



Universidad
Zaragoza

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Estudio paleohistológico y fosildiagenético de los fósiles de
vertebrados de la Formación Escucha

(Albiense, Cretácico inferior, Teruel)

*Paleohistological and fosildiagenetic study of vertebrate fossils of
the Escucha formation (Albian, Early Cretaceous, Teruel)*

Autora

Ángela Llorente Bailo

Directores

José Ignacio Canudo Sanagustín

Blanca Bauluz Lázaro

Facultad de Ciencias. Departamento de Ciencias de la Tierra

2023/2024

ÍNDICE

RESUMEN:	3
ABSTRACT:	3
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Planteamiento y objetivos	4
2. ANTECEDENTES	4
2.1. El carbón en Teruel	4
2.2. Los dinosaurios ornitópodos	5
2.3. Los yacimientos	6
2.3.1. Corta Barrabasa	6
2.3.2. Mina de Ariño.....	6
3. CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO	6
3.1. Contexto geográfico	6
3.2. Contexto geológico	7
3.2.1. Subcuenca de Oliete	7
3.2.2. Formación Escucha	8
4. METODOLOGÍA	9
4.1. Muestras estudiadas	9
5. NOMENCLATURA PALEOHISTOLÓGICA	9
6. RESULTADOS	12
6.1. Estudio por microscopía óptica de luz transmitida	12
6.1.1. Mina Corta Barrabasa	12
6.1.2. Mina de Ariño.....	16
7. DISCUSIÓN	20
8. CONCLUSIONES	21
9. BIBLIOGRAFÍA	23
10. ANEXOS	26

RESUMEN:

El presente trabajo se plantea como un estudio y descripción de la paleohistología y de la historia fosildiagenética de una serie de huesos fósiles de diferentes vertebrados, pertenecientes a los yacimientos situados en la mina Corta Barrabasa (Andorra, Teruel) y en la mina Santa María de Ariño (Ariño, Teruel), de edad Albiense (Cretácico Inferior).

El estudio paleohistológico se ha realizado mediante el análisis de 18 láminas delgadas, de 60 y 80 micras de espesor, obtenidas a partir de cortes, tanto transversales como longitudinales, de 10 restos óseos de diversos vertebrados. Por otro lado, se ha abordado la historia fosildiagenética de estos huesos, tratando de identificar las fases minerales que hay conservadas en estos, para posteriormente ordenarlas cronológicamente, y finalmente, identificar los procesos que han sufrido los restos orgánicos e inorgánicos desde su enterramiento hasta el momento de su extracción de la matriz.

El estudio por microscopio petrográfico ha permitido describir los diferentes tejidos y estructuras óseas observables en las láminas, así como los diferentes minerales identificables en las mismas.

Tras la realización de este estudio se ha podido concluir que, en primer lugar, la elevada presencia de carbón se debe a la acumulación y descomposición de materia orgánica en un ambiente de manglares. Este ambiente podía ser un hábitat permanente para alguna de las especies estudiadas, mientras que para otras podía ser un lugar de paso. Por otro lado, las condiciones asociadas, favorecieron la formación de los minerales más observados en las láminas, como es el caso de la pirita, asociada a la liberación de azufre. Se asocia a la mayoría de los individuos como ornitópodos, posiblemente a una especie de iguanodóntido. El estudio ontogenético permite inferir que la mayoría de los individuos son adultos o juveniles, con alguna excepción de individuo perinatal.

Palabras clave: Albiense, Formación Escucha, Vertebrata, fosildiagénesis.

ABSTRACT:

The present work is proposed as a study and description of the paleohistology and fossil diagenetic history of a series of fossil bones of different vertebrates from the sites situated in Corta Barrabasa mine (Andorra, Teruel) and Santa María de Ariño (Ariño, Teruel) of Albian age (Lower Cretaceous).

The paleohistological study has been carried out by the analysis of 18 thin sections (60 and 80 microns), obtained from cuts, transverse and longitudinal, of 10 skeletal remains of different vertebrates. In addition, fossil diagenetic history of these bones has been addressed, trying to identify the mineral phases that are preserved, to later order them chronologically, and identify the processes that have affected the remains from their burial until the moment of the extraction.

The study by petrographic microscope has allowed to describe the different tissues and bone structures, as well as the identifiable minerals.

After the completion of this study, it has been concluded that, in the first place, the high presence of coal is produced by the accumulation and decomposition of organic tissue in mangroves environment. This could be a permanent habitat for some of the investigated species, while for others it could be a place of passage. On the other hand, the associated

conditions, stimulated the formation of the minerals that appear the most on the slides, as the case of pyrite, which is related to the liberation of sulfur. It is connected to most of the individuals as ornithopods, possibly to an iguanodontid species. Ontogenetical research allows to infer that most of the individuals are juvenile or adults, with the exception of some perinatal ones.

Keywords: Albian, Escucha Formation, Vertebrata, fossilization

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento y objetivos

Esta memoria se corresponde con un Trabajo de Fin de Grado (TFG) del Grado universitario en Geología, de la Universidad de Zaragoza. Se encuentra relacionado con dos de las disciplinas impartidas por las distintas áreas de conocimiento de este departamento; paleontología y mineralogía. El TFG es de carácter individual y refleja los conocimientos y competencias adquiridos durante el desarrollo del grado.

El objetivo principal que se persigue con este trabajo de investigación es realizar el estudio paleohistológico de los restos óseos procedentes de dos yacimientos de edad Albiense (Cretácico Inferior) en Andorra y Ariño (Teruel), abordando diferentes aspectos como pueden ser el crecimiento y la edad de los individuos, y, por otro lado, el análisis fosildiagnóstico de los fósiles.

Actividades que desarrollar para alcanzar los objetivos:

- Búsqueda bibliográfica sobre los yacimientos y otros antecedentes que ayuden a situar el trabajo en un marco espacial y temporal, como el carbón y la paleontología en Teruel.
- Realizar un estudio de investigación geológica completo.
- Estudio paleohistológico de los restos de dinosaurios ornitópodos y de quelonios a partir de microscopía óptica para la identificación de estructuras óseas y minerales.
- Análisis de las diferentes fases minerales de los huesos para identificar posibles procesos diagénéticos sufridos por los mismos.

2. ANTECEDENTES

2.1. El carbón en Teruel

La Cordillera Ibérica se conforma por una gran variedad de formaciones pertenecientes al Mesozoico, entre las que se encuentran la Formación Utrillas y la Formación Escucha, de edad Albiense (Cretácico Inferior). Dentro de estas formaciones se encuentran las capas de carbón, importantes desde el punto de vista industrial por su aprovechamiento (Albéniz,1993).

Este interés industrial de las capas de carbón contenidas en la Formación Escucha, llevó a nombrar una unidad geológica y minera propia para ellas, "La Cuenca Minera de Teruel.

Dicha formación se conforma por tres miembros, dentro de los cuales, la calidad del carbón varía en función de su carácter sedimentario (Albéniz, 1993).

Por otro lado, fue la acumulación de masa vegetal en un ambiente reductor y de baja energía, lo que hizo que hoy en día abunden estas capas de carbón dentro del intervalo intermedio de la SSI (Rodríguez-López et al., 2009)

2.2. Los dinosaurios ornitópodos

Los dinosaurios se dividen en dos órdenes distintas: saurisquios (“pelvis de reptil”) y ornitisquios (“pelvis de ave”). Los dos órdenes se distinguen por la posición y forma de los huesos de la pelvis (Figura 1), de forma que en los saurisquios el pubis se proyectaba hacia delante y el isquion hacia la parte posterior, mientras que en los ornitisquios lo hacía hacia atrás, alineado con el isquion (Wheishampel et al., 2004). Dentro de la orden de los ornitisquios es donde se sitúa la suborden de los ornitópodos (“pie de ave”).

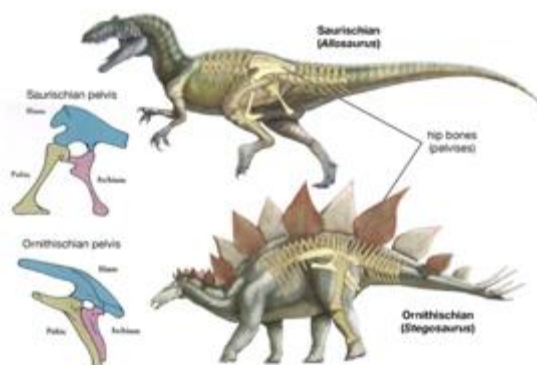


Figura 1. Comparación de la pelvis de los dinosaurios saurisquios y ornitisquios. De Britannica y *Everything Dinosaur*. Tomada de dr.neurosaurus.com

Los ornitópodos eran dinosaurios que tenían pies con tres dedos, fitófagos y bípedos, aunque algunos adoptaban una postura cuadrúpeda. Los restos de estos dinosaurios son abundantes en el Cretácico Inferior de la Península Ibérica, siendo la mayoría, los relacionados con los “Iguanodontidae”, seguido por los hipsilofodóntidos y driosáuridos (Canudo, Ruiz-Omeñaca, 2004). Siguiendo a Cuenca et al., (1999) los iguanodóntidos son los ornitópodos mejor representados en el Cretácico Inferior, al igual que los hipsilofodóntidos, mientras que en el Cretácico Superior abundan los hadrosaurios.

