombrados puesto que “la presencia combinada de los tres tipos de restos fósiles es poco común, y este caso es inigualable en su contexto temporal y regional” (Gasca *et al.*, 2017).

3. OBJETIVOS

Este trabajo pertenece a un Trabajo Final de Grado del Grado en Geología que se imparte desde la Universidad de Zaragoza, siendo realizado de forma individual.

El principal objetivo es el estudio de los niveles fosilíferos con restos de vertebrados de la parte inferior de la Formación Mirambel en el entorno de Ladruñán.

Para desarrollarlo, se plantean los siguientes objetivos:

- 1) Describir la Formación Mirambel en cada uno de los yacimientos seleccionados para este trabajo mediante el levantamiento de columnas estratigráficas y establecer una relación sedimentológica entre ellos, comparando la información obtenida en campo con la información publicada que se dispone de ellos.
- 2) Describir e identificar los restos fósiles encontrados, así como de los yacimientos LAT (0 – 1 – 2), LAD2, LAD3, LAD6, LAD6B y, en menor medida, LAD0 con la posterior comparación de éstos y de la facies sedimentaria con trabajos bibliográficos, con la finalidad de poder llegar a identificarlos.

4. METODOLOGÍA

Los métodos de trabajo que se han llevado a cabo en este trabajo han sido de tres tipos: 1) trabajo de campo, mediante la recogida de sedimento, la prospección paleontológica y el estudio estratigráfico de los yacimientos; 2) trabajo de gabinete, con el estudio de los fósiles y la lectura bibliográfica; y 3) trabajo de laboratorio, donde se ha llevado a cabo la preparación de materiales y el estudio de láminas delgadas y levigado.

4.1 MUESTRAS DE ESTUDIO

Los restos fósiles estudiados se encuentran depositados en el Museo de Ciencias de la Universidad de Zaragoza y pertenecen al yacimiento denominado LAD6; además, mediante la prospección paleontológica en el mismo yacimiento se reconoce un nuevo resto óseo, *in situ*, denominado LAD6B/1. Las muestras recogidas en campo para la realización de láminas delgadas pertenecen al yacimiento LAD2, mientras que la muestra recogida para el estudio de levigado corresponde a LAD0.

Entre estos restos prestados por la UZ se encuentran dos restos directos: uno de dinosaurio (vértebra) y otro de cocodrilo (diente), siglados LAD6/1 y LAD6/2, respectivamente. En cuanto a las muestras recogidas en campo para la realización de láminas delgadas, han sido nombradas como HER-1, MIR-2 y MIR-3. La última muestra estudiada mediante levigado ha sido recogida en el yacimiento LAD0, un yacimiento que no ha sido estudiado en detalle en este trabajo por su baja representatividad (tan sólo se han encontrado escamas de pez, cáscaras de huevo, coprolitos y un diente perteneciente a un *picnodontiforme*).

4.2 TRABAJO DE LABORATORIO

Ambas muestras óseas para el estudio de este trabajo ya se hallaban separadas de su matriz y consolidadas, por lo que la descripción de los restos ha sido de manera directa, sin necesidad de utilizar herramientas de laboratorio para su previa restauración.

La preparación de las tres muestras de lámina delgada estudiadas a través del microscopio de luz transmitida han sido llevadas a cabo por el Servicio de Preparación de Rocas y Minerales (Servicio de Apoyo a la Investigación – SAI –) del departamento de Ciencias de



Figura 1. Rocas preparadas en láminas delgadas por el SAI.

la Tierra de la UZ. Estas láminas presentan un grosor de 60 μm (Fig. 1).

Para el estudio de la muestra recogida del yacimiento de LAD0 (750 gr aproximadamente) se ha utilizado el método de levigado en lupa estereoscópica binocular. Su preparación ha consistido en: depositar los 750 gr de muestra en una jarra medidora con una cuarta parte de su volumen con agua oxigenada, tratando de eliminar la materia orgánica. Una vez pasado un tiempo de una hora se incorpora agua a la anterior mezcla hasta haberla cubierto por completo, dejándola durante 24 horas. Después la muestra se pasa por un tamiz de 1,6 mm, con ayuda de agua a presión para que toda la fracción menor pase al siguiente matriz de 200 μm . Los restos de cada tamiz se separan en recipientes para ser introducidos, durante 24 horas, a un horno con temperatura constante de 50°C para eliminar el exceso de humedad de las muestras. Para finalizar, se realiza el triado de la muestra: se va depositando el residuo de sedimento en varias tandas en una bandeja de levigado para poder observarlo a través de la lupa estereoscópica binocular.

4.3 TRABAJO DE GABINETE

El trabajo de gabinete ha consistido en la construcción de columnas estratigráficas de detalle de los yacimientos correspondientes a través de programas de edición como “Adobe Photoshop” y “Adobe Illustrator” en base a distintas imágenes e información recogida en campo.

La descripción y clasificación de los restos óseos se ha realizado a través de la comparativa con datos bibliográficos; ha consistido en la recopilación y comparación de los datos con las muestras de estudio para este trabajo.

5. CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

5.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Los materiales estudiados se encuentran en el entorno de Ladruñán, que se sitúa dentro del término municipal de Castellote (Teruel), en la Comarca del Maestrazgo. Éste se ubica al NE de la capital de provincia (Fig. 2).

A los yacimientos estudiados se accede a través de la carretera TE – 8101, entrando por el desvío del Barranco de Dos Torres, primeramente pasando bien por los municipios de Berge y Molinos (carretera TE – V – 8215 y TE – 8101) o bien desde Castellote (A – 226 y TE – 8101); si bien a ambas acceden por la carretera TE – 38 hacia la aldea.

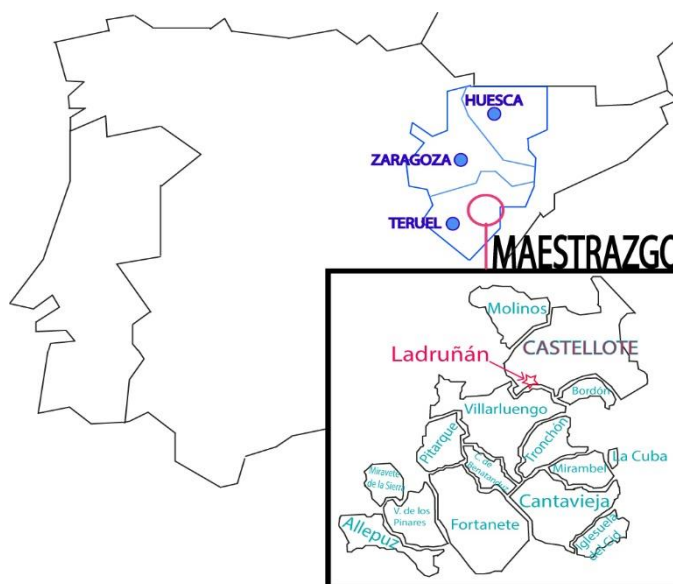


Figura 2. Situación geográfica de la zona de estudio (Ladruñán, Castellote).

En cuanto a la situación geográfica precisa de los yacimientos, el paraje de Cerro Latonar (LAT) comprende los yacimientos LAT0, LAT1 Y LAT2 (estudiados de forma conjunta en este trabajo);

mientras que el resto de los yacimientos (LAD2, LAD3 y LAD6) se estudian por separado. Las coordenadas GPS de los yacimientos son (UTM, con Datum ETRS89) (Tabla 1, Fig. 3)):

LAT0: 30T X 719118; Y 4511723	LAD2: 30T X 719231; Y 4514697
LAT1: 30T X 719073; Y 4511732	LAD3: 30T X 719264; Y 4514661
LAT2: 30T X 719093; Y 4511749	LAD6: 30T X 719967; Y 4513860

Tabla 1. – Coordenadas UTM Datum ETRS89 de los yacimientos estudiados.

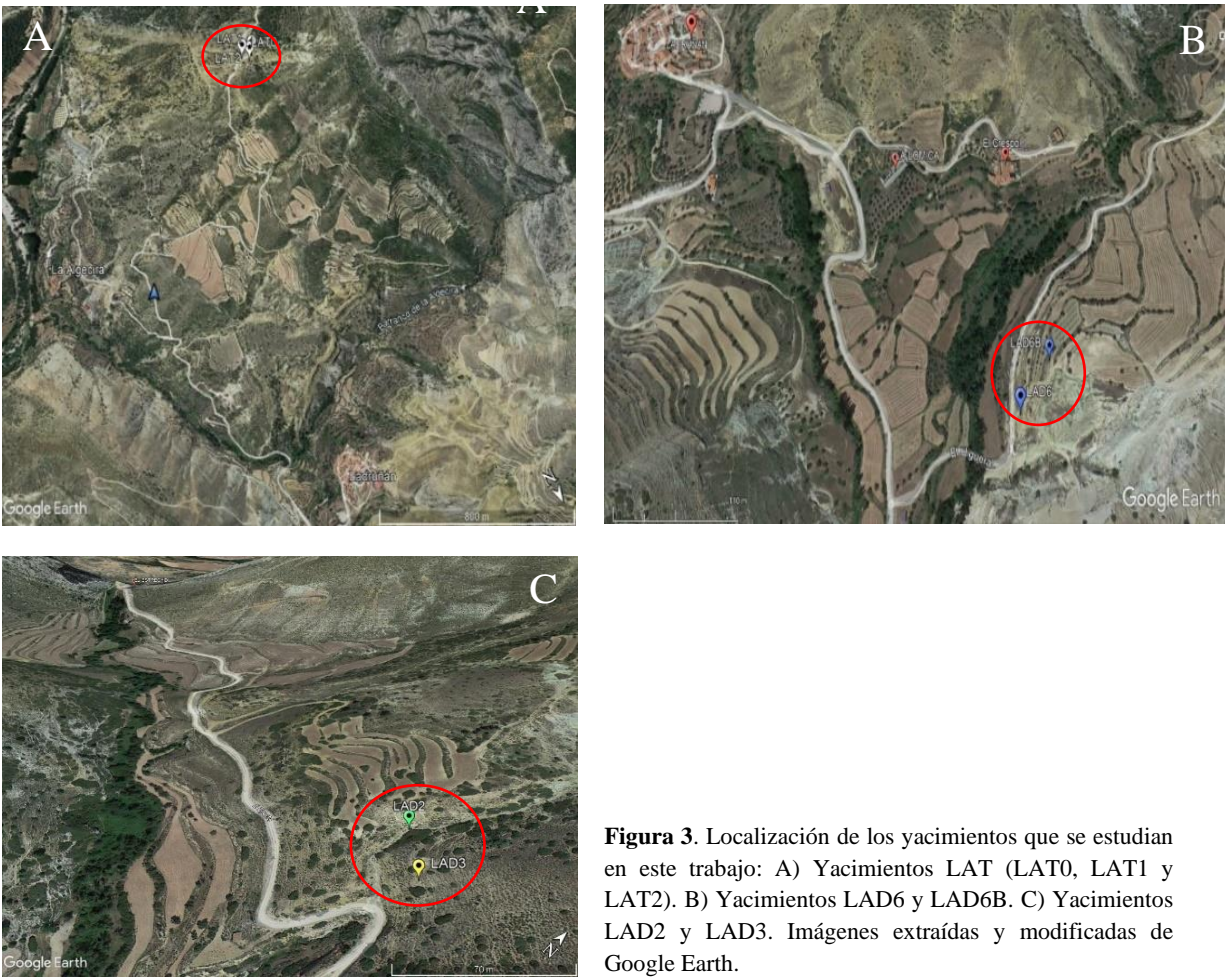


Figura 3. Localización de los yacimientos que se estudian en este trabajo: A) Yacimientos LAT (LAT0, LAT1 y LAT2). B) Yacimientos LAD6 y LAD6B. C) Yacimientos LAD2 y LAD3. Imágenes extraídas y modificadas de Google Earth.

Se incluyen, además, las coordenadas de los yacimientos LAD0, donde se recogió la muestra para levigado, y la ubicación del resto óseo directo que se encontró en las inmediaciones del yacimiento LAD6, denominado LAD6B:

LAD0: 30T X 0718675; Y 4514519	LAD6B: 30T X 719917; Y 4513914
--------------------------------	--------------------------------

5.2 SITUACIÓN GEOLÓGICA

5.2.1 CUENCA DEL MAESTRAZGO Y SUBCUENCA DE MORELLA

Los yacimientos estudiados en este trabajo se sitúan en la cuenca Mesozoica del Maestrazgo (sector oriental de la Cordillera Ibérica, Fig. 4) en la que se diferencian distintas subcuencas. Este trabajo se centra en la subcuenca de Morella, donde se encuentra la Formación Mirambel. Paleogeográficamente, estos yacimientos se sitúan en la parte septentrional de la cuenca.