Los primeros restos de ornitópodos en España fueron hallados por Vilanova y Piera (1872) y fueron asignados a *Iguanodon mantelli*, procedentes de los lignitos de Utrillas, es decir, el límite entre Aptiense-Albiense que se encuentra dentro de la Formación Escucha (Aguilar et al., 1971; Alcalá et al., 2012). A partir del año 2010 la formación adquiere una mayor importancia debido al aumento de campañas de excavación llevadas a cabo por la Fundación Dinópolis en Ariño con la colaboración de la empresa SAMCA (Alcalá et al., 2012), donde se hallaron numerosos restos óseos de ornitópodos (Alcalá et al., 2017).

2.3. Los yacimientos

Los restos fosilíferos óseos a partir de los cuales se ha realizado este trabajo proceden de los yacimientos situados en la mina de Corta Barrabasa (Andorra, Teruel) y en la mina Santa María de Ariño (Ariño, Teruel).

2.3.1. Corta Barrabasa

La mina de Corta Barrabasa se sitúa en el val de Ariño, concretamente, entre las localidades de Andorra y Ariño. Se trata de una mina de carbón (lignito) a cielo abierto propiedad de ENDESA. Su periodo de producción fue de 1986 a 2002, año de cierre tras el cual se realizaron una serie de operaciones de restauración. En lo que concierne al yacimiento, este se sitúa en la Formación Escucha (Cretácico Inferior, Albiense). Alquézar, (2013).

2.3.2. Mina de Ariño

El material proceden de las minas de Ariño, pero se desconoce su localización exacta. La mina Santa María de Ariño es la que tiene mayor importancia de esta localidad. En los últimos años se han encontrado numerosos restos fósiles de vertebrados, por lo que suponemos que vienen de la mina Santa María de Ariño. Se sitúa en el val de Ariño y pertenece a la Comarca Andorra-Sierra de Arcos. Se trata de una mina de carbón (lignito) a cielo abierto del Grupo SAMCA, activa actualmente, con una extensión de 30 hectáreas aproximadamente. El yacimiento AR-1 (Alcalá et al., 2012, 2013, 2014) se sitúa en la Formación Escucha (Cretácico Inferior, Albiense inferior), concretamente, en la capa más baja de carbón, en la Sucesión Sedimentaria Inferior, SSI (Rodríguez-López et al., 2009), que tiene tres intervalos (Rodríguez-López et al., 2009).

3. CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

3.1. Contexto geográfico

Ambas minas se sitúan en el val de Ariño sobre la ladera meridional de la Sierra de Arcos. Corta Barrabasa en el municipio de Alloza, y Mina María en Ariño. Esta última se sitúa en una zona que pertenece al Parque Cultural del río Martín (Figura 2)

Mina Corta Barrabasa: 610 m.s.n.m. Latitud:41.0179. Longitud: -0.531006

Mina María: 593 m.s.n.m. Latitud: 41.035. Longitud: -0,56707



Figura 2. Situación geográfica de las minas María y Corta Barrabasa. Tomada de Directorio cartográfico de España.

3.2. Contexto geológico

3.2.1. Subcuenca de Oliete

Los materiales de la Formación Escucha que afloran en la mina Corta Barrabasa y en la Mina de Ariño se localizan geológicamente en la subcuenca de Oliete. Ésta forma parte de la Cuenca del Maestrazgo, dentro de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica, siendo una de las subcuencas del E de la península que se individualizaron en la segunda etapa de *rifting* (Salas y Casas, 2001). Se limita al N por la Cuenca del Ebro, al S por el cabalgamiento de Montalbán, al E por la Depresión de Calanda, y al NO por el cabalgamiento de Sierra de Arcos (Soria et al., 1997).

La subcuenca de Oliete (Figura 3) se desarrolla como consecuencia de la facturación de las plataformas carbonatadas asociadas a la Cuenca del Maestrazgo durante la segunda etapa del *rifting* (Salas y Guimerà, 1996; Soria, 1997; Soria et al., 2000). Junto a la subcuenca de Oliete se forman otras subcuencas también de carácter extensivo (Subcuenca de Galve y Las Parras entre otras).

La sedimentación durante este proceso (etapa *sinrift*) comienza en el Barremiense con el depósito de la Formación Blesa, de carácter continental (Soria, 1997; Soria et al., 1997; Meléndez et al., 2000) y seguidamente, desde el Barremiense superior hasta el Aptiense superior, con el depósito de las formaciones Alacón, Forcall y Oliete, de carácter marino (Soria et al., 1994; García-Penas et al., 2022). Por último, se depositó la Formación Escucha durante el Albiense inferior y medio, caracterizada por tener en su parte basal niveles de carbón explotables (Aguilar et al., 1971; Cervera et al., 1976; Pardo, 1979).

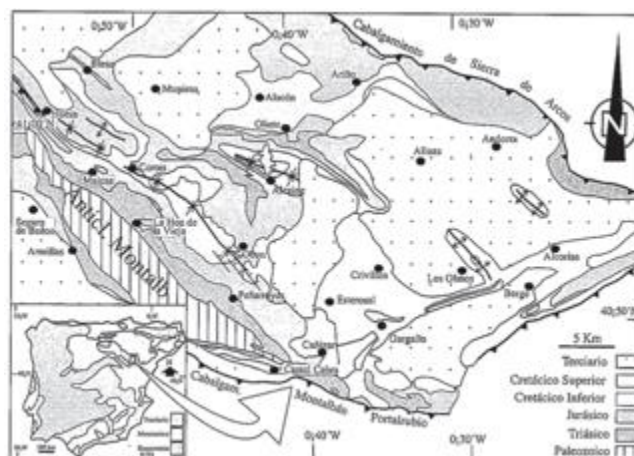


Figura 3. Situación y esquema geológico de la Subcuenca de Oliete. Tomada de Geogaceta, 22 (1997), 203-206.

3.2.2. Formación Escucha

La Formación Escucha fue definida inicialmente por Aguilar et al., (1971) y fueron Cervera et al., (1976) y Pardo (1979) quienes redefinieron y dividieron la formación en miembros. Es la última unidad depositada durante la segunda etapa de rifting del Sistema de Rift Ibérico (Salas y Casas, 1993).

La Formación Escucha representa el paso de un medio deltaico con influencia marina a un medio continental (Albéniz, 1993). Se divide en tres miembros (Cervera et al., 1976 y Pardo, 1979), nombrados de muro a techo: M-1 (medio mareal), M-2 (medio deltaico) y M-3 (medio fluvial). Inmediatamente encima se sitúa la Formación Utrillas, mientras que estratigráficamente por debajo se apoya en materiales de edad Cretácico y Jurásico (Querol, 1990). Dentro de estos tres miembros se han reconocido 19 capas de carbón agrupadas en 6 paquetes, todas ellas explotables en mayor o menor medida.

Por otro lado, la condición de que todos los miembros sedimentarios de la Formación Escucha se depositaran en medios tranquilos, propicia la acumulación de materia orgánica, lo que posteriormente origina las capas de carbón. (Albéniz, 1993)

Los primeros estudios de la Formación Escucha realizados por Pardo (1979), Querol (1990) y Querol et al., (1992) interpretan dicha formación como un sistema deltaico-estuarino, y recientes investigaciones apuntan a que los depósitos arenosos de esta formación (que se depositaron con posterioridad a las capas de carbón), así como los de la Formación Utrillas se formaron a partir de la acumulación en un sistema desértico arenoso (erg). Según estos estudios, el sistema desértico arenoso se desarrolla sobre la Superficie de Discontinuidad Regional (SDR) dentro de la Formación Utrillas (Rodríguez-López et al., (2006; 2007a; 2007 b; 2008) y Rodríguez-López (2008)). Dicha superficie indica el fin de los niveles potencialmente explotables de carbón debido a diferentes procesos como la erosión y la facturación (Rodríguez-López et al., 2007b). Este límite separa la Sucesión Sedimentaria Inferior, donde dominan arcillas y limos y se sitúan los niveles de carbón, y la Sucesión Sedimentaria Superior, donde dominan areniscas (Rodríguez-López, 2008), y en la cual se desarrollaría el sistema desértico arenoso. Los restos estudiados en el trabajo proceden de las capas de carbón, situadas por debajo de la Superficie de Discontinuidad Regional, y por debajo de las capas arenosas.



Figura 4. Equivalencia de unidades propuestas por diferentes autores. Tomada de Revista de la Sociedad Geológica de España, 22 (3-4), 2009.

4. METODOLOGÍA

4.1. Muestras estudiadas

Para el análisis histológico de las muestras, se han estudiado 20 láminas procedentes de 10 restos óseos de diferentes vertebrados de las minas de Corta Barrabasa (Andorra) y las minas de Ariño, a partir del material de las colecciones del Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza (Canudo, 2018).

La elaboración de las láminas se ha llevado a cabo por el Servicio de Preparación de Rocas y Materiales duros de la Universidad de Zaragoza, Servicio General de Apoyo a la Investigación (SAI). Para ello, se han realizado cortes, tanto transversales como longitudinales de los restos fósiles seleccionados. A partir de estos cortes se obtienen unas pastillas de las que posteriormente se elaboran las láminas definitivas. Estas pastillas se pulen, por un lado, ya que se deben pegar a un vidrio previamente rectificado por motivos de adherencia y de grosor. El pegamento que se suele utilizar para pegar el vidrio es resina EPOXY. Finalmente se va cortando hasta unas 100 micras, y ya de manera manual, lijando o con abrasivo en suspensión, se trabaja hasta llegar al grosor deseado, que dependerá normalmente de la muestra y del material.

A continuación, se adjuntan unas tablas con el número de sigla y el tipo de elemento óseo.

MINA CORTA BARRABASA	
SIGLA	Elemento
CBAR-5A	Chevron. Arco hemal
CBAR-8	Hueso indet
CBAR-14B	Arco hemal de la espina neural
CBAR-26	Placa de caparazón de quelonio
CBAR-1	Isquion

Tabla 1. Elementos óseos seleccionados para análisis histológico de la Mina Corta Barrabasa

MINA DE ARIÑO	
SIGLA	Elemento
MAR-16	Fragmento de costilla
MAR-6	Hueso indet. Fragmento cadera
MAR-7	Fragmento isquion con tendones osificados
MAR-2	Tendones osificados
MAR-3	Dentario de cocodrilomorfo

Tabla 2. Elementos óseos seleccionados para análisis histológico de las Minas de Ariño

5. NOMENCLATURA PALEOHISTOLÓGICA

Los huesos son órganos complejos formados por tejido óseo (tejido conjuntivo), compuesto por células especializadas dispersas en una matriz ósea mineralizada. Tienen funciones tanto estructurales como fisiológicas.

Dentro de las células están los **osteoblastos**, encargados de sintetizar la matriz y responsables del crecimiento y recuperación del hueso, los **osteocitos**, encargados de

mantener la matriz y en parte de la homeostasis del calcio, y por último, los **osteoclastos**, encargados de eliminar el hueso por reabsorción. Por otro lado, la matriz se compone por un 70% de sales inorgánicas (minerales) que proporcionan resistencia y protección, y un 30% de sustancias orgánicas (proteínas). Padian y Lamm (2013).

Según Padian y Lamm (2013), el hueso se puede estudiar a cuatro niveles de organización biológica (Figura 5): macroestructural (órgano funcional), microestructural (tejido), submicroestructural (nivel celular) y nanoestructural (componentes). Petersen, 1930; Francillon- Vieillot et al., 1990; Rho et al., 1998.

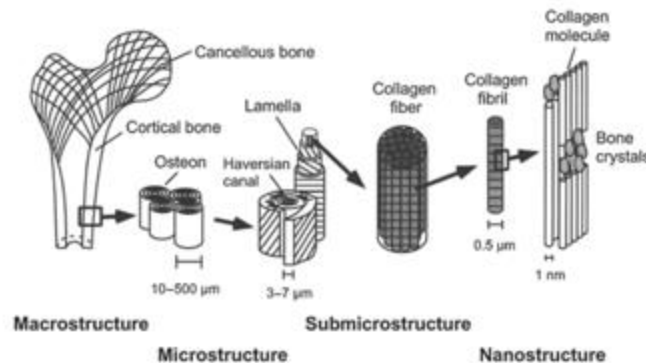


Figura 5. Niveles jerárquicos del hueso. Tomada de Padian y Lamm (2013).

El hueso se puede clasificar en función de los siguientes factores: el nivel de organización de la matriz, el patrón de vascularización y el grado de porosidad. Según **el nivel de organización de la matriz**, el hueso se divide en HUESO PRIMARIO, que es el que se forma durante el desarrollo embrionario, cuando tienen lugar sucesivos procesos de osificación, donde se reemplaza el cartílago por una envuelta ósea, y que presenta unas fibras de colágeno muy desordenadas (Paniagua, 1996). Por otro lado, se divide en HUESO LAMINAR, que es el que se desarrolla durante el crecimiento postnatal con la osificación secundaria y que es mucho más ordenado que el primario (Kuhn et al., 1996). También se puede clasificar en función del **patrón de vascularización (Figura 5)** de manera que existe el TEJIDO ÓSEO PRIMARIO, formado por las osteonas primarias, y el TEJIDO ÓSEO SECUNDARIO, formado por las osteonas secundarias, limitadas por una línea de cemento que las diferencia de las primarias y que se forma debido a la sustitución del tejido primario. Por último, el hueso se divide en función de su **grado de porosidad**, existiendo el HUESO COMPACTO (volumen mineral superior al 50% del espacio poroso) y el HUESO ESPONJOSO (a la inversa). El compacto forma el 80% del esqueleto adulto, y su organización está basada en las osteonas, rodeadas por las laminillas óseas y los osteocitos. Dentro de estas se sitúa el canal de Havers, por donde circulan vasos sanguíneos, linfáticos y nervios. Estos canales se conectan entre sí perpendicularmente por los conductos de Volkmann (Hillier y Bell, 2007). Los canales se organizan de diferentes maneras, lo que resulta útil para clasificar su orientación (Padian y Lamm, 2013).

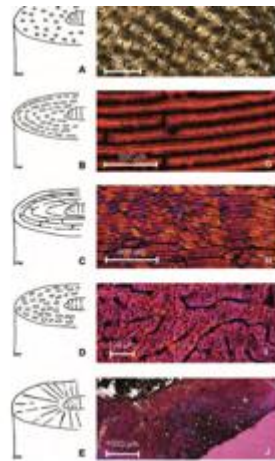


Figura 6. Diagramas esquemáticos (A-E) que ilustran diferentes orientaciones vasculares en el hueso cortical. (A) Organización longitudinal. (B) Organización laminar. (C) Organización plexiforme. (D) Organización reticular. (E) Organización radial. Tomado de Padian y Lamm (2013)

Siguiendo a Padian y Lamm (2013), en el hueso compacto pueden aparecer líneas de detención del crecimiento o LAG (*Lines of Arrested Growth*) que son bandas delgadas, semitranslúcidas u opacas, que se pueden seguir a lo largo de toda la circunferencia, a no ser que la reabsorción o la remodelación lo oscurezcan (Figura 6). Representan respuestas a señales ambientales relacionadas con tiempos biológicos como ciclos de alimentación o de reproducción (Starck y Chinsamy, 2002). Son útiles para realizar aproximaciones de la edad o la tasa de crecimiento del individuo, ya que el espacio entre estas disminuye con la edad. Cuando dicho individuo alcanza la madurez, estas líneas pasan a estar muy juntas, lo cual forma parte del llamado sistema fundamental externo (EFS; Cormack 1987)

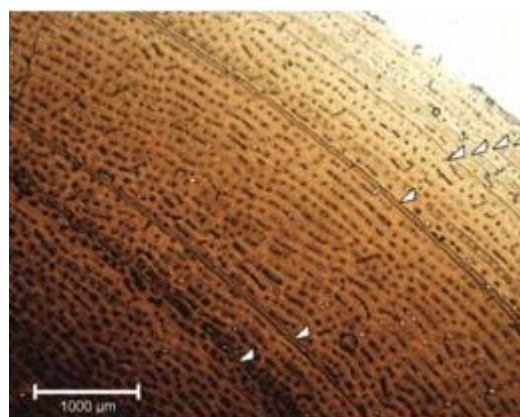


Figura 7. Líneas de detención de crecimiento indicadas por las flechas blancas. Tomada de Padian y Lamm (2013). Cortesía de J. Horner y el Museo de las Montañas Rocosas.