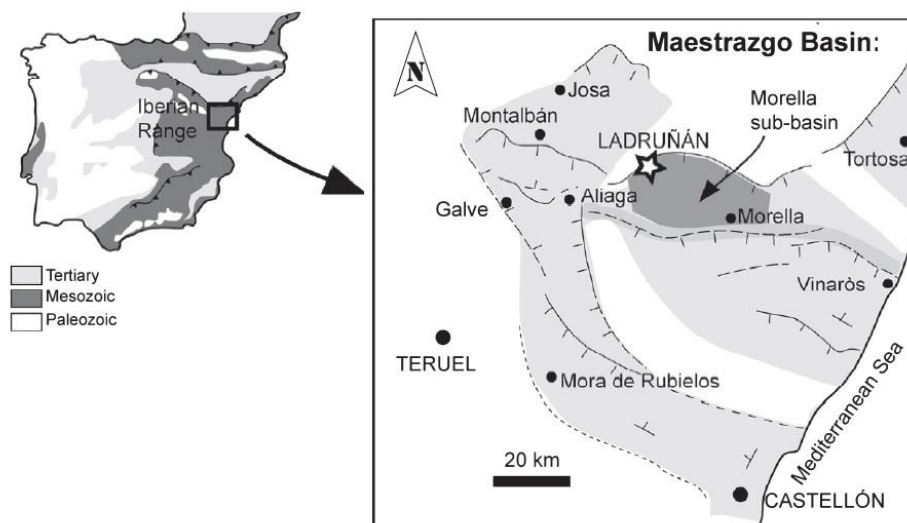


Figura 4. Situación geológica de la zona de estudio (Ladruñán, Castellote). A la izquierda la Península Ibérica; a la derecha la situación geológica del Cretácico Inferior en la Cuenca del Maestrazgo, donde se señala el término de Ladruñán. Imagen extraída y modificada de Bauluz *et al.*, 2014.

De forma general, la Cuenca Ibérica presenta seis etapas alternadas de *rift* y *postrift* durante el Mesozoico que están relacionadas con la evolución geodinámica de la corteza del sector NE de la Península Ibérica (Salas y Casas, 1993), de las cuales para este trabajo, interesa la quinta etapa perteneciente a la edad de estudio (Barremiense, Cretácico Inferior): la etapa de *sinrift* del Cretácico Inferior (Hauteriviense tardío – Albiense medio) (Fig. 5). Se trata de una etapa donde se produjo una deformación extensiva que generó surcos a la vez que se depositaban los materiales desde el Hauteriviense tardío – Barremiense basal hasta el Albiense inferior – medio, aunque la reactivación del *rift* empezó a ser notoria ya desde el Kimmeridgiense (Jurásico Superior), coincidiendo con el aumento del nivel del mar (Salas *et al.* 2001); así, varias fallas de la zona de la Muela de Montalbán – Herbers – Llaberia (durante el Jurásico Superior – Cretácico Inferior), con buzamiento hacia el sur, formarían la subcuenca de Morella, situándose ésta en el bloque superior hundido de las mismas (Salas y Guimerà, 1996).

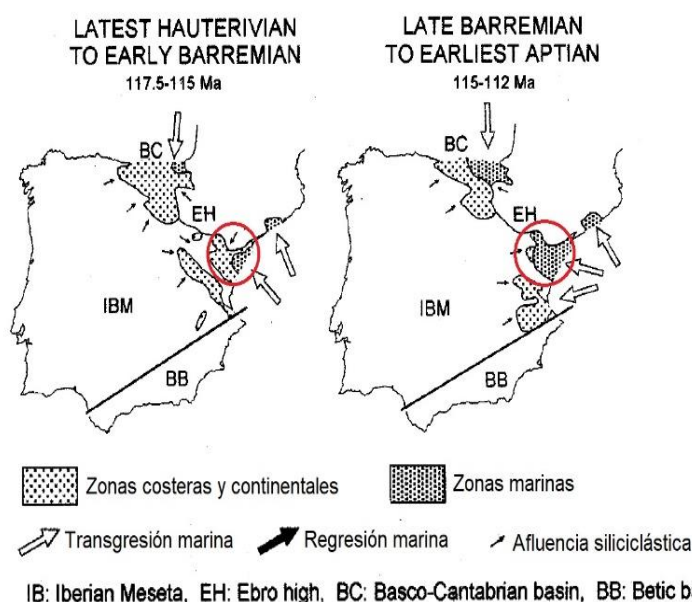


Figura 5. Mapas paleogeográficos durante el Hauteriviense tardío – Barremiense temprano (figura izquierda) y durante el Barremiense tardío – Aptiense temprano (derecha). Se muestra cómo las zonas costeras y continentales presentan transgresión marina, de manera que los sedimentos presentan afluencia marina en la cuenca del Maestrazgo. Imagen extraída y modificada de Salas *et al.* 2001.

5.2.2 FORMACIÓN MIRABEL

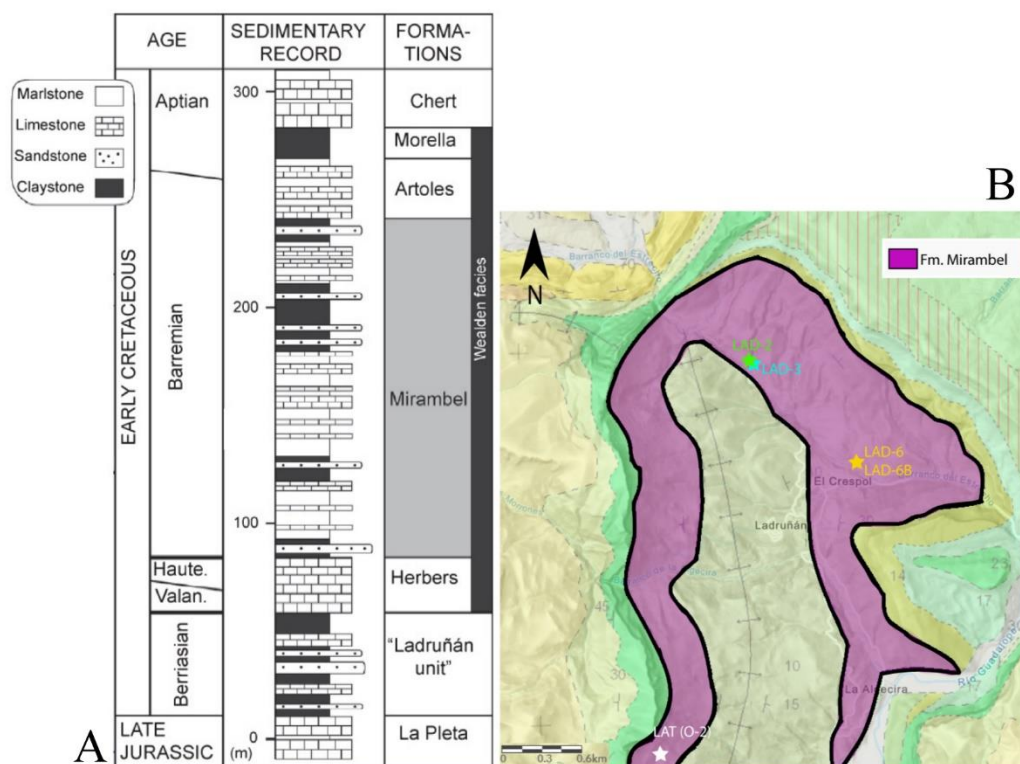


Figura 6. A) Mapa y columna estratigráfica del Cretácico en el entorno de Ladruña. Extraído y modificado de Bauluz *et al.*, 2014. B) Formación Mirambel en el entorno del anticlinal de Ladruña con los yacimientos de estudio señalados. Imagen extraída y modificada de la hoja 519 MAGNA, mapa en línea.

La Formación Mirambel presenta una edad datada del Barremiense inferior (Cretácico Inferior) ya que corresponde a la biozona de carofitas *Atoprochara trivolvris triquetra* (Martín – Closas y Grambast 1986; Riveline *et al.* 1996). Se sitúa en el entorno de Ladruña (Fig. 6), en la parte noroeste de la cuenca del

Maestrazgo. Esta formación mesozoica forma un pliegue anticlinal N – S y está compuesta por depósitos continentales que se incluyen en las facies *Weald* (Gasca *et al.* 2015), con carácter continental en su mayor parte y transicional en otros sectores del Maestrazgo hacia el sur y sureste.

Presenta casi 200 metros de espesor, con un alto grado de continuidad en los afloramientos, estando formada por una alternancia de intervalos aluviales – detríticos y otros palustres – lacustres ricos en carbonatos. La Formación Mirambel se compone de distintos tramos (A – G): el tramo A, con 15 metros de espesor, comprende una sucesión de areniscas y lutitas aluviales, que hacia el sur se intercalan con calizas y margas lacustres poco profundas; el tramo B, de 30 metros, está formado por facies lacustres – palustres poco profundas y calizas con huellas de raíces; el tramo C, con 15 metros, incluye lutitas versicolores y areniscas de color ocre; el tramo D, de 50 metros, son margas y calizas masivas palustres – lacustres; el tramo E, de 20 metros, comprende facies detríticas aluviales; el tramo F, de 12 metros, está formado por margas lacustres someras y calizas laminadas; y finalmente, el tramo G, de 10 metros, comprendida por facies aluviales detríticas (Gasca *et al.* 2017, Fig. 1, C).

Dentro del entorno de Ladruñán, en la Formación Mirambel se han encontrado 19 yacimientos con restos óseos fósiles (Gasca *et al.* 2017): en este trabajo se han realizado columnas estratigráficas concretas de seis de esos yacimientos: Cerro Latonar (LAT) formado por los yacimientos LAT0, LAT1 Y LAT 2 (Anexos I y II) LAD2 y LAD3 (Anexo III), y LAD6 (Anexo IV). Además, se incluye un séptimo yacimiento denominado LAD6B (que se une a LAD6 debido a la cercanía a éste y por pertenecer al mismo nivel de areniscas).

6. RESULTADOS

6.1 DESCRIPCIÓN DE COLUMNAS

6.1.1 LAT (0 – 1 – 2). (Anexos I y II)

Esta columna estratigráfica comienza con el techo de la Formación Herbers que presenta huellas de raíces verticales con un moteado de color anaranjado y violáceo. Le siguen 2,5 metros de potencia de arcillas versicolores de tonos morados y anaranjados, que pueden indicar que se trata de suelos hidromórficos. Presenta, además, pequeños nódulos ferruginosos. Un pequeño estrato de 0,3 metros de arenisca masiva intercala entre el nivel anterior y el siguiente tramo de lutitas de 1,5 metros de espesor igual a las anteriores. Por encima de ellas se encuentra el yacimiento LAT0 representado por un estrato de 1,5 metros de potencia de arenisca ocre con tamaño de grano medio – fino con laminación cruzada en surco (Fig. 7).



Figura 7. Arenisca con laminación cruzada en surco. Yacimiento LAT0.

Continúan la serie 5 metros de litología igual a las anteriores lutitas. Por encima de éstas, 3 metros de arenisca de grano medio – grueso con estratificación cruzada en surco (Fig. 8), que presenta un pequeño

nivel lutítico donde se pueden encontrar contramoldes de icnitas situados en el yacimiento LAT0 (Fig. 9).

Por encima de estas areniscas se encuentran 2,5 metros de lutitas, un banco de 0,8 metros de areniscas masivas (LAT1), 8 metros de arcillas amarillentas (LAT2) y, finalmente, un banco de 5 metros de calizas recristalizadas (Fig. 10).



Figura 8. Arenisca con estratificación cruzada en surco. Yacimiento LAT0



Figura 9. Nivel de arenisca con estratificación cruzada en surco con un fino nivel arcilloso intercalado donde se hayan las icnitas. Yacimiento LAT0.

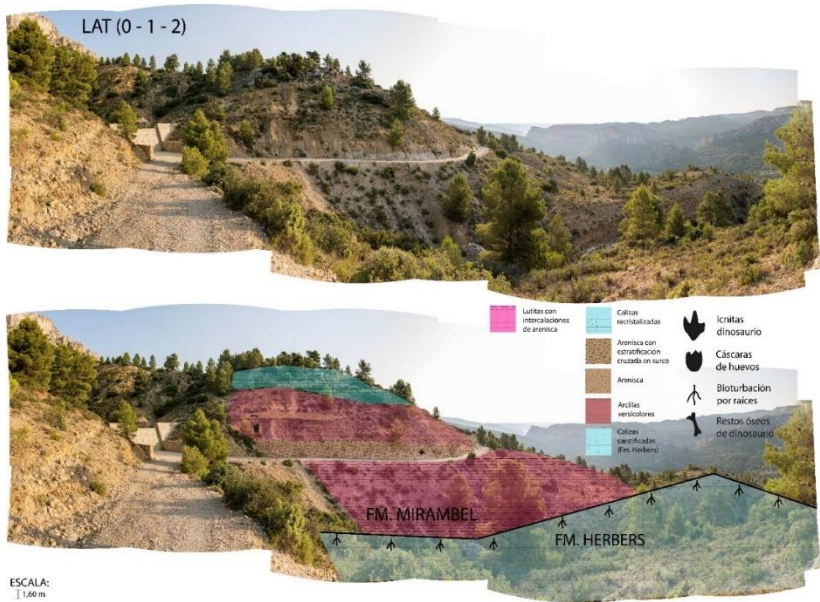


Figura 10. Vista panorámica del yacimiento LAT. Imagen ampliada en Anexo II.