El hueso esponjoso forma el 20% del esqueleto, está menos calcificado que el compacto, y esta calcificación se encuentra interrumpida, formando trabéculas y dando lugar a un tejido muy vascularizado y poroso. Estas cavidades trabeculares contienen médula ósea, donde

ocurre la hematopoyesis, proceso por el cual se forman las células sanguíneas y las células del sistema inmune. Puede ser laminar o no laminar en función de cómo estén dispuestas las fibras de colágeno de las trabéculas que rodean las cavidades vasculares por las que discurren vasos sanguíneos y elementos hematopoyéticos. Su función es fundamentalmente metabólica.

6. RESULTADOS

6.1. Estudio por microscopía óptica de luz transmitida

6.1.1. Mina Corta Barrabasa

CBAR-5A: Las láminas muestran secciones transversales y longitudinales de un arco hemal de ornitópodo.

En ambas domina el tejido esponjoso sobre el compacto, observándose claramente que hay zonas donde el perímetro se pierde. Se observan numerosas grietas y fracturas de espesor micrométrico, sobre todo en la zona externa de la lámina.

Dentro del tejido compacto, en algunas zonas se diferencian osteonas primarias, aunque predominan las secundarias, muy empaquetadas unas a otras, formando tejido haversiano denso, aunque en el corte longitudinal estas no están tan superpuestas. Son de diferentes tamaños, con formas redondas a ovaladas (en el corte longitudinal), siendo las más grandes las del interior. Se observan muy bien los osteocitos, los canales de Havers y las laminillas concéntricas de las mismas. En la longitudinal se aprecian los canales de Volkmann. El patrón vascular en el caso de la sección transversal es de tipo longitudinal, mientras que en la longitudinal va de laminar a reticular en algunas zonas. No se observan LAGs. En cuanto al tejido esponjoso, se observan unas trabéculas de gran tamaño por toda la lámina

Mineralógicamente, el hueso está formado por apatito y minerales de óxido de hierro bastante abundantes. Las trabéculas están rellenas de calcita esparítica. También hay rellenos de minerales opacos, algunos de ellos de colores llamativos al cruzar nicoles (margarita). Los carbonatos que rellenan las fracturas apenas tienen pleocroísmo.

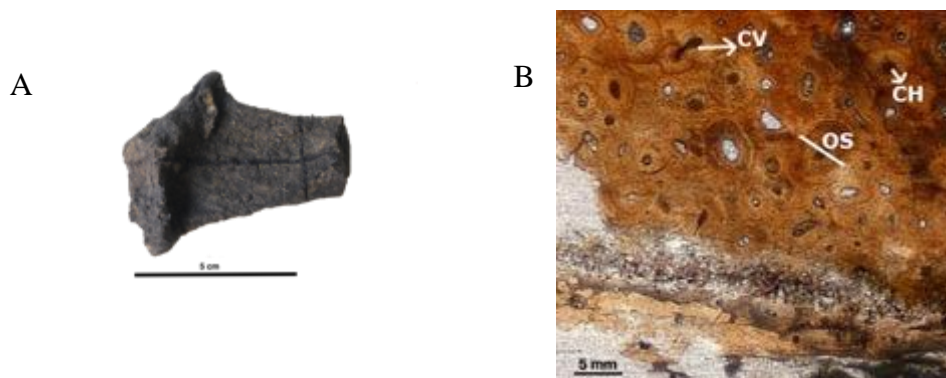


Figura 8. En la A se observa el resto del cual se han realizado las láminas delgadas. En la B corresponde a un corte transversal en el que se observan las siguientes estructuras: OS (osteona secundaria), CH (canal de Havers) y CV (canal de Volkmann). ANEXO 1.

CBAR-8: Las láminas muestran secciones tanto transversales como longitudinales de un hueso indeterminado de ornitópodo.

Casi la totalidad de estas láminas está formada por hueso esponjoso pues la corteza apenas es visible debido a la erosión. En algunos puntos se pueden observar osteonas que siguen un patrón laminar a reticular. En el tejido esponjoso, las trabéculas son de gran tamaño, y están repartidas por toda la lámina. Se encuentran altamente fragmentadas. En el corte longitudinal se observa una gran fractura que atraviesa la lámina de forma perpendicular de grosor micrométrico. Especialmente, hay una zona donde dicha fractura atraviesa una trabécula. No se observan LAGs.

Mineralógicamente, el hueso está formado por apatito con óxidos de hierro de color rojo oscuro en toda la lámina, no se aprecia variación de color en la sección transversal pero sí en la longitudinal (de rojo intenso a anaranjado). Las trabéculas están rellenas de carbonatos de tamaño micrítico a esparítico en su mayoría, aunque también se observan minerales opacos, sobre todo en las grietas y fracturas. En algunos de estos rellenos se observan frecuentes maclas, algo frecuente en algunos opacos como es el caso de la marcasita.

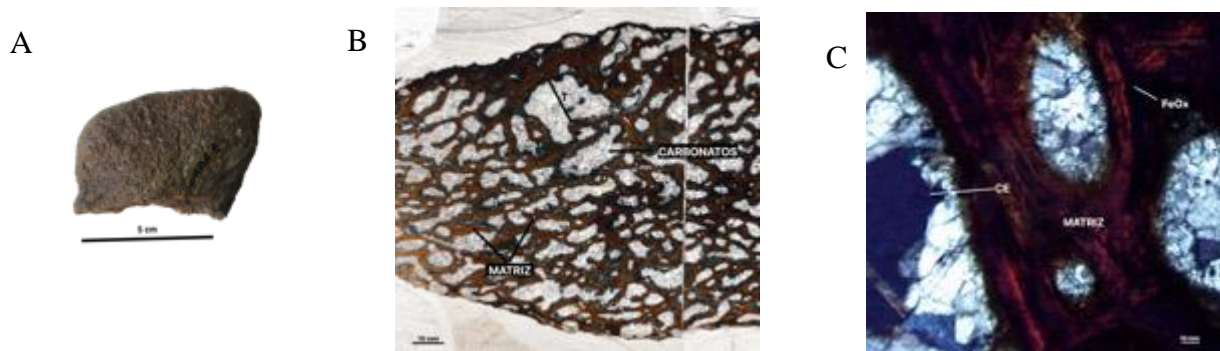


Figura 9. En la A se observa el resto del cual se han realizado las láminas delgadas. En la B, que corresponde al corte transversal, se señalan: la matriz, observable por toda la lámina, las trabéculas (T) y el relleno de estas de carbonatos. En la C se señalan los rellenos de carbonato esparítico (CE), los óxidos de hierro (FeOX) y la matriz. ANEXO 2.

CBAR-26: La lámina muestra dos secciones de un fragmento de placa de quelonio.

En la lámina se reconoce tanto el tejido compacto como el esponjoso, incluso se conservan las últimas capas de la corteza. Apenas hay erosión, pero se observan algunas fracturas.

En las capas más externas se observa tejido primario, con las osteonas primarias formando un patrón longitudinal. Es en esta zona donde se observan los LAG e incluso, cuando estos están muy juntos, se puede ver el EFS. Hacia el centro de la lámina las osteonas pasan a ser secundarias formando un tejido de Havers laxo. Se observan muy bien los canales de Volkmann, así como los osteocitos. Las trabéculas del tejido esponjoso son mayoritariamente grandes, aumentando el tamaño hacia las zonas externas.

Mineralógicamente, el hueso está formado por apatito y óxidos de hierro, que varían de colores más oscuros (marrón rojizo) a colores más claros (naranja) a lo largo de la lámina. En cuanto a los rellenos, las fracturas están rellenas de carbonatos, y las trabéculas de carbonatos sin pleocroísmo. Se observan minerales opacos, pero en menor medida.

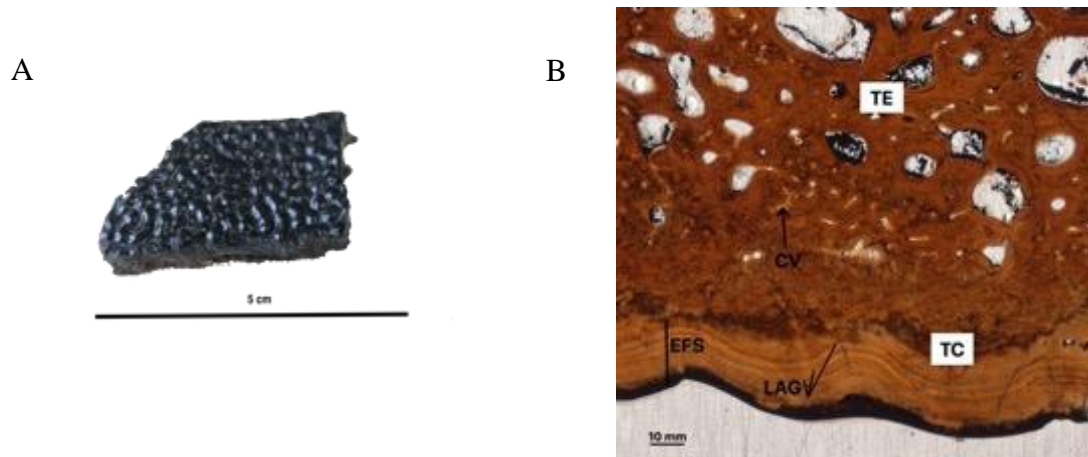


Figura 10. En la A se observa el resto de placa del cual se han obtenido las láminas delgadas. En la B, que corresponde a un corte transversal, se señalan: TE (tejido esponjoso), TC (tejido compacto), CV (canal de Volkmann), LAG (líneas de crecimiento) y EFS (sistema fundamental externo). ANEXO 3.

CBAR-14 b: Las láminas muestran secciones tanto transversales como longitudinales de un arco hemal de la espina neural de un ornitópodo.

Se diferencian claramente el tejido compacto del esponjoso, pero no se conserva todo el perímetro debido a la elevada erosión. También es destacable la facturación, la mayoría de ellas son de grosor micrométrico, pero destacan varias más grandes que atraviesan la lámina transversalmente.

El tejido compacto está formado por osteonas secundarias formando un patrón vascular longitudinal, bastante compactas entre ellas de modo que se trata de un tejido haversiano denso en casi la totalidad de la lámina. En la sección longitudinal, estas tienen formas más ovaladas. Se observan todas las estructuras propias, incluidos los canales de Volkmann. Las trabéculas del tejido esponjoso se sitúan hacia el centro de la lámina, no muy grandes y de tamaños similares. Se observa que están rellenas de carbonatos, en algunos casos de tamaño micrítico, y que están rodeadas de óxidos de hierro de colores muy oscuros. Por otro lado, se observa alguna línea de crecimiento en zonas específicas, aunque se pierden a lo largo del borde.

Mineralógicamente el hueso está formado por apatito y óxidos de hierro, que varían de colores muy oscuros hacia el centro de la lámina, a rojos más claros hacia el exterior. Carbonatos rellenando fracturas y trabéculas, y presencia de minerales opacos.

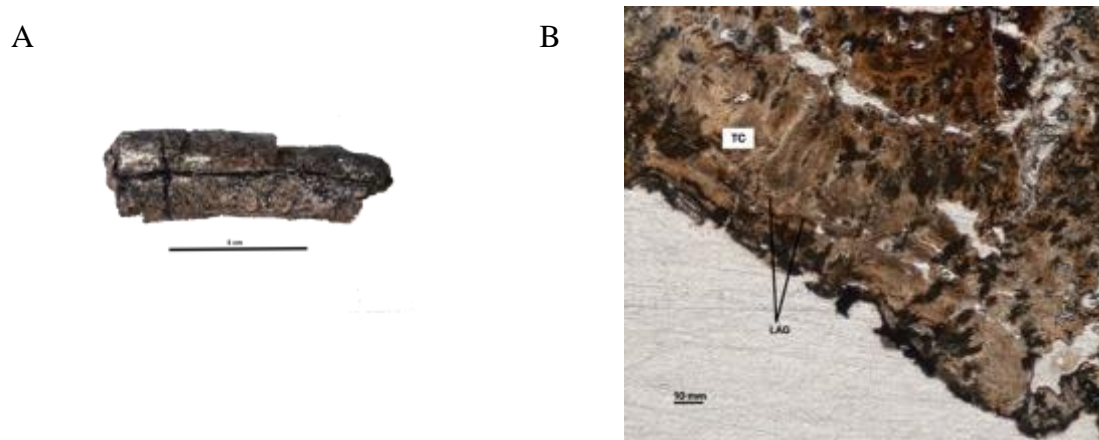


Figura 11. En la A se observa el resto del cual se han obtenido las láminas delgadas. La B corresponde a un corte transversal en la que se señalan el tejido compacto (TC) y las líneas de crecimiento (LAG). ANEXO 4.

CBAR-1: La lámina muestra un corte transversal de un isquion perteneciente a un dinosaurio ornitópodo.

En la lámina se observa la corteza, aunque no se conserva todo el perímetro debido a la erosión. Se conserva tanto tejido compacto como tejido esponjoso.

El tejido compacto está formado por osteonas primarias formando un patrón vascular longitudinal, aunque dominan las secundarias, con forma redondeada y tamaños similares. Hay zonas donde estas apenas se superponen, formando un tejido haversiano laxo, sin embargo, hay otras, donde se encuentran muy compactas, pasando a ser un tejido denso. Se diferencian perfectamente las estructuras características de estas, como los osteocitos o la línea de cemento, e incluso en casos puntuales se aprecian los canales de Volkmann. No se observan LAGs debido a la notable erosión. En cuanto al tejido esponjoso, las trabéculas se encuentran hacia el centro de la lámina, son de tamaños similares y apenas están fragmentadas.

Mineralógicamente, el hueso está formado por apatito y abundantes óxidos de hierro, que varían de colores muy rojizos a amarillentos. Por otro lado, predominan los rellenos carbonatados, tanto en trabéculas como fracturas, con presencia de algún mineral opaco.

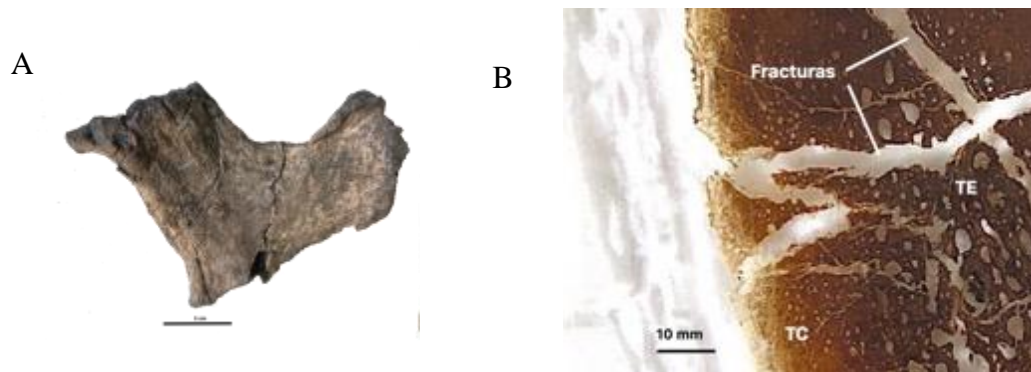


Figura 12. En la figura A se observa el isquion a partir del cual se obtuvieron las láminas. La figura B corresponde al corte transversal del resto óseo. TC (tejed compacto) y TE (tejed esponjoso). ANEXO 5.

6.1.2. Mina de Ariño

MAR-16: Las láminas muestran secciones transversales y longitudinales de un fragmento de costilla de ornitópodo.

Se conserva tanto tejed compacto como esponjoso y apenas se observa erosión, pero si una abundante fragmentación, sobre todo en la corteza.

El tejed compacto está compuesto por osteonas secundarias formando un tejed haversiano denso. En el corte longitudinal tienen forma ovalada y en algunas zonas se diferencian los canales de Volkmann. En el corte transversal estas osteonas siguen un patrón vascular longitudinal, y en la sección longitudinal el patrón es reticular. No se observan LAGs. Las trabéculas del tejed esponjoso son de gran tamaño, con pequeñas fracturas y se concentran sobre todo en el centro de la lámina.

Mineralógicamente, el hueso es de apatito y el color oscuro se debe a la presencia de materia orgánica de la Formación Escucha. Las trabéculas están rellenas de carbonatos y minerales opacos, y las fracturas de carbonatos de tamaño micrítico.