6.1.2 LAD2 Y LAD3 (Anexo III)

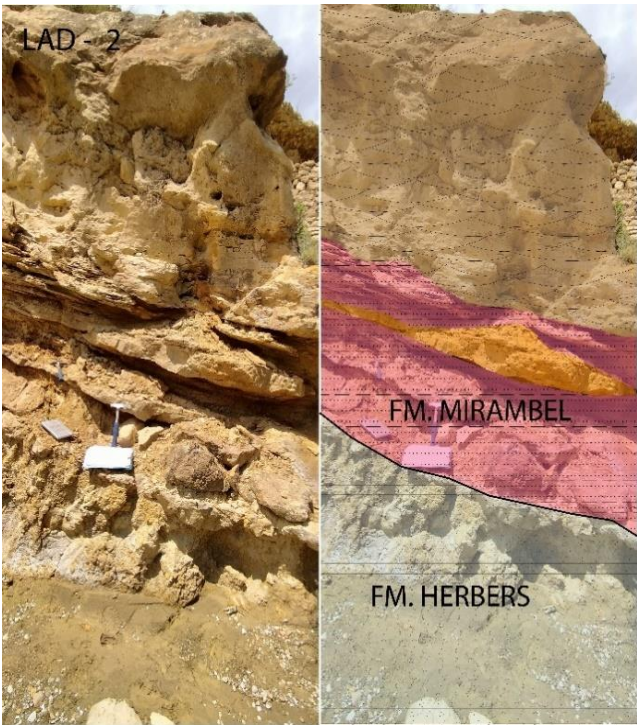


Figura 11. Yacimiento LAD2.



Figura 12. Arenisca canaliforme con laminación heterolítica. Yacimiento LAD2.

Se trata de yacimientos poco extensos. En ambos la base de los perfiles está bien expuesta, mostrando el contacto entre las calizas lacustres con huellas de raíces a techo de la Formación Herbers y las lutitas versicolores que conforman la base de la Formación Mirambel (Fig. 11).

La estratigrafía de LAD2 presenta, en su base, arcillas arenosas versicolores, de 0,55 metros de potencia, con restos vegetales oxidados y ricas en cantos de cuarzo que presentan una intercalación canaliforme de conglomerado de 0,20 metros de espesor con iguales restos vegetales oxidados. A techo del yacimiento se observa un paquete de 2,5 metros de arenisca canaliforme de grano medio con estratificación cruzada en surco y con laminación heterolítica en la base (Fig. 12).

En cuanto al yacimiento LAD3 (Fig. 13) resultó poco significativo. Por encima de la base de la Formación Herbers existe un cubierto de 2 metros (seguramente sobre las arcillas versicolores) sobre la que se deposita el mismo nivel conglomerático, de 0,20 metros, que en el yacimiento LAD2. Sobre él, un nivel cubierto de 0,40 metros de espesor sin cementar sobre el que, finalmente, se sitúa el nivel de arenisca de grano medio – grueso, con una potencia de 1,20 metros con abundantes restos vegetales ferruginosos. Es en este nivel arenoso donde se halló, en el año

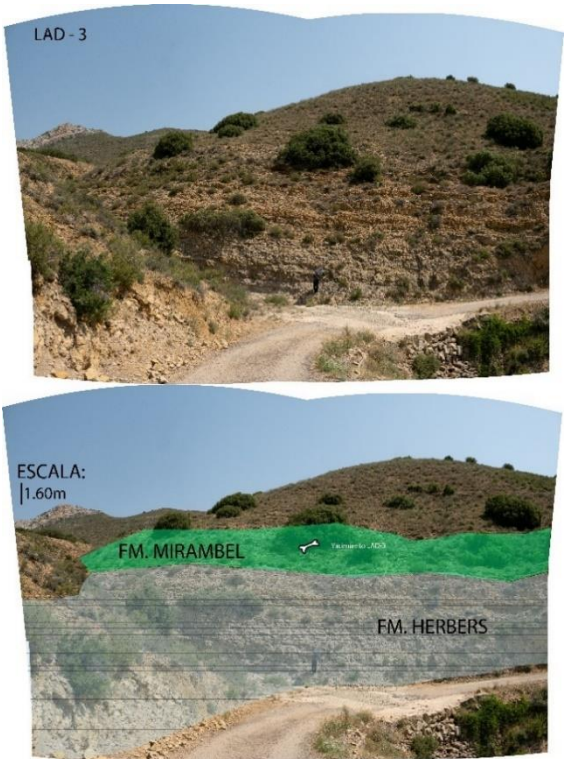


Figura 13. Panorámica del yacimiento LAD3 donde apareció parte del fémur distal de carcarodontosáurido.

2014, parte de un fémur distal (MPZ 2014/235, descrito en Gasca *et al.* 2014) de un terópodo asignado a un carcarodontosáurido.

6.1.3 LAD6 Y LAD6B (Anexo IV)



Figura 14. Parte inferior del yacimiento LAD6.

A diferencia con los anteriores, en el yacimiento LAD6 no se observa la base de la Formación Mirambel debido a que está cubierto por el camino y no se observa el techo de la Formación Herbers por debajo de él. Encima de este tramo cubierto aflora un nivel de 3 metros de arenisca de grano medio con estratificación cruzada en surco y ripples a techo (Fig. 14) a las que le siguen 2 metros de limos arcillosos laminados, con algún pequeño paquete de arenisca intercalado. Una parte cubierta de 5 metros de espesor separa el tramo de este yacimiento, que es seguido por 2 metros de areniscas de grano medio – grueso más o menos tabulares con ostreidos, donde se intercala un estrato de arenisca conglomerática de 0,40 metros, también con ostreidos (Fig. 15).

Posterior al tramo descrito anteriormente hay un potente tramo cubierto de 50 metros de vegetación que es seguido por la siguiente parte del yacimiento, denominado LAD6B, que comienza con un nivel de 0,10 metros de conglomerados basales marrón – amarillento con cantos de hasta 1 centímetro de diámetro, al que le siguen 0,25 metros de areniscas conglomeráticas, con estratificación cruzada en surco (Fig. 16) en el techo del paquete, bien clasificadas, con granos angulosos de cuarzo de en torno a 2 milímetro de diámetro, y algunos carbonatados redondeados.

La serie continúa con 0,80 m de limos marrones, seguido de 1 metro de areniscas de grano medio y matriz arcillosa muy bioclástica con fragmentos de ostreidos (que predominan más hacia base y de mayor tamaño) de tamaño centimétrico. Este último paquete presenta bancos estratodecrecientes, con bioturbación más intensa hacia techo e internamente masivos, con mala clasificación; además, los clastos que presenta están medianamente orientados. Se observa que presenta estratificación cruzada en surco enmascarada por la bioturbación. Es en este último paquete de areniscas donde se encuentra el resto óseo de dinosaurio, de 0,13 metros de largo, denominado LAD6B/1 (Fig. 17).

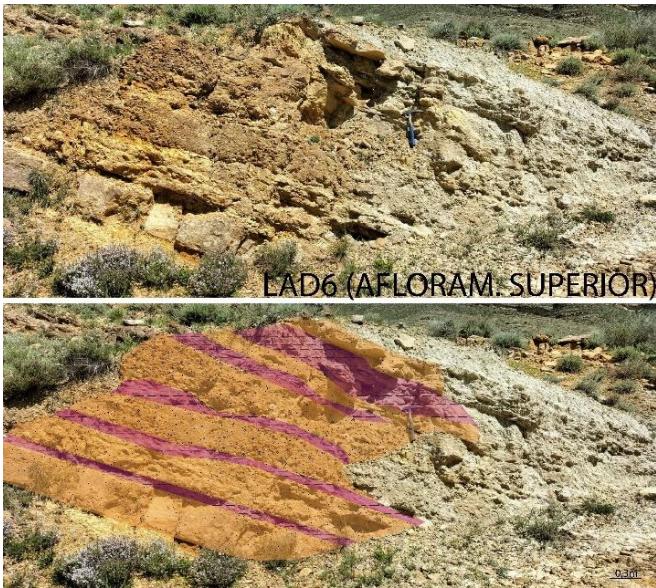


Figura 15. Parte superior del yacimiento LAD6.

Estre yacimiento LAD6B finaliza al comenzar unos niveles rojizos y grises, correspondientes al yacimiento 3 Pinos (yacimiento que no se analiza en este trabajo).



Figura 16. Laminación cruzada en surco. Yacimiento LAD6B.



Figura 17. Resto óseo LAD6B/1 *in situ*. Yacimiento LAD6B.

6.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE FACIES

Tabla 6.1.- Clasificación de las facies detríticas fluviales de Miall (1978). Se han excluido los términos P y C de la clasificación original del autor por no referirse a facies detríticas.

CLASIFICACIÓN DE LAS FACIES DETRÍTICAS FLUVIALES (según Miall, 1978).

Código	Litofacies	Estructuras sedimentaria
Gms	grava masiva, con soporte de matriz	no tiene
Gm	grava masiva o algo estratificadas	estratificación horizontal e imbricación.
Gt	grava estratificada	estratificación cruzada en artesa (<i>trough</i>).
Gp	grava estratificada	estratificación cruzada planar.
St	areniscas, a veces con cantos	estratificación cruzada en artesa (<i>trough</i>).
Sp	areniscas, a veces con cantos	estratificación cruzada planar.
Sr	areniscas	<i>ripples</i> de diversos tipos.
Sh	areniscas	laminación horizontal, <i>parting lineation</i> .
SI	arenisca fina	estratificación cruzada de bajo ángulo (<10°).
Se	niveles erosivos con cantos blandos	a veces estratificación cruzada, poco marcada.
Ss	areniscas, a veces con cantos	estratificación cruzada paralela a la base erosiva.
Fl	limos, arenisca, arcillas	laminación fina, <i>ripples</i> muy pequeños.
Fsc	limos, arcillas	laminada o masiva.
Fcf	limos	masiva, gasterópodos de agua dulce.
Fm	limos, arcillas	masiva, grietas de desecación.
Fr	limos, arcillas	raíces y restos vegetales.

Figura 18. Clasificación de las facies detríticas fluviales. Tabla 6.1, extraída de Vera (1994).

Todos los yacimientos estudiados en este trabajo son puntos de estudio con contenido paleontológico de interés que se encuentran ubicados en diferentes partes del anticlinal de Ladruñán; La Formación Mirambel se apoya, de manera concordante, sobre el techo de la Formación Herbers de naturaleza carbonatada con bioturbación de grandes raíces, que indica un ambiente de sedimentación lacustre y palustre debido a esta intensa bioturbación.

Para su análisis se ha seguido la clasificación de facies detríticas fluviales establecida por Miall en 1978 (Fig. 18):

- LAT (0 – 2):

En su conjunto es un tramo de casi 26 metros de potencia. La parte más basal se presenta como unas lutitas violáceas anaranjadas (Fsc) con intercalación de areniscas de grano medio – fino (Sp) con formas irregulares; es decir, con geometrías que varían de espesor, con techo plano no erosivo y muro irregular, cuyo espesor varía desde los 0,06 metros hasta los 0,30 metros. Seguidamente está el primer nivel de interés (LAT0) representado por unas areniscas con estratificación cruzada en surco (St) con una potencia aproximada de 3 metros. Este nivel se presenta de forma sigmoidal en cuyo corte longitudinal se observa estratificación cruzada (Fig. 7) y en el corte transversal (Fig. 8) se muestran los surcos de la estratificación cruzada en surco causada por los rellenos de canal. Las siguientes arcillas se presentan de la misma manera que las anteriores (Fsc), con potencia de 2,5 metros de espesor bastante constante. El segundo yacimiento de interés (LAT1) son unas areniscas masivas de grano grueso de color marrón – ocre con alguna pequeña capa cruzada dentro del nivel (Se), con forma sigmoidal, a techo con contacto neto y a muro convexo, con una variación de espesor muy leve. El tramo final de la columna corresponde a unas lutitas amarillentas masivas (LAT2) (Fsc).

Por tanto, de forma general, este yacimiento (englobando LAT0, LAT1 y LAT2) son unas lutitas generalmente masivas (Fsc) con intercalaciones de areniscas de grano medio – grueso con estratificación cruzada en surco (St) y con geometría canaliforme que presenta una evolución vertical granocreciente cuyos contactos son netos a techo y con muro irregular.

De acuerdo a la interpretación propuesta se interpreta que las lutitas masivas y con laminación horizontal con intercalaciones de areniscas que varían en espesor y representan un depósito en ambiente fluvial, donde en épocas de baja energía se depositan las lutitas, mientras que en épocas de mayor energía son las areniscas las que se depositan, formando así los estratos canaliformes al ser depositadas como rellenos de canal.

- LAD2:

Las arcillas arenosas versicolores (Fsc) presentan un contacto bastante neto y continuado con el techo de la Formación Herbers. Su potencia de 0,55 metros, sin grandes variaciones, presenta una intercalación conglomerática canaliforme (Gm), de 0,20 metros de máximo espesor. El último tramo de la columna corresponde, en su totalidad, a 2,5 metros de arenisca de grano fino en la base, con laminación heterolítica (Sl) y arenisca de grano medio, de color ocre – rojizo, con estratificación cruzada en surco (St) y geometría canaliforme en el resto del paquete. Así, el conjunto de la serie se muestra granocreciente a techo.

- LAD3:

Posterior a los 2 metros de cubierto que comienzan la columna, aparece un nivel conglomerático canaliforme (Gm) de 0,2 metros similar al que aparece en LAD2. Cuando aflora el yacimiento se observa 1,20 metro de areniscas ocre – rojizas de grano medio – grueso con estratificación cruzada en surco (St), cuyo muro es irregular y su techo plano (la vegetación impide determinarlo con exactitud), presentando geometría lenticular. De manera similar a LAD2, este yacimiento se muestra granocreciente a techo.