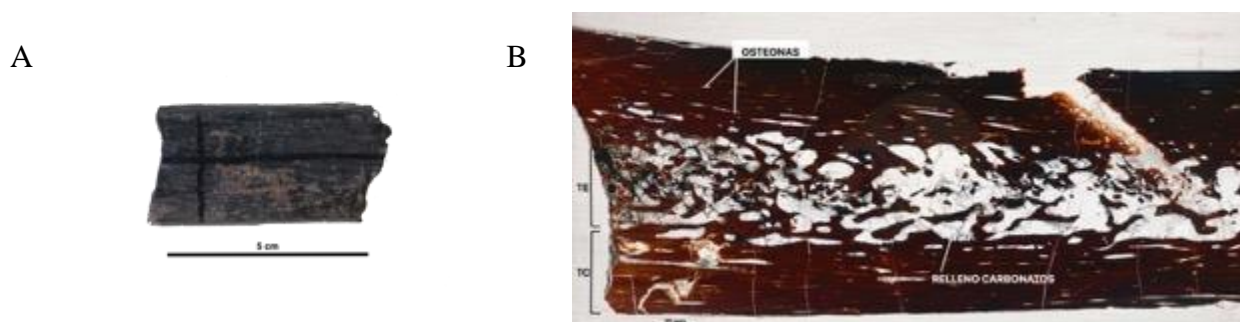


Figura 13. En la A se muestra el resto del cual se han obtenido las láminas delgadas. La B corresponde a un corte longitudinal, y se señalan: TC (tejed compacto), TE (tejed esponjoso), las osteonas, y el relleno de carbonatos de las trabéculas. ANEXO 6.

MAR-6: Las láminas muestran secciones transversales y longitudinales de un fragmento de un hueso indeterminado procedente de la cadera de ornitópodo.

Se conservan muy bien el tejido compacto y el esponjoso, además de casi todo el perímetro del hueso, pero hay mucha fragmentación.

El tejido compacto está compuesto por osteonas primarias con patrón vascular reticular que pasa a longitudinal hacia el centro cuando las osteonas pasan a ser secundarias. El tejido haversiano que forman estas es denso hacia el interior y laxo en algunas zonas externas. En la sección longitudinal se observan las mismas estructuras, pero las osteonas tienen forma ovalada y en algunas partes se ven canales de Volkmann. El tejido esponjoso está formado por trabéculas de diversos tamaños, muy fragmentadas y concentradas hacia el interior.

Mineralógicamente, el hueso está formado por apatito y abundantes óxidos de hierro. Las fracturas están rellenas de carbonatos, en su mayoría de tamaño micrítico, y las trabéculas de pirita con presencia de carbonatos.

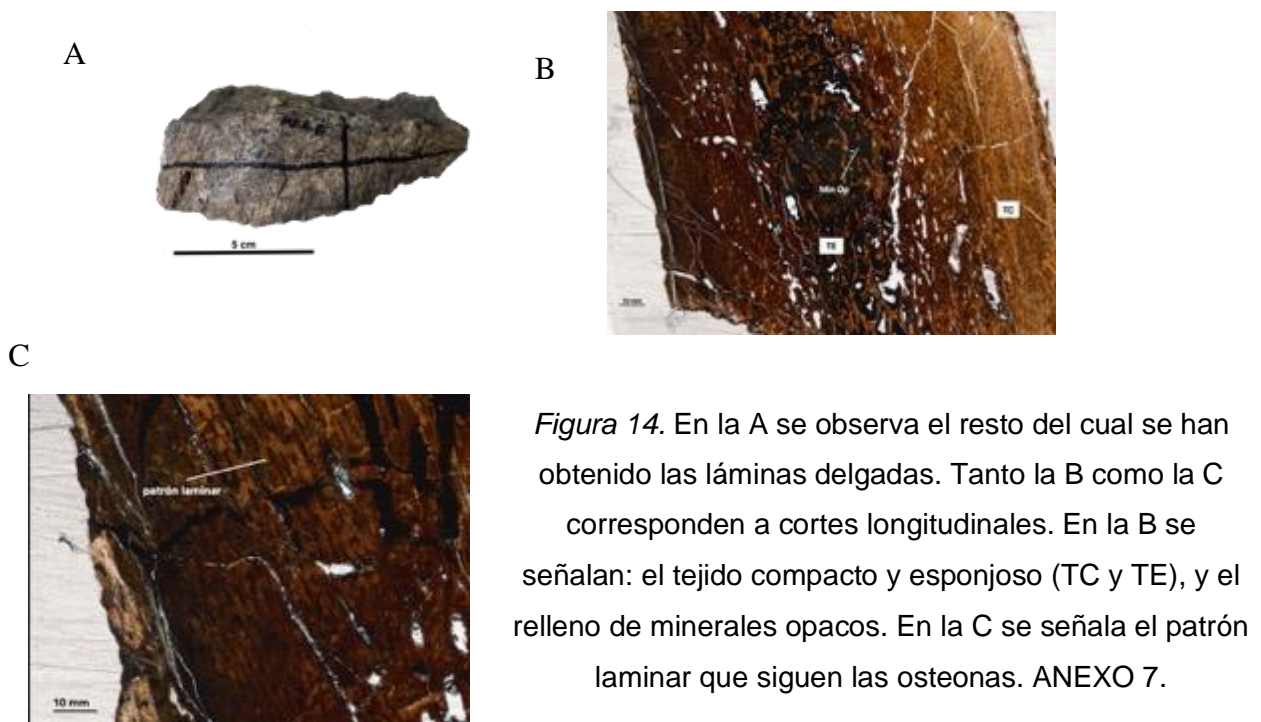


Figura 14. En la A se observa el resto del cual se han obtenido las láminas delgadas. Tanto la B como la C corresponden a cortes longitudinales. En la B se señalan: el tejido compacto y esponjoso (TC y TE), y el relleno de minerales opacos. En la C se señala el patrón laminar que siguen las osteonas. ANEXO 7.

MAR-7: La lámina muestra una sección transversal de un fragmento de isquion con tendones osificados.

Se conservan ambos tejidos y casi la totalidad del perímetro del hueso. Hay fragmentación, pero no es muy notoria ya que la mayoría de las fracturas tienen grosor micrométrico.

El tejido compacto está formado por osteonas primarias que forman un patrón vascular longitudinal, y osteonas secundarias también con el mismo patrón y formando un tejido haversiano en su mayoría laxo. Dominan las primarias. Las osteonas tienen tamaños similares y forma redondeada. Hay puntos donde se observan canales de Volkmann y algunas líneas de crecimiento. El tejido esponjoso se encuentra hacia el centro de la lámina, con unas trabéculas de tamaños variables.

Mineralógicamente el hueso es de apatito y óxidos de hierro, las fracturas están rellenas de opacos y carbonatos de tamaños micríticos, y casi todas las trabéculas están completamente rellenas de pirita.

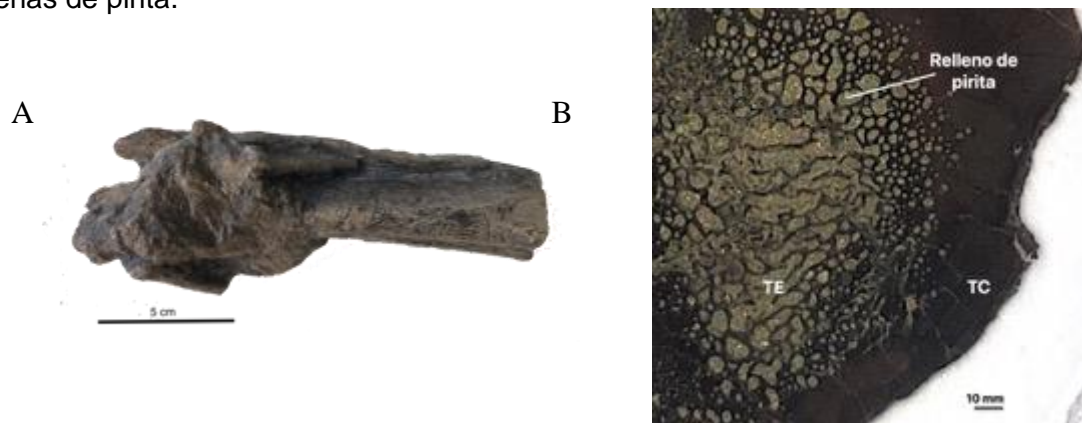


Figura 15. En la figura A se observa el resto del cual se obtuvieron las láminas. En la B, el corte transversal del hueso. TC (tejido compacto) y TE (tejido esponjoso). ANEXO 8.

MAR-2: Las láminas muestran secciones tanto transversales como longitudinales de tendones osificados de ornitópodo.

Se diferencian tanto tejido compacto como esponjoso, aunque es el primero el que domina. Destacan las numerosas fracturas que atraviesan la sección, la mayoría de espesor micrométrico. Así mismo, la corteza se encuentra muy deteriorada, por lo que no se puede determinar con exactitud si hay líneas de crecimiento. Dominan las osteonas secundarias con varias familias de superposición, formando un tejido haversiano denso y siguiendo un patrón vascular de reticular a plexiforme hacia al centro. Las trabéculas son de pequeño tamaño, en su mayoría rellenas de opacos y algún carbonato.

Mineralógicamente el hueso está formado por apatito y relleno de las fracturas y trabéculas, carbonatos y opacos.

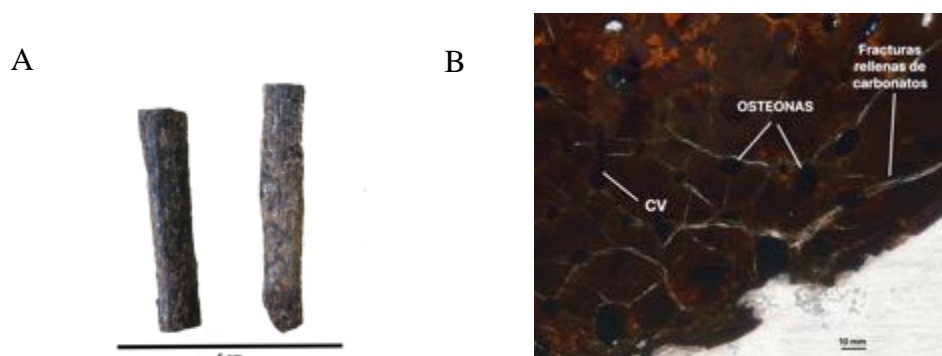


Figura 16. En la A se observan los restos de los cuales se han obtenido las láminas. En la B se muestra la lámina delgada transversal, en la que se señalan las osteonas (OSTEONAS), Canal de Volkmann (CV) y fracturas con rellenos. ANEXO 9.

MAR-3: La lámina muestra una sección de mandíbula de cocodrilomorfo. Para el estudio se han realizado dos cortes transversales del fragmento de dentario.

Se conserva muy bien el perímetro y por lo tanto las capas más externas de la corteza ya que apenas se aprecia erosión. Se observan numerosas LAGs e incluso hay zonas donde encontramos EFS. La distancia entre estas líneas de crecimiento disminuye conforme nos acercamos al borde, lo cual nos indica que el individuo ha alcanzado cierto grado de madurez, ya que, cuantas más juntas están, mayor es la edad. Prácticamente todo es tejido compacto, formado por osteonas primarias con un patrón vascular laminar, pasando a osteonas secundarias con un patrón más reticular. Estas forman un tejido haversiano laxo. Las escasas trabéculas que se observan son de pequeño tamaño y están rellenas de carbonatos de tamaño micrítico y minerales opacos.

Mineralógicamente, el hueso está formado por apatito y óxidos de hierro. Apenas hay facturación, pero las que se aprecian están rellenas de carbonatos al igual que las trabéculas. Presencia de opacos.

A



B



C

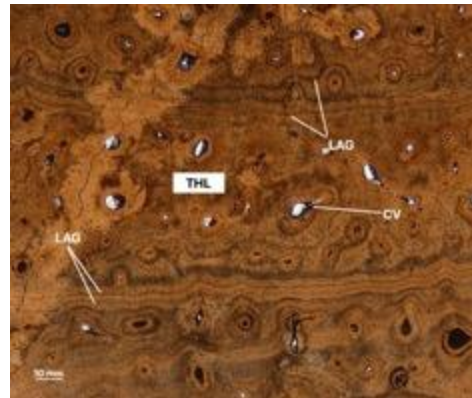


Figura 17. En la A se muestra el resto de mandíbula del cual se han obtenido las láminas. Tanto la B como la C corresponden a cortes transversales. En la B se señala: las osteonas primarias (OP), las líneas de crecimiento (LAG), el sistema fundamental externo (EFS) y el patrón vascular laminar (PVL). En la C se señalan: las líneas de crecimiento (LAG), canales de Volkmann (CV) y el tejido haversiano laxo (THL). ANEXO 10.

7. DISCUSIÓN

Mediante la observación y el estudio de la histología de las diferentes láminas delgadas pertenecientes a diferentes huesos fósiles, se puede inferir el estadio ontogenético de los individuos en el momento de su muerte.

Yacimiento Corta Barrabasa:

Muestra CBAR-5A: Pertenece a un dinosaurio ornitópodo subadulto, ya que presenta tanto tejido esponjoso como tejido compacto bien desarrollado. Se observan osteonas secundarias formando tejido haversiano denso, indicando que ha habido remodelación ósea, y en la parte externa osteonas primarias, lo que quiere decir que el crecimiento prosigue.

Muestra CBAR-8: La mayor parte de la lámina está formada por tejido esponjoso, estando el compacto muy poco representado. Esto es indicativo de que pertenece a un dinosaurio ornitópodo perinatal. Además, la organización vascular es muy baja y las trabéculas son de gran tamaño.

Muestra CBAR-26: Pertenece a un quelonio adulto ya que la corteza está muy bien desarrollada, hay osteonas secundarias indicando la remodelación ósea, y, además, se observan varias LAGs y en la zona más externa el EFS (tejido fundamental externo), que se interpreta como que el individuo alcanza la madurez y el crecimiento cesa.

Muestra CBAR-14b: La muestra pertenece a un dinosaurio ornitópodo subadulto, ya que se observa claramente tejido compacto y esponjoso bien diferenciado, y, además, el compacto está formado por osteonas secundarias con una organización clara, formando tejido haversiano denso, lo que indica que la remodelación ha sido intensa.

Muestra CBAR-1: Se trata de un ornitópodo subadulto, ya que dominan las osteonas secundarias formando un tejido haversiano denso en algunas zonas y laxo en otras, pero en las zonas externas las osteonas son primarias, indicando que el hueso sigue creciendo.

Yacimiento Mina de Ariño:

Muestra MAR-16: El tejido compacto y esponjoso están bien diferenciados. El compacto está formado por osteonas secundarias bastante superpuestas unas a otras, indicando una remodelación ósea intensa y bastante avanzada. Dinosaurio ornitópodo adulto.

Muestra MAR-6: Se trata de un ornitópodo subadulto ya que, están bien diferenciados el tejido compacto y el esponjoso, y el primero está formado por osteonas secundarias hacia la parte interna y osteonas primarias hacia la externa. Esto indica una remodelación ósea pero el hueso seguía creciendo en el momento de su muerte.

Muestra MAR-7: El tejido compacto está formado por osteonas primarias y secundarias apenas superpuestas, indicando que la remodelación ósea no ha sido muy intensa y que el hueso sigue creciendo. Ornitópodo juvenil o subadulto.

Muestra MAR-2: Domina el tejido compacto con osteonas secundarias, por lo que se trataría de un individuo subadulto o adulto.

Muestra MAR-3: Se trata de un individuo cocodrilomorfo adulto ya que el tejido esponjoso está muy reducido, con las trabéculas de pequeño tamaño, y el tejido compacto se encuentra bien ordenado, donde en las últimas capas de la corteza se pueden observar LAGS incluso hay

zonas donde se puede ver el EFS, indicando que el hueso ha dejado de crecer y que, por tanto, el individuo había alcanzado la madurez.

En cuanto a la mineralogía, el material que forma los huesos es hidroxiapatita, el cual es termodinámicamente inestable por lo que sufre sustituciones iónicas tanto en vida como una vez muerto el organismo durante la fosilización (Goodwin et al., 2007). Los cambios composicionales y la precipitación de minerales en los poros informan sobre los procesos diagenéticos y su relación con el medio en el que se depositan (Huerta et al., 2001; Goodwin et al., 2007). En la mayoría de las láminas se observan minerales de color rojizo y anaranjados, que corresponden a hematites y goethita respectivamente). Además, los minerales que se observan, como es el caso de la pirita, que se encuentra predominantemente en ellas, precipita una vez muerto el animal, como consecuencia de la descomposición de la materia orgánica proveniente del carbón, liberando así azufre. Por otro lado, para la precipitación de carbonatos es necesario una baja presión y la presencia de un agua marina, ya que esta está saturada en estos.

Al hablar de que, para que minerales como la goethita y hematites precipiten, necesitan un ambiente oxidante, estamos hablando de que estos, se formarían con anterioridad los minerales que provienen de la liberación del azufre. Posteriormente, debido a la gran cantidad de masa vegetal, el ambiente pasaría a ser reductor, y es cuando, junto con otras condiciones favorecedoras, precipitan los minerales como la pirita. Por otro lado, los carbonatos se formarían por la disolución de rocas previas en un ambiente oxidante, y su posterior precipitación al cambiar el ambiente a reductor.

Se ha observado que en los individuos identificados como juveniles, es decir, aquellos en cuyos huesos predomina el tejido esponjoso al compacto, los procesos diagenéticos pueden resultar facilitados al ser huesos más porosos, finos y menos densos. Esto supondría que son más susceptibles de sufrir algunos procesos diagenéticos como la disolución y alteración química.