Lateramente ambos yacimientos presentan las mismas características. La intercalación del paquete de arenisca de grano medio con geometría canaliforme en los tramos lutíticos sugieren un depósito de canal en época de alta energía del medio entre épocas de calma representadas por el depósito de las lutitas. La única diferencia entre ellos es la arenisca con laminación heterolítica en LAD2, que indica la alternancia

de etapas de mayor energía que generan depósitos arenosos y etapas de baja energía que dejan depósitos de limo/arcilla.

- LAD6 Y LAD6B:

En el primer tramo (LAD6), la parte inferior de la secuencia se presenta con unas areniscas de grano medio con estratificación cruzada en surco (St) que se observa a lo largo de todo el paquete, con base y techo erosiva, donde se intercalan pequeñas capas irregulares de lutitas laminadas (Fl). Un gran cubierto de, posiblemente, limos arcillosos con abundante vegetación y pequeños estratos de arenisca separa esta parte inferior de la secuencia con la superior. Ésta última se presenta con paquetes de areniscas tabulares de grano medio – grueso, en su parte central con cantos (Sp), con estratificación horizontal poco marcada donde se intercalan pequeños estratos de limos que mantienen dicha estratificación (Fl). El final de la secuencia se presenta de manera erosiva. El segundo tramo (LAD6B) presenta techo y muro erosivos, comenzando con un estrato centimétrico de conglomerados con estratificación cruzada en surco (Gt) seguidos de areniscas conglomeráticas (St) que continúan con la estratificación. Siguen limos marrones de 0,8 metros de espesor y laminados (Fl) que dan paso a un paquete de arenisca de grano medio con matriz arcillosa que presenta, internamente, clastos mal clasificados y estratificación cruzada en surco (Ss).

A diferencia de los anteriores, predominan las areniscas con intercalaciones de lutíticas, de modo contrario a los anteriores yacimientos. Se interpreta la mayor energía del medio al presentar ripples y un mayor tamaño de grano que en el resto de los yacimientos, indicativos del movimiento del agua. La morfología de los estratos areníticos muestran depósitos de canal que a techo presentan ostreidos, típicos de ambiente costero.

Por los materiales que presenta cada columna y por su interpretación se establece que todos los yacimientos están lateralmente representando puntos del mismo tramo; es decir, el tramo detrítico inferior de la Formación Mirambel, y presentan un sistema aluvial – fluvial con fluctuaciones en las condiciones energéticas del medio, depositándose los sedimentos lutíticos por decantación (baja energía) tras episodios de inundación (flujos desconfiados) mientras que los sedimentos arenosos y conglomeráticos, de mayor tamaño de grano, se depositan en flujos confinados de mayor energía del medio.

La presencia de acumulación bioclástica de ostreidos en los cuerpos arenosos de la sección del yacimiento Laduñán 6 (LAD6) indicarían influencia marina en el sistema. Las condiciones particulares de este depósito y la comprensión de su contexto paleogeográfico requieren un estudio más amplio.

6.3 ESTUDIO DE LÁMINAS PETROGRÁFICAS

6.3.1 HER – 1

Se trata de una muestra recogida en la parte superior de la Formación Herbers, bajo el Yacimiento LAD3.

Se observa, en su estudio al microscopio de luz transmitida, que se trata de un *mudstone* que presenta girogonitos de carofitas en una matriz micrítica moteada producida por bioturvación (por raíces). El girogonito de carofita que se observa presenta una envuelta calcificada y un relleno micrítico (Fig. 19).

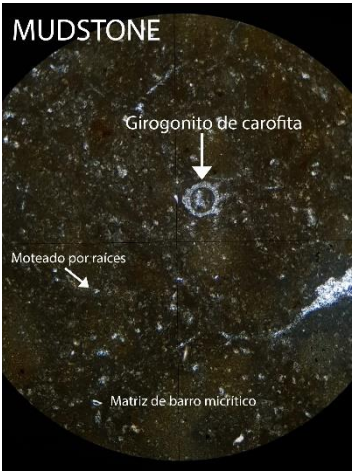


Figura 19. Muestra HER-1. *Mudstone* con girogonitos de carofita.

6.3.2 MIR – 2

Recogida en la base de la Formación Mirambel en el yacimiento LAD2.

Se trata de una arenisca de grano fino – medio con granos de cuarzo (>95%) (cuarzoarenita) y cemento ferruginoso. Texturalmente submadura al presentar los granos de baja esfericidad y estar moderadamente seleccionada. La matriz es cuarcítica de grano muy fino, y la arenisca presenta un color rojizo/marrón oscuro (Fig. 20).

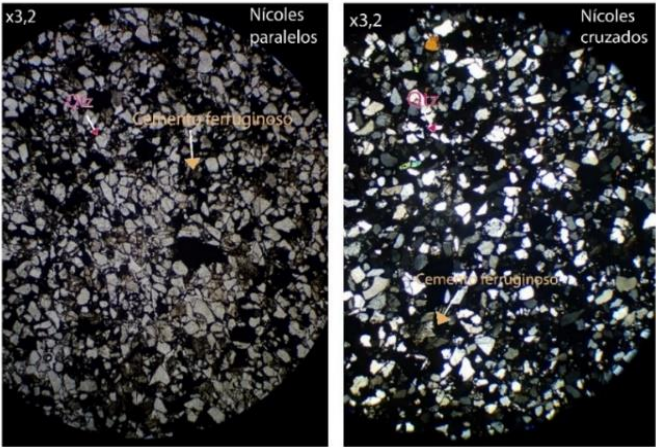


Figura 20. Muestra MIR-2. “Arenisca cuarcítica” (cuarzoarenita) con cemento ferruginoso. Aumento de microscopio: x3,2.

6.3.3 MIR – 3

Igual que en el caso anterior la muestra fue recogida en el yacimiento LAD2, de un paquete arenoso fino versicolor.

A través del microscopio se observa que se trata de una arenisca de grano fino constituida por granos de cuarzo, texturalmente submadura (baja esfericidad y moderadamente seleccionada) y cemento ferruginoso igual que la anterior, a diferencia de que el cemento de esta muestra parece ser más carbonatado y los granos de cuarzo de mayor tamaño que en MIR-2 (Fig. 21).

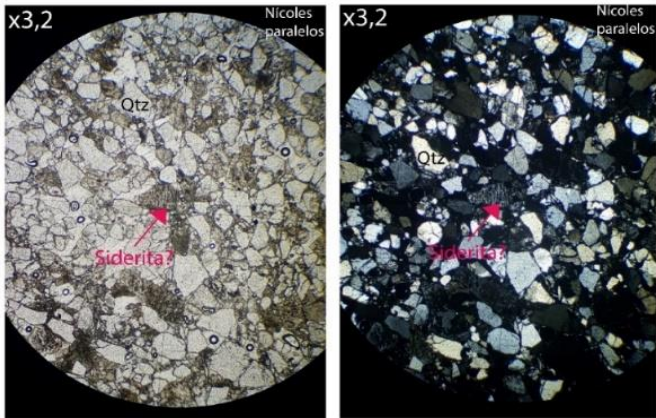


Figura 21. Muestra MIR-3. “Arenisca cuarcítica” (cuarzoarenita) con cemento ferruginoso. Aumento de microscopio: x3,2

6.4 DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS FÓSILES

Los restos fósiles estudiados en este trabajo han sido ambos recogidos en el yacimiento LAD6 (LAD6/1 y LAD6/2).

LAD6/1 (Fig. 22):

Se trata de un fragmento de vértebra que conserva, relativamente bien, el centro vertebral (cuerpo principal de la vértebra) y parte de la espina neural (su base) con el canal neural relleno de sedimento: en vistas laterales se observa, en el centro, su forma de reloj de arena. En vista posterior presenta concavidad hacia la parte anterior; sin embargo, en vista anterior no puede observarse ningún tipo de concavidad debido a que el resto se ha fracturado de forma diagonal, por lo que no se le puede asignar ninguna forma concreta. Así, en vista anterior parece tener forma circular, mientras que en la posterior es más cuadrada (eje dorsoventral y eje lateral ~ 60 mm).

Este centro es más largo anteroposteriormente (~115 mm) que dorsoventralmente (~60 mm), y se encuentra, en vista lateral izquierda, fracturado mientras que se presenta lisa en vista lateral derecha: por este motivo, no se pueden distinguir fosas ni forámenes en el resto óseo.

En vista dorsal se observa el canal neural relleno de arenisca de grano medio cementada (~89 mm) cuya conservación va empeorando desde su parte posterior a la anterior (de igual forma que el centro), estando fracturada en la parte anterior. En esta vista su forma es elíptica con su eje mayor en dirección dorsoventral, mientras que en vista posterior su forma es también elíptica, siendo su eje mayor en dirección lateral. Esta parte del resto parece estar desplazada hacia la derecha en su vista anterior, mientras que en la posterior parece situarse casi en el centro, indicador de que el resto ha podido sufrir deformación al estar sometido a la presión del enterramiento.

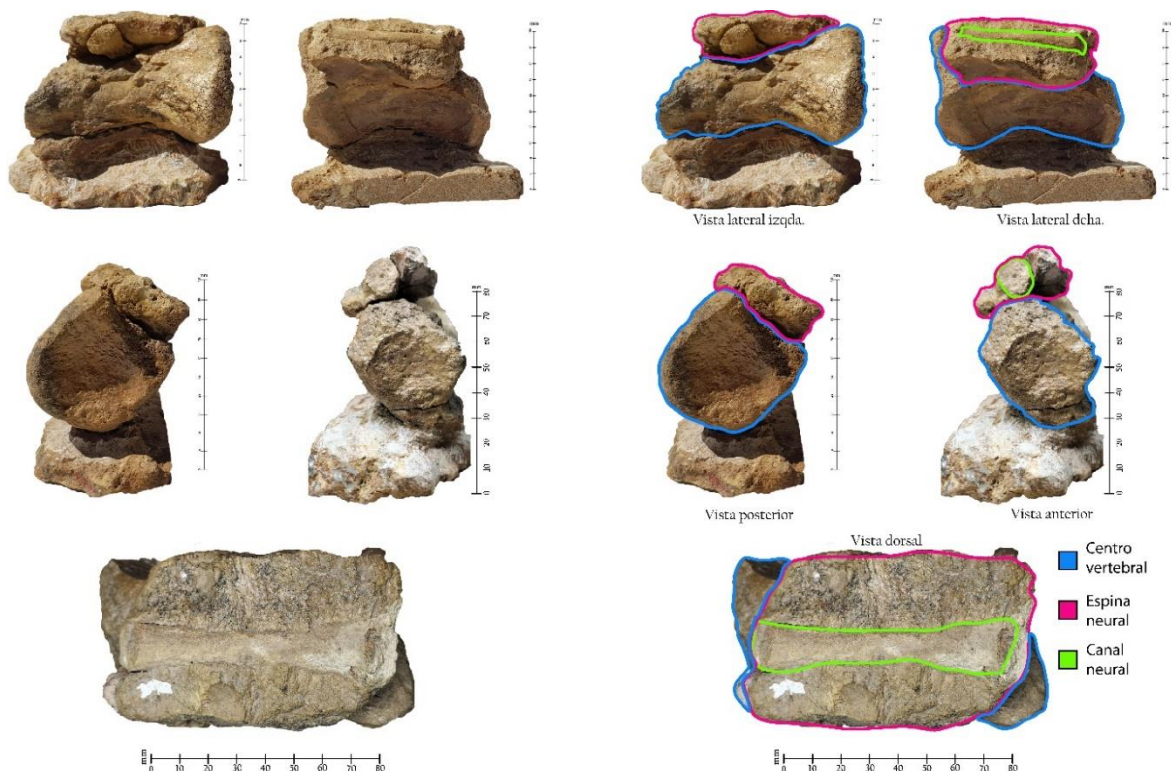


Figura 22. Muestra LAD6/1. En el margen izquierdo, se presenta sin esquematizar, mientras que en el derecho se muestran las partes que componen la vértebra de estudio.

De este resto tan sólo se conserva el centro vertebral, el relleno del canal neural (arenisca de grano medio cementada) y la base de la espina neural, la cual está fragmentada.

LAD6/2 (Fig. 23):

Se trata de una pieza dentaria aislada, de tipo tecodonto, bien conservado, de tamaño grande (16 mm de alto, 8 mm de ancho en la base) de forma cónica con sección circular y con un ápice redondeado, con ambas caras (lingual y labial) ligeramente convexas. En él se observa que falta la parte de la raíz, estando presente la parte de la corona que se presenta erosionada parcialmente.

Su ornamentación presenta unas pequeñas estrías longitudinales poco marcadas que van desde su base, de forma casi paralela, hasta el ápice. La base de la corona es de forma subcircular.

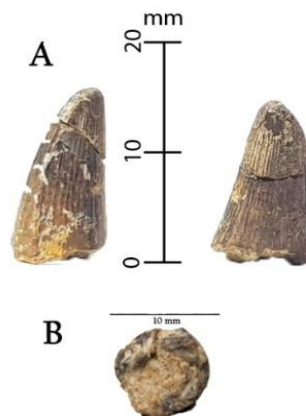


Figura 23. Muestra LAD6/2 en vistas A) laterales y B) basal.

6.5 ESTUDIO MICROPALEONTOLÓGICO

Durante el segundo día de prospección de campo se procedió a visitar el denominado yacimiento LAD0, en donde se recogió un saco de muestra de unos 750 gr., aproximadamente. Tras su preparación se procedió a su estudio mediante la técnica del levigado. Fueron dos tamaños de tamices los que se procedieron a estudiar: 1,6 mm y 200µm (Fig. 24).

1,6mm: Además del predominante yeso, se encontraron granos de arenisca de composición cuarcítica (>90%) y restos vegetales carbonosos.

200µm: Se observó que predominaban los restos de yeso, pequeños granos de cuarzo y algún resto vegetal carbonoso aislado.

El resultado del estudio de levigado resultó no ser significativo.

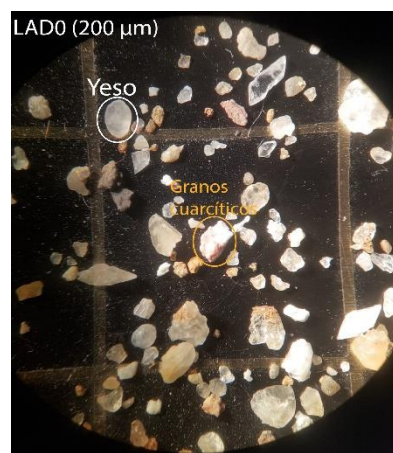


Figura 24. Levigado. Yacimiento LAD0.

7. DISCUSIÓN

7.1 DISCUSIÓN SEDIMENTOLÓGICA

Los restos estudiados en conjunto con el estudio estratigráfico de los yacimiento sugieren que todos los yacimientos estudiados corresponden a depósitos en ambientes aluviales y fluviales, en el tramo más inferior de la Formación Mirambel. En los yacimientos LAT predominan las arcillas con canales de areniscas que presentan un tamaño de grano medio y preservan icnitas de dinosaurio (Gasca *et al.*, 2017). Las icnitas sugieren un sistema donde la presencia de agua en el sustrato (lutítico) era suficiente como para registrar esas huellas que posteriormente serían rellenadas por un flujo de arenas. Los depósitos de lutitas junto con las intercalaciones de arenisca (con y sin estratificación cruzada en surco) sugieren un sistema con épocas de aguas bajas en un sector inactivo donde se produjeron estas huellas y épocas de paso a un sector activo (migración de canal fluvial sobre la llanura de inundación) con aportes arenosos donde las huellas serían rellenadas por sedimento que posteriormente daría lugar a la arenisca; es decir, se presenta un modelo que genera una arquitectura sedimentaria caracterizada por la variación de litologías por procesos autocíclicos (finos – gruesos) que favorece la preservación de icnitas. En cuanto a los restos fósiles encontrados en estos yacimientos, éstos se encuentran en condiciones de desgaste y erosión, pudiendo indicar que los restos han sido transportados por un cauce fluvial, originando así su alteración previa al enterramiento final. Finalmente, las cáscaras de huevo halladas se consideran alóctonas (Gasca *et al.* 2017), por lo que también es un indicador de la energía del medio, además de un medio más húmedo y de menor energía (llanura de inundación fluvial).

En los yacimientos LAD2 y LAD3, a diferencia de los anteriores, encontramos intercalaciones de arenisca con mayor predominio y espesor y unos pequeños niveles de conglomerados en la base de las series, posible indicador de cambios esporádicos en las condiciones hidráulicas; la presencia de cantos de mayor diámetro muestra una mayor energía de transporte, pudiendo coincidir con etapas de crecida del sistema hidráulico para, posteriormente, quedarse expuestos debido a la bajada de esas condiciones.

Por otra parte, en los yacimientos LAD6 y LAD6B la presencia de arenisca también es mayor junto con los niveles de conglomerado (de manera similar a los yacimientos LAD2 y LAD3) por lo que ambos yacimientos serían el mismo nivel lateralmente (Gasca *et al.* 2015). La presencia de ostreidos y ripples podría indicar influencia marina en periodos puntuales. La misma alternancia entre limos y arenas vuelven a indicarnos la fluctuación en las condiciones energéticas de la descarga hidráulica.

Así, de forma general se interpreta que era un medio aluvial – fluvial con época de menor energía, representados en las columnas por los depósitos lutíticos masivos o con laminación horizontal, y de mayor energía representados por depósitos arenosos – conglomeráticos con estratificación cruzada en surco, indicativos de rellenos de canal.

7.2 DISCUSIÓN PALEONTOLÓGICA

7.2.1 LAD6/1

LAD6/1 se interpreta el resto como una vértebra dinosaurio debido a sus grandes dimensiones y a que presenta una forma de reloj de arena (en vista lateral) bien visible por la parte anterior, un canal neural de sección subcircular relleno de sedimento, y la base de la espina neural. Más concretamente podría tratarse de una vértebra caudal (vértebras de la cola) media – distal puesto que, de forma general, las vértebras desde la zona cervical a la parte caudal van pasando de un centro vertebral más alto que largo a uno más largo que alto hacia las últimas vértebras caudales. Es por esto por lo que se interpreta que se trata de una vértebra caudal y no una cervical o dorsal.

Teniendo sólo el centro vertebral casi completo este resto podría pertenecer a cualquier tipo de dinosaurio puesto que son partes comunes a cualquier vértebra. Para poder determinar a qué grupo pudo pertenecer se han realizado comparaciones, en cuanto a forma y tamaño, con otro tipo de restos postcraneales (vértebras), para así poder caracterizarlo.

- **ORNITISCHIA:** Las comparaciones realizadas con vértebras caudales como: a) vértebras PS-TBMV (6 a 8) de *Iguanodontidae* indet. (Torcida Fernández–Baldor *et al.* 2006); b) vértebras caudales MOR1 de *Styracosterna* indet. (Verdú *et al.*, 2019), y c) vértebras caudales MAP – 4708, MPZ 2014/437, MAP – 4707 (Gasca *et al.* 2015) demuestran que sus centros vertebrales eran “altos y subrectangulares” (Torcida Fernández-Baldor *et al.*, 2006). Por lo general, sus vértebras caudales suelen ser anficélicas, es decir, más altas que anchas, por lo que, con estas características, contrarias a la muestra de este trabajo, se descarta que perteneciese a un iguanodóntido.
- **SAUROPODA:** Además de su gran tamaño, las vértebras de los dinosaurios saurópodos presentan forámenes y fosas tanto en su centro vertebral como en la espina neural (Taylor y Wedel, 2021); puede observarse, además, procesos transversos unidos al centro vertebral (vértebras caudales OT – II, Torcida Fernández – Baldor *et al.*, 2008). En otras vértebras caudales como MPZ 2014/436 (Gasca y Canudo, 2015) también pueden observarse las fosas. En el caso de LAD6/1 no se observan estas estructuras en el centro vertebral, ni marcas donde pudieran estar. También se descarta que sea una vértebra caudal distal de un saurópodo debido a que en éstos son biconvexas (Wilson, 2002). Es por esto por lo que se descarta que pudiera pertenecer a un saurópodo.
- **THEROPODA:** Pese a que el resto estudiado en este trabajo sólo conserva el centro vertebral, la base de la espina neural y el relleno del canal neural, sí presenta más similitudes morfológicas con este orden de dinosaurios. Dentro del grupo se ha observado que podría estar relacionado con abelisáuridos (FMNH PR 2100, Méndez, 2014) (Fig. 25, izquierda), espinosáuridos (ML1190-26, ML1190-19 y ML1190-240 Mateus y Estraviz-López, 2022; 3ANA-83, 4ANA-69 y 5ANA-78, Santos – Cubedo *et al.*, 2023) (Fig. 25, derecha), además de otros terópodos (Motta *et al.*, 2016: Fig. 27; UCMP 37302, Marsh y Rowe, 2020) dentro del suborden Theropoda. El contexto temporal – paleogeográfico de la Formación Mirambel sería compatible con la asignación a un Tetanurae (de forma tentativa ante la falta de caracteres suficientemente diagnósticos).

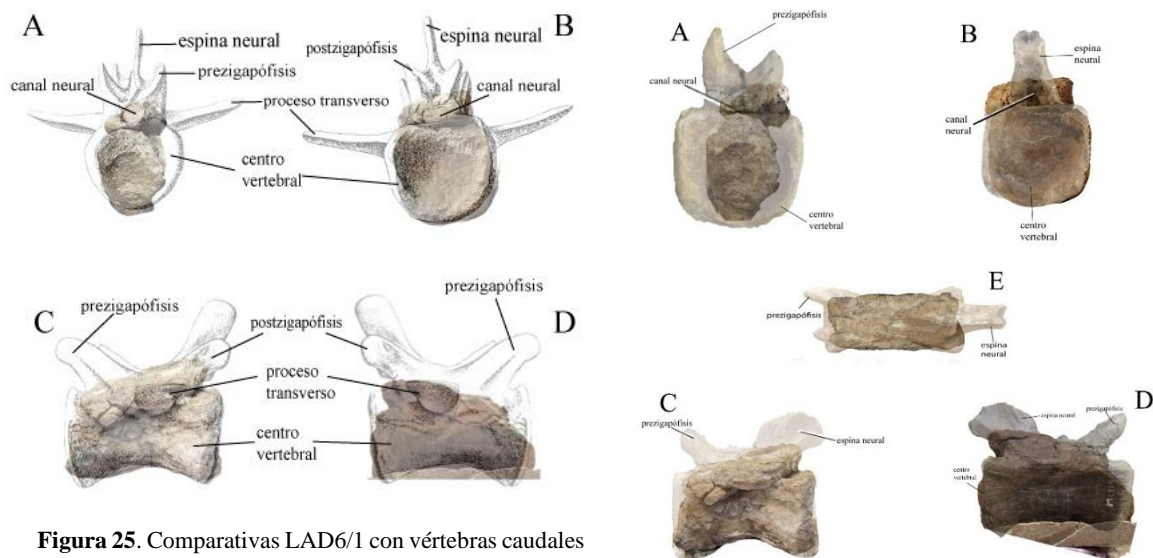


Figura 25. Comparativas LAD6/1 con vértebras caudales de otros terópodos. IZQUIERDA: *Allosaurus fragilis*, (Madsen, 1993). DERECHA: *Iberospinus natarioi* (Mateus y Estraviz-López, 2022) en vistas A) anterior, B) posterior, C) lateral izquierda, D) lateral derecha y E) dorsal.

7.2.2 LAD6/2

LAD6/2 presenta unas características que coinciden con las más generales de la mayoría de los *Crocodylomorpha*, siendo su dentición de tipo tecodonta, observando tan sólo la corona (faltando la raíz, bien sea por rotura o por ser una pieza de reemplazo). Pese a que este tipo de dentición también está presente en otros arcosaurios (pterosaurios y dinosaurios), también curvados lingualmente, ésta se distingue por no ser tan cónica y no presentar carenas distal y mesial marcadas. Además, está presente en muchas especies de cocodrilos de diferentes edades, como en otros reptiles, como por ejemplo plesiosaurios, mosasaurios o pterosaurios; por ello, al ser un ejemplar generalista y para poder asignarlo de forma correcta, hay que tener en cuenta que se trata de un resto del Barremiense de la Península Ibérica de depósitos continentales, por lo que podemos descartar opciones como los reptiles marinos (plesiosaurios y mosasaurios) y los pterosaurios al tenerlos más alargados y agudos (p.ej., Solonin et al., 2021) siendo éstos, además, escasos en el registro. Por su curvatura lingual hace descartar también a los dinosaurios (puesto que suelen presentar dentículos con forma de sierra en las carenas). Así, por descarte, asignamos esta pieza dental a un individuo relativamente robusto de *Crocodylomorpha*.

8. CONCLUSIONES

La Formación Mirambel muestra una gran evidencia de registros en el entorno del anticlinal de Ladruñán, los cuales están comprendidos por restos óseos de animales terrestres, como dinosaurios (terópodos, saurópodos y ornitópodos), como de animales semiacuáticos (cocodrilos). Se han encontrado distintos tipos de registros, como huellas, restos óseos, piezas dentarias y cáscaras de huevo, lo que ha permitido reconstruir el medio en el Barremiense inferior en el anticlinal de Ladruñán (Fig. 26).

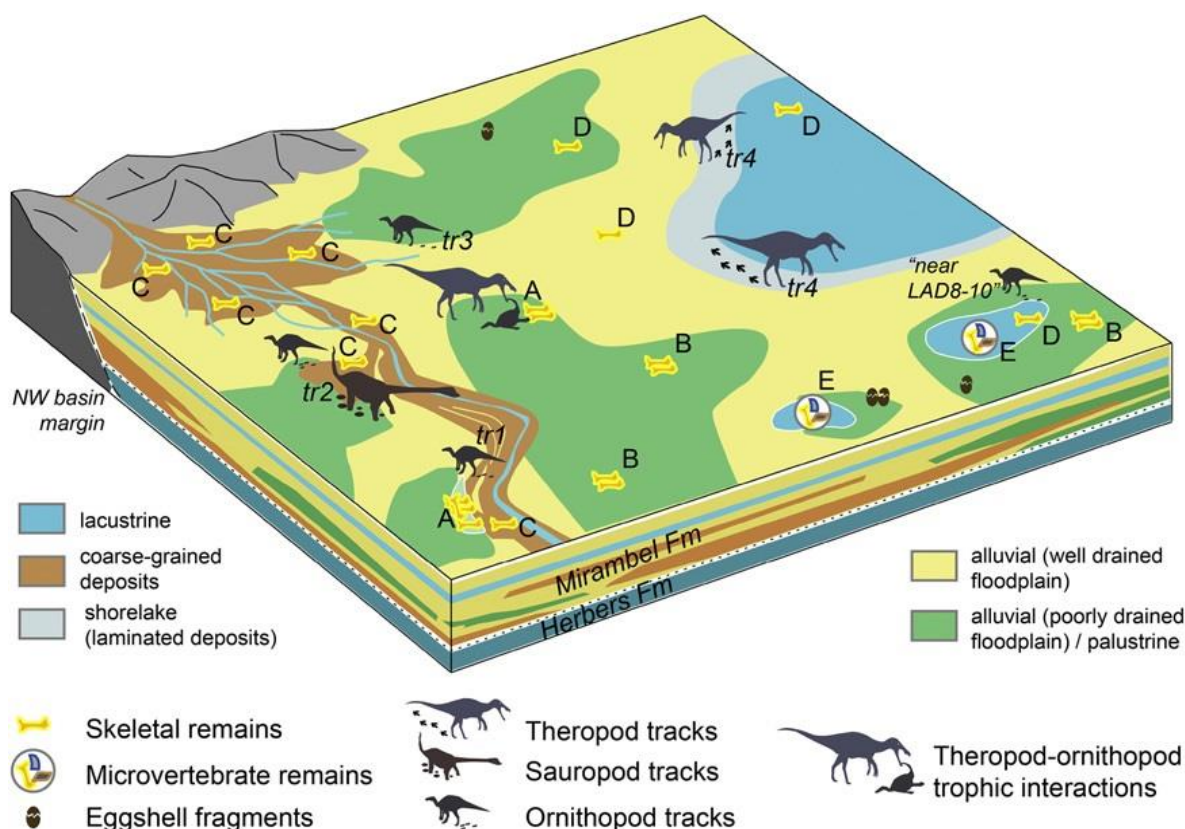


Figura 26. Reconstrucción del sistema aluvial – lacustre de la Formación Mirambel en el área de Ladruñán. Imagen extraída de Gasca *et al.*, 2017.

El registro estratigráfico nos muestra que la Formación Mirambel comienza una vez terminada una época lacustre (Formación Herbers), iniciándose con un sistema que muestra una subida y bajada repetitiva en las condiciones energéticas hidráulicas del medio, indicando así un sistema aluvial – fluvial. Este sistema se dispone de manera que presenta un área proximal de mayor energía que, posteriormente, pasa a sectores más distales con cursos fluviales meandríformes. Estos cauces registran las migraciones de canales y el paso de sectores activos a inactivos (intercalaciones de areniscas y lutitas).

Así mismo, los restos óseos no se encuentran articulados ni completos en ninguno de los casos, lo que podría indicar la influencia de las condiciones sedimentarias (cursos fluviales y llanuras aluviales) propias de la formación en la preservación de los fósiles; en cambio, las icnitas indicarían que, durante la fase de producción de huellas, se trataría de zonas poco profundas o expuestas y de baja energía (condiciones que ayudaría a su conservación), con épocas donde los aportes arenosos de los cursos fluviales ayudarían a la conservación de dichas huellas. Además, teniendo en cuenta el resto de *Crocodylomorpha* (seres semiacuáticos), éste indicaría un paleoambiente donde la presencia de agua y condiciones húmedas fueron necesarias.

No encontrar lechos óseos con concentraciones sino hallar los restos aislados, como en el caso de LAD6/1 y otros como MPZ 2014/235, pone en evidencia que la sedimentación moderada del medio evitó que la concentración de huesos fuese significativa. Así, al encontrar los restos aislados en sedimento arenoso y fragmentados se interpreta que los restos fueron desarticulados y meteorizados, para posteriormente acumularse gracias al aporte de sedimento arenoso y el transporte hidráulico.

Por ello todo lo anterior, la Formación Mirambel en estos tres yacimientos representó sedimentación en un sistema aluvial – fluvial posiblemente con momentos de depósito en condiciones subacuosas y exposición subaéreas alternantes. Es un contexto paleoambiental coherente con el hecho de encontrar tanto restos de seres con hábitos semiacuáticos (cocodrilos) como terrestres (dinosaurios).

En cuanto al estudio paleontológico del resto LAD6/1, se muestra un centro vertebral, parte de la espina neural y el relleno del canal neural de un resto perteneciente al esqueleto postcraneal de un vertebrado de grandes dimensiones. Se trata de una vértebra caudal media – distal de un dinosaurio que, por sus dimensiones y similitudes, podría tratarse de un terópodo. Pese a sus roturas y estado (en parte deformado) se han realizado dos reconstrucciones bajo criterio personal (anexos V y VI) sobre cómo podría verse si todo el resto se hubiera conservado. Aun así, resulta complicado su precisa reconstrucción y clasificación al no disponer de elementos indicativos de más partes de la vértebra, como podrían ser la espina neural completa, las cigapófisis o los procesos transversos. Pese a ello, teniendo en cuenta el lugar, edad de depósito y atendiendo al registro, esta vértebra se podría relacionar con un terópodo tetanuro basal, puesto que los registros de los terópodos son los más abundantes (con relación a edad, ambiente y situación) (Gasca et al. 2017), como *Camarillasaurus cirugedae* (Sánchez-Hernández y Benton, 2014; Rauhut *et al.*, 2019) o Baryonichinae indet. (Infante *et al.*, 2005), entre otros. Así se establece tentativamente que el resto pertenece a un terópodo tetanuro (Tetanurae indet.).

En cuanto al resto dentario (LAD6/2), su descripción e imagen se asemeja mucho a otros descritos en otros trabajos (Gasca et al., 2011; Ruiz-Omeñaca, et al.; 2010, Puértolas-Pascual et al. 2012), pero atendiendo a su edad y ambiente, es muy probable que este tipo de diente se corresponda con el género *Goniopholis* sp. (Puértolas-Pascual et al., 2015).

9. BIBLIOGRAFÍA

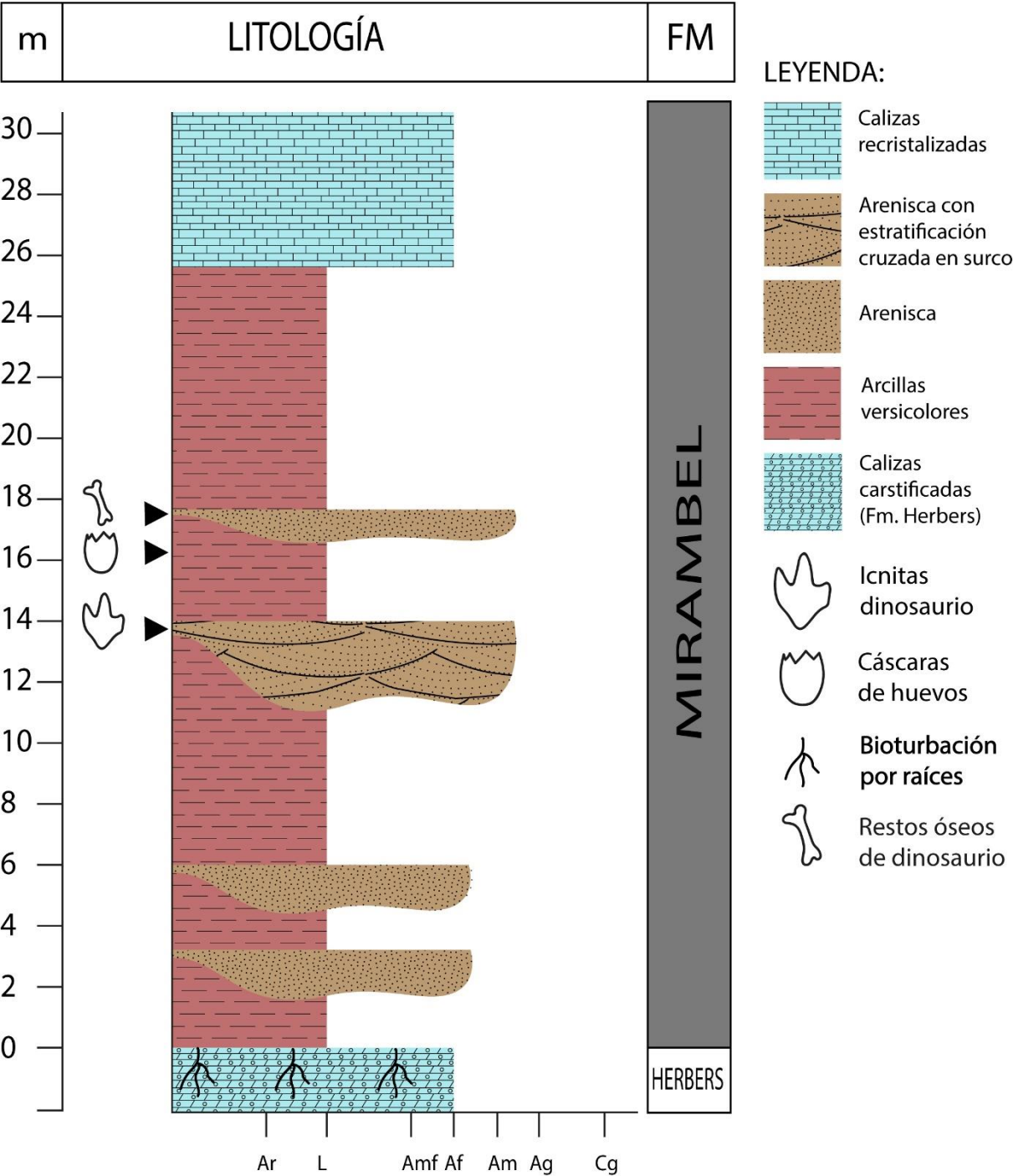
- Bauluz, B., Gasca, J.M., Moreno – Azanza, M., Canudo, J.I. (2014). Unusual replacement of biogenic apatite by aluminium phosphate phases in dinosaur teeth from the Early Cretaceous of Spain. *Lethaia* 47: 556 – 566. <https://doi.org/10.1111/let.12081>
- Canudo, J.I., Gasca, J.M., Aurell, M., Badiola, A., Blain, H.A., Cruzado-Caballero, P., Gómez-Fernández, D., Moreno-Azanza, M., Parrilla, J., Rabal-Garcés, R., 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.
- Castanera, D., Díaz-Martínez, I., Moreno-Azanza, M., Canudo, J.I., Gasca, J.M. (2016). An overview of the Lower Cretaceous dinosaur tracksites from the Mirambel Formation in the Iberian Range (NE Spain). *Cretaceous Period: Biotic Diversity and Biogeography. New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 71. 65 – 74.
- Gasca, J.M. (2011). Conociendo a los dinosaurios de Ladruñán. Revista del Centro de Estudios del Maestrazgo Turolense (CEMAT) (*Revista Peirón*). 2011, nº 21, p. 16 – 22.
- Gasca, J.M., Badiola, A., Canudo, J.I., Moreno-Azanza, M., Puértolas, E. (2011). La asociación de vertebrados fósiles del yacimiento Pochancalo 1 (Valanginiense – Hauteriviense, Villanueva de Huerva, Zaragoza, España). *Actas de V Jornadas Internacionales sobre Paleontología de Dinosaurios y su Entorno, Salas de los Infantes, Burgos*. 159 – 172.
- Gasca, J.M., Canudo, J.I., Moreno-Azanza, M. (2014). A large-bodied theropod (Tetanurae: Carcharodontosauria) from the Mirambel Formation (Barremian) of Spain. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* 273/1 (2014). 13-23.
- Gasca, J.M., Canudo, J.I. (2015). Sobre la presencia de Sauropoda (Dinosauria) en la Formación Mirambel (Barremiense inferior, Teruel, España). *Geogaceta*, 57. 59 – 62.
- Gasca, J.M., Ramón, D., Moreno-Azanza, M., Canudo, J.I. (2015). Fósiles aislados de dinosaurios ornitópodos (Iguanodontia) en la Formación Mirambel (Cretácico Inferior, Teruel, España). *Geogaceta*, 57. 63 – 66.
- Gasca, J.M., Moreno–Azanza, M., Bádenas, B., Díaz-Martínez, I., Castanera, D., Canudo, J.I., 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. 192 – 202.
- Holliday, C., Gardner, N. (2012). A new Euruchian Crocodyliforms with Novel Cranial Integument and its significance for the Origin and Evolution of Crocodylia. *PLoS ONE* 7 (1): e30471. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030471>.
- Infante, P., Canudo, J.I., Ruiz-Omeñaca J.I. (2005). Primera evidencia de dinosaurios terópodos en la Formación Mirambel (Barremiense inferior, Cretácico inferior) en Castellote, Teruel. *Geogaceta*, 38. 31–34.
- Madsen, JR.J.H (1993). *Allosaurus fragilis*: a revised osteology. *Bulletin* 109. *Utah Geological Survey*. Reprinted 1993.
- Marsh, A.D., Rowe, T.B. (2020). A comprehensive anatomical and phylogenetic evaluation of *Dilophosaurus wetherilli* (Dinosauria, Theropoda) with descriptions of new specimens from the Kayenta Formation of northern Arizona. *Journal of Paleontology, Volume 94, Memoir* 78, 2020. 1-103.

- Martín-Closas, C. y Grambast-Fessard, N. 1986. Les charophytes du Crétacé inférieur de la région du Maestrat (Chaîne Iberique, Catalanides, Espagne). *Paléobiologie Continentale*, 15, 1-66.
- Mateus O., Estraviz-López, D. (2022). A new theropod dinosaur from the early cretaceous (Barremian) Of Cabo Espichel, Portugal: Implications for spinosaurid evolution. *PLoS ONE* 17(2): e0262614. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262614>.
- Méndez, A.H. (2014). The caudal vertebral series in abelisaurid dinosaurs. *Acta Palaeontologica Polonica* 59 (1): 99-107.
- Moreno-Azanza, M., Canudo, J.I., Gasca, J.M. (2015). Enigmatic Early Cretaceous ootaxa from the Western Europe with singals of extrinsic eggshell degradation: *Cretaceous Research*, 56. 617–627.
- Motta, M.J., Aranciaga Rolando, A.M., Rozadilla, S., Agnolín, F.E., Chimento, N.R., Brissón Egli, F., Novas, F.E. (2016). New theropod fauna from the Upper Cretaceous (Huincul Formation) of northwestern Patagonia, Argentina. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 71. 231-253.
- Puértolas-Pascual, E., Moreno-Azanza, M., Canudo, J.I. (2012). Primer registro de un cocodrilomorfo (Neosuchia, Goniopholididae?) en la Formación Escucha (Albiense inferior) de la mina Corta Barrabasa (Teruel). *X Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología*. 94 – 96.
- Rauhut, O.W.M., Canudo, J.I., & Castanera, D. (2019). A reappraisal of the Early Cretaceous theropod dinosaur Camarillasaurus from Spain. In *European Association of Vertebrate Paleontologists (EAVP) (Ed.), Program and Abstracts XVII Conference of the EAVP* (pp. 96), Brussels: EAVP.
- Riveline, J., Berger, J.-P., Feist, M., Martin-Closas, C., Schudack, M., Soulie-Maersche, I. (1996). European Mesozoic-Cenozoic charophyte biozonation. *Bulletin de la Société géologique de France* 167. 453–468
- Ruiz-Omeñaca, J. I. (2011). *Delapparentia turolensis* nov. gen et sp., un nuevo dinosaurio iguanodontoideo (Ornithischia: Ornithopoda) en el Cretácico Inferior de Galve. *Estudios Geológicos*, 67 (1), 83–110.
- Ruiz-Omeñaca, J.I. (2006). Restos directos de dinosaurios (Mauricia, Ornithischia) en el Barremiense (Cretácico Inferior) de la Cordillera Ibérica en Aragón (Teruel, España). *Tesis doctoral de la Universidad de Zaragoza*, 432 pp.
- Ruiz-Omeñaca, J.I., Pereda, X., Company, J., Belinchón, M. (2010). Dientes de arcosaurio (Crocodyliformes, Theropoda) del Jurásico Superior de Buñol (Valencia). *Geogaceta*, 48. 79 – 82.v
- Salas, R., Casas, A. (1993). Mesozoic extensional tectonics, stratigraphy and cristal evolution during the Alpine cycle of the Eastern Iberian Basin. *Tectonophysics*. 228. 33 – 55.
- Salas, R., Guimerá, J. (1996). Rasgos estructurales principales de la cuenca cretácica inferior del Maestrazgo. *Geogaceta*, 20 (7). 1704 – 1706.
- Salas, R., Guimerà, J., Mas, R., Martín-Closas, C., Meléndez, A., Alonso, A. (2001). Evolution of the Mesozoic Central Iberian Rift System and its Cainozoic inversion (Iberian Chain). *Mém. Museum Natl. Hist. Nat. Peri-Tethys Mem.* 6, 145 – 186.
- Sánchez-Hernández, B., & Benton, M. J. (2014). Filling the ceratosaur gap: A new ceratosaurian theropod from the Early Cretaceous of Spain. *Acta Palaeontologica Polonica*, 59(3), 581–600.
- Santos – Cubedo, A., de Santisteban, C., Poza, B., Meseguer, S. (2023). A new spinosaurid dinosaur species from the Early Cretaceous of Cinctorres (Spain). *Scientific reports* 13, Article number: 6471. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-33418-2>

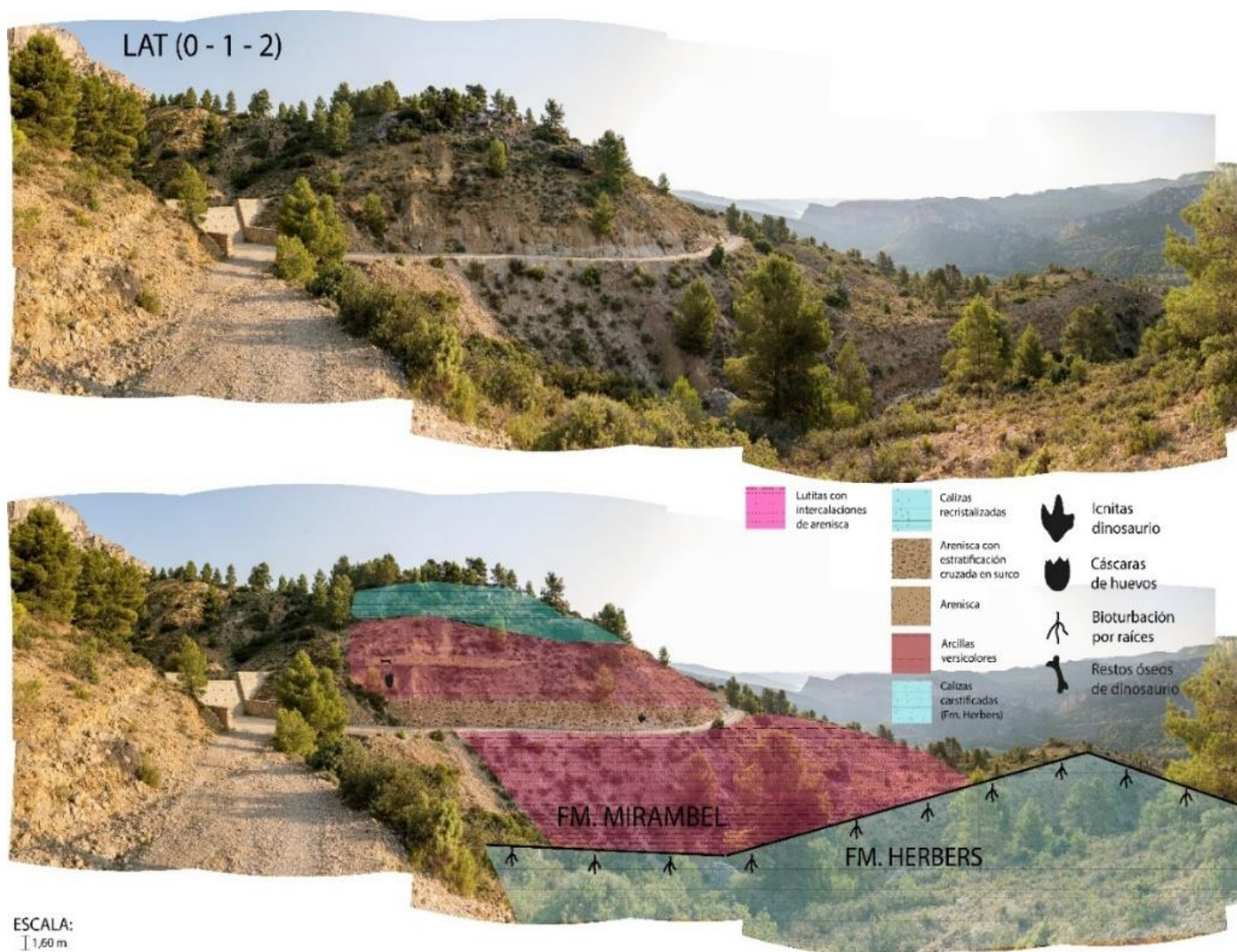
- Sanz, J.L., Buscalioni, A.D., Casanovas, M.-L., Santafé, J.-V. (1987). Dinosaurios del Cretácico inferior de Galve (Teruel, España). *Estudios geol., vol. extr. Galve-Tremp*, 45-64
- Smith, J. B., & Dodson, P. (2003). A proposal for a standard terminology of anatomical notation and orientation in fossil vertebrate dentitions. *Journal of Vertebrate paleontology*, Vol. 23(1). 1-12.
- Solonin, S.V., Martill, D.M., Smith, R.E., Vodoretsov, A.V. 2021. First occurrence of ornithocheirid pterosaur teeth in the Dmitrov Formation (Santonian) of Ryazan Oblast, Russia. *Cretaceous Research* 127 (2021) 104943.
- Taylor, M., Wedel, M. (2021). Why is vertebral pneumaticity in sauropod dinosaurs so variable? *Qeios*, CC-BY 4.0.
- Torcida Fernández-Baldor, F., Izquierdo Montero, L.A., Contreras Izquierdo, R., Huerta, P., Montero Huerta, D., Pérez Martínez, G., Urién Montero, V. (2006). Un dinosaurio “iguanodóntido” del Cretácico Inferior de Burgos (España). *III Jornadas Internacionales sobre Paleontología de Dinosaurios y su Entorno*. 349 – 363.
- Torcida Fernández-Baldor, F., Canudo, J.I., Huerta, P., Izquierdo Montero, L.A., Montero Huerta, D., Contreras Izquierdo, R., Pérez Martínez, G., Urién Montero, V. (2008). Primeros datos sobre las vértebras caudales del saurópodo de El Oterillo II (Formación Castrillo de la Reina, Barremiense superior – Aptiense, Cretácico Inferior, Sala de los Infantes, España. *Actas de las IV Jornadas Internacionales sobre Paleontología de Dinosaurios y su Entorno. Sala de los Infantes, Burgos*. 311-319.
- Vera Torres, J.A. (1994). Estratigrafía. Principios y métodos. Editorial Rueda, Madrid. 133 – 154.
- Verdú, F.J., Cobos, A., Royo – Torres, R. Alcalá, L. (2019). Diversity of large ornithomimid dinosaurs in the Upper Hauterivian – lower Barremian (Lower Cretaceous) of Teruel (Spain): a morphometric approach. *Spanish Journal of Palaeontology*, 34 (2), 269 – 288.
- Willson, J.A. (2002). Sauropod dinosaur phylogeny: critique and cladistic analysis. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 136, 217 – 276.

10. ANEXOS

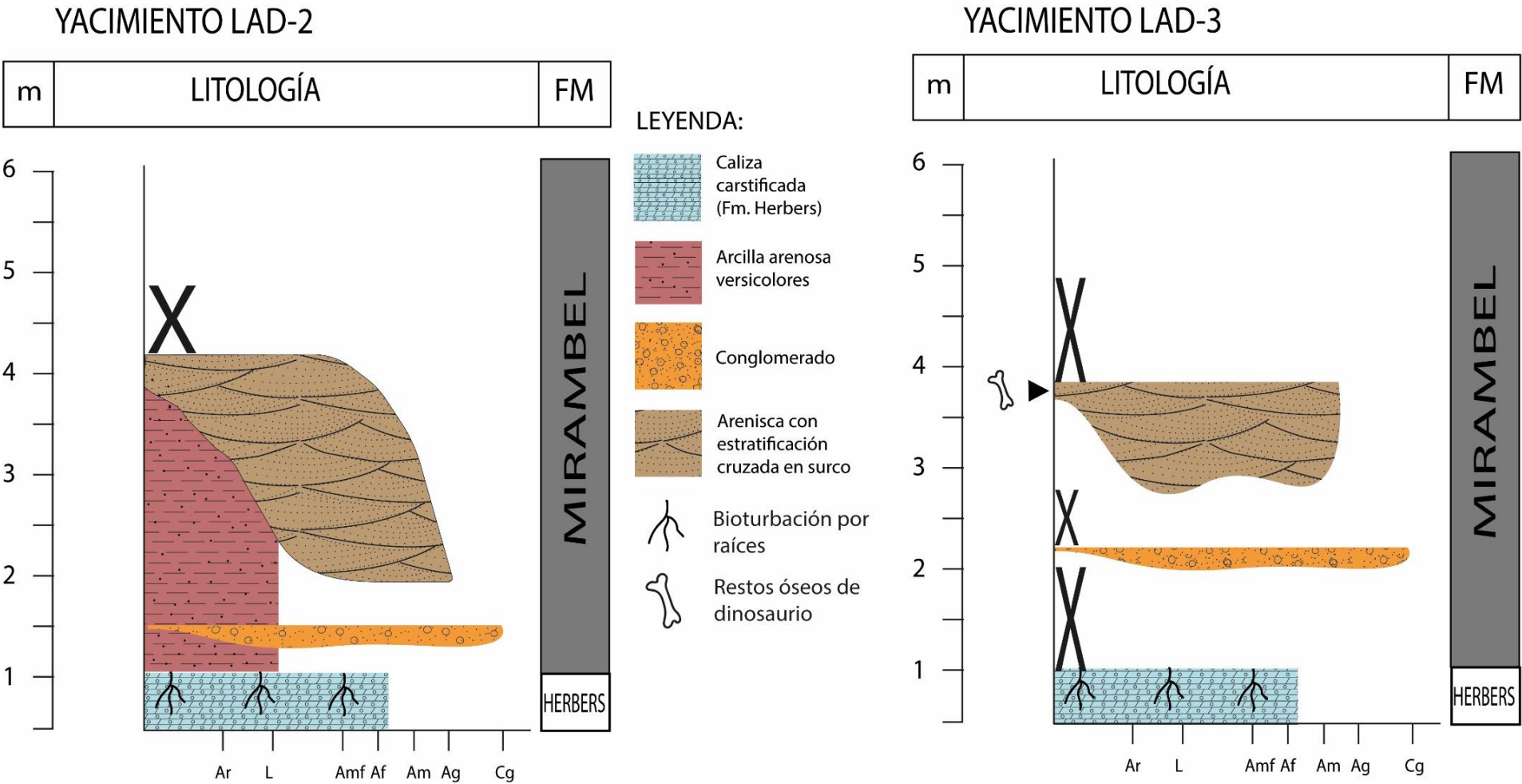
Anexo I. Columna estratigráfica del yacimiento LAT (0 – 1 – 2)



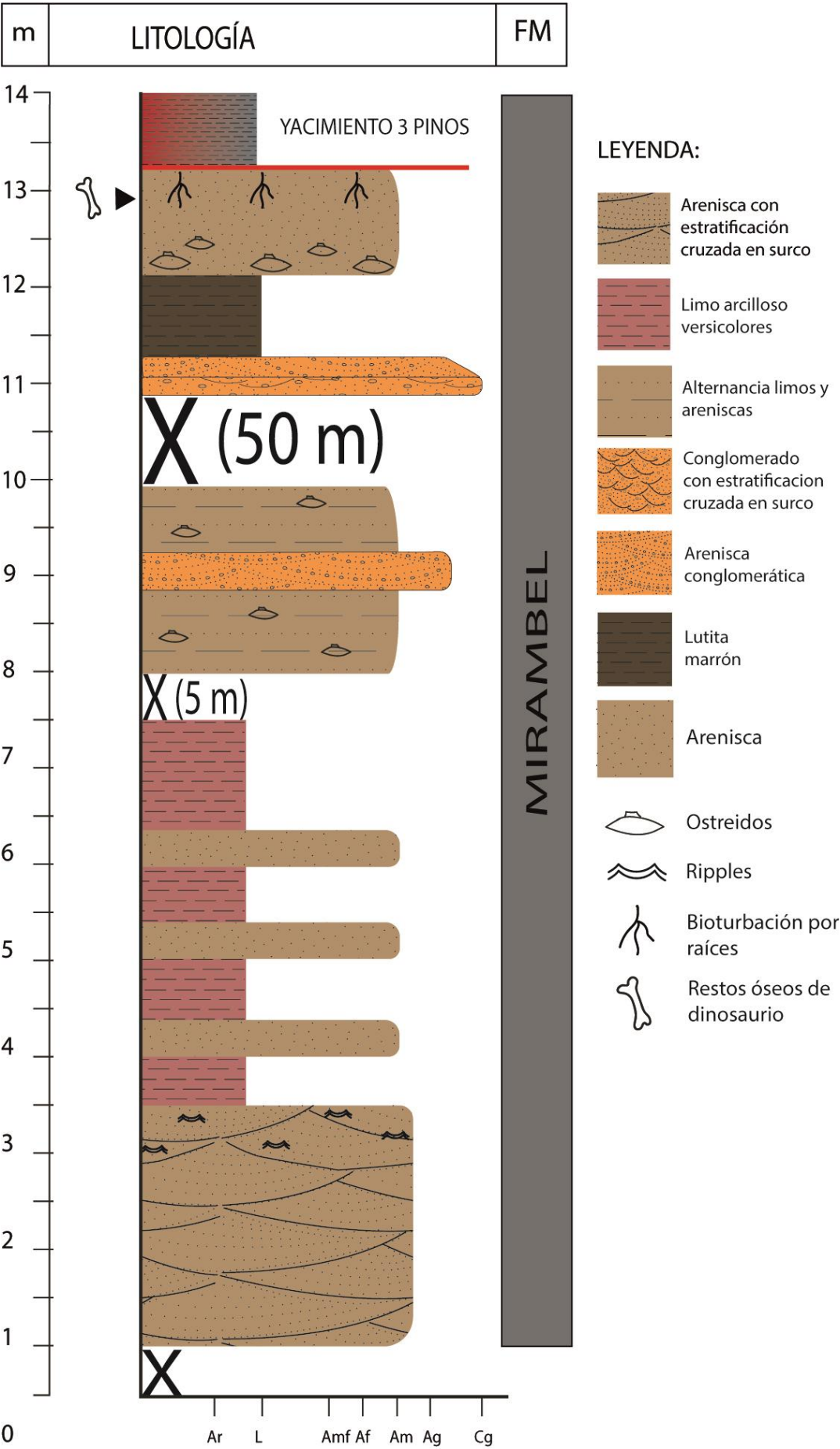
Anexo II. Yacimiento LAT (0 - 1 - 2)



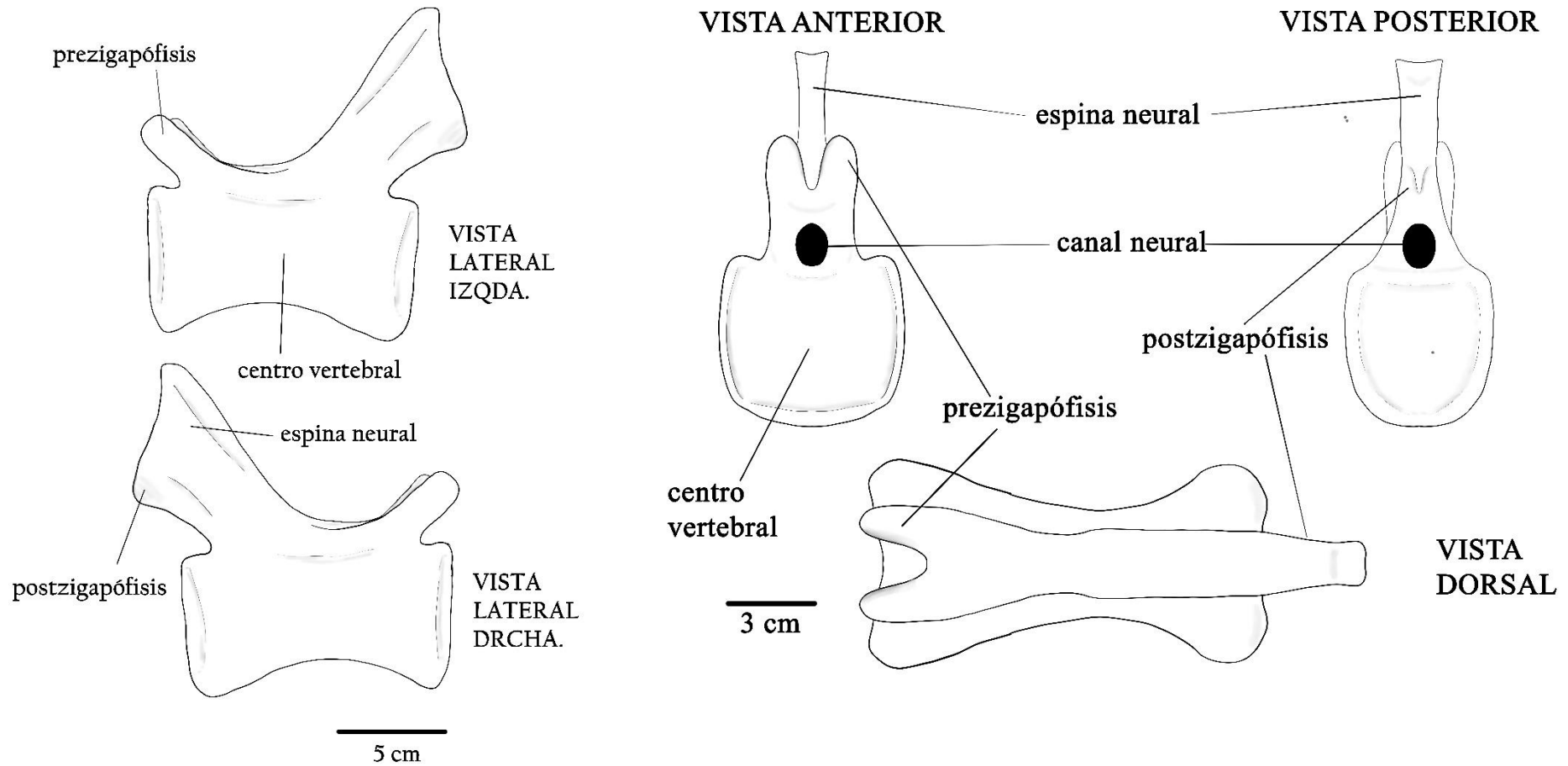
Anexo III. Columnas estratigráficas de los yacimientos LAD2 y LAD3



Anexo IV. Columna estratigráfica de yacimientos LAD6 y LAD6B

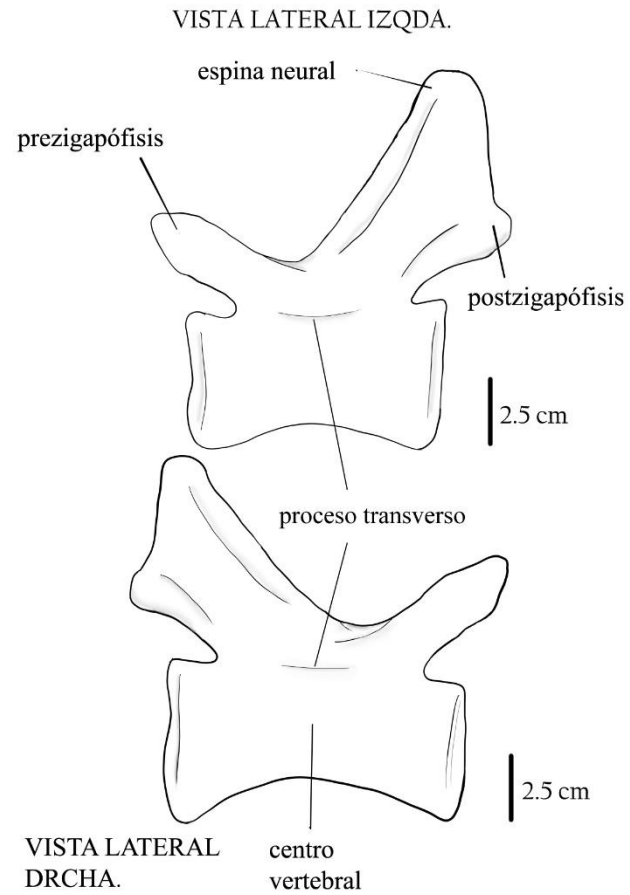


Anexo V. – Reconstrucción 1, vértebra LAD6/1

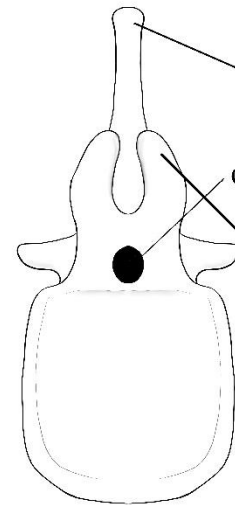


Basado en *Iberospinus natariol* (Mateus y Estraviz – López, 2021)

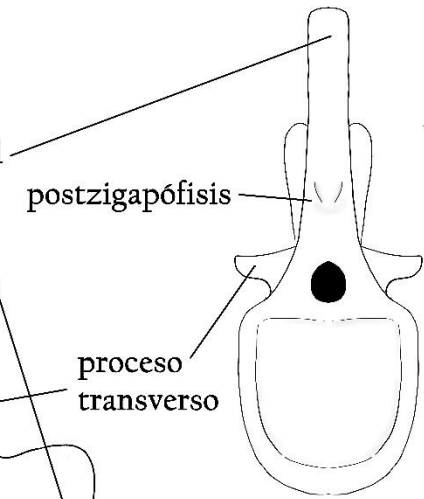
Anexo VI. – Reconstrucción 2, vértebra LAD6/1



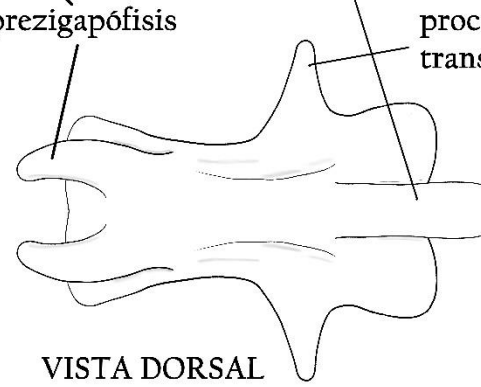
VISTA ANTERIOR



VISTA POSTERIOR



VISTA DORSAL



Basado en *Allosaurus fragilis* (Madsen, 1993).