8. CONCLUSIONES

En cuanto al estadio ontogenético de los individuos en el momento de su muerte se puede concluir, mediante el estudio histológico de las láminas, que:

- Los individuos del yacimiento Corta Barrabasa eran en su mayoría adultos a excepción de un individuo perinatal, del que se conserva únicamente el tejido esponjoso.
- Los individuos del yacimiento Mina de Ariño eran adultos o juveniles, diferenciados por la superposición de las osteonas secundarias, que, en el caso de los adultos, se encuentran formando un tejido haversiano más denso.

En cuanto a la mineralogía se puede concluir que:

- La presencia de sulfuros, como es el caso de la pirita, se interpreta como un ambiente de Eh negativo y aguas con contenido en azufre. En este caso, la pirita precipita dada la elevada cantidad de carbón en el medio que, al descomponerse la materia orgánica, consume oxígeno y libera azufre.
- Los huesos pasan por un primer proceso diagenético en el que, a poca profundidad, pero con presencia de agua, precipitan los carbonatos y rellenan huecos.

En cuanto al paleoambiente:

- El hecho de que existan grandes acumulaciones de carbón en la formación Escucha, implica que los fósiles tuvieron que estar bajo el agua, ya que en este tipo de ambientes se acumula una gran cantidad de masa vegetal, que, junto con la baja energía, permite su rápido enterramiento y su posterior descomposición. Estos ambientes son reductores, es decir, pobres en oxígeno, lo cual disminuye la velocidad de descomposición de la materia orgánica. El agua de estos ambientes suele presentar grandes cantidades de sulfuros debido a la actividad sulfato-reductora, y por eso, observamos en las láminas abundante pirita. Estas observaciones apuntan a un ambiente de marismas/manglares en clima cálido y húmedo
- Para los quelonios y cocodrilomorfos este podría ser su hábitat, mientras que para los ornitópodos podría suponer un lugar de paso en la que obtener alimento.

En cuanto a las especies a las cuales podrían corresponder los restos estudiados:

- Los restos pertenecientes a dinosaurios podrían corresponderse a alguna especie de iguanodóntido, concretamente, los restos de la Mina de Ariño podrían tratarse del dinosaurio *Proa valdearinnensis*, iguanodóntido basal (McDonald et al., 2012) descubierto en la Formación Escucha dentro de estas minas. Era una especie fitófaga de unos 7-8 metros de longitud que habitaba zonas de llanuras fluviales y marismas.

9. BIBLIOGRAFÍA

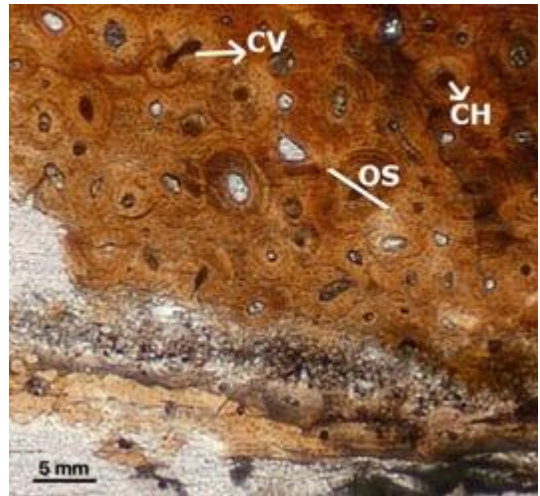
- Alcalá, L., Espílez, E., Mampel, L., Kirkland, J.I., Ortega, M., Rubio, D., González, A., Ayala, D., Cobos, A., Royo-Torres, R., Gascó, F., y Pesquero, M.D. (2012). A New Lower Cretaceous Vertebrate Bonebed Near Ariño (Teruel, Aragón, Spain); Found and Managed in a Joint Collaboration Between a Mining Company and a Paleontological Park. *Geoheritage*, 4: 275-286.
- Alcalá, L., Espílez, E., y Mampel, L. (s.f). Ariño: la mina de los dinosaurios. *Institución Fernando el Católico*.
- Canudo, J.I., Cobos, A., Martín-Closas, C., Murelaga, X., Pereda-Suberbiola, X., Royo-Torres, R., Ruiz-Omeñaca, J.I y Sender, L.M. (2005). La presencia de dinosaurios ornitópodos en la Formación Escucha (Cretácico Inferior, Albiense): Redescubierto “Iguanodon” en Utrillas (Teruel). *Fundamental*, 6: 51-56.
- Centro de Estudios Locales de Andorra (en línea). Corta Barrabasa (mina). Enciclocelan, 2019 (fecha de consulta 09/05/2022). Disponible en: <http://www.celandigital.com/enciclocelan-menu/economia/item/corta-barrabasa>
- Centro de Estudios Locales de Andorra (en línea). Formaciones Escucha y Utrillas. Enciclocelan, 2019 (fecha de consulta: 09/05/2022). Disponible en: <http://www.celandigital.com/enciclocelan-menu/naturaleza-medio-fisico/item/formaciones-escucha-y-utrillas>
- Cuezva, S y Élez, J. (2000). Reconocimiento del estadio de desarrollo en la microestructura de los huesos fósiles de mamíferos (Somosaguas y Layna). *Coloquios de Paleontología*, 51: 159-174.
- Curioseando (en línea). ¿Qué es el hueso compacto y el hueso esponjoso? Curioseando, 2020 (fecha de consulta: 10/06/2022). Disponible en: https://curiosoando.com/tejido-oseo-compacto-y-esponjoso#Tejido_oseo_esponjoso
- Directorio Cartográfico de España (en línea). Mapa satélite de la Mina María de Teruel. *Directorio Cartográfico de España* (fecha de consulta: 13/06/2022).
- Dr. Neurosaurus (en línea). Un viejo Dinosaurio con nueva información. Dr. Neurosaurus, 2023 (fecha de consulta: 15/07/2023). Disponible en: [Dr. Neurosaurus \(s.f.\). Un viejo Dinosaurio con nueva Información. Dr. Neurosaurus.](#)

- Hermosilla Medina, A. M., Jiménez Hernando, J. M y Alonso Encinas, J. (2016). *Andorra (Teruel), actuaciones ambientales en centros mineros de ENDESA*. Moonbook, Madrid, 160 p.
- Malacate (en línea). Corta Barrabasa, Alloza, Teruel. Mineralogía Topográfica Ibérica, 2009 (fecha de consulta 17/03/2023). Disponible en: <https://www.mtiblog.com/2009/09/corta-barrabasa-alloza-teruel.html>
- Megías, M., Molist, P., y Pombal, M.A. (en línea). Tejidos animales. Atlas de histología vegetal y animal, 2023 (fecha de consulta: 12/02/2022). Disponible en: https://mmegias.webs.uvigo.es/guiada_a_oseo.php
- Menacho, M (en línea). ¿Qué son las osteonas? Retales de la Ciencia. Biología Evolutiva y Biodiversidad, 2013 (fecha de consulta: 20/05/2022). Disponible en: <https://retalesdeciencia.wordpress.com/2013/10/28/que-son-las-osteonas/>
- Michael, H.R y Wojciech, P. (2007). *Histología. Texto y Atlas color con Biología Celular y Molecular*. Editorial medica panamericana.
- Puértolas-Pascual, E., Moreno-Azanza, M., y Canudo, JI. (2012). Primer registro de un cocodrilomorfo (Neosuchia, Goniopholididae?) en la Formación Escucha (Albiense inferior) de la mina Corta Barrabasa (Teruel). En: *X Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología*. Comunicación, 10: 94-96.
- Rey, G., Royo-Torres, R y Alcalá, L. (2018). Nuevos dinosaurios estiracosternos en el Albiense de la Cordillera Ibérica. *Geogaceta*, 63: 83-86.
- Rodríguez-López, J.P y Meléndez, N. (2008). El desierto Cretácico ibérico. *Revista de Andorra*, 9: 93-102.
- Rodríguez-López, J.P., Liesa, C.L., Meléndez, N., y Soria, A.R. (2006). Tectónica extensiva sinsedimentaria de la Fm. Escucha en el sector meridional de la Subcuenca de cretácica de Oliete (Cadena ibérica oriental). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 19: 99-112.
- Rodríguez-López, J.P., Meléndez, N., Soria, A.R y de Boer, P.L. (2008). Una nueva interpretación de las Fms Escucha y Utrillas en su área tipo: sedimentología y evolución de un sistema desértico arenoso (erg) en el margen oriental de Iberia. *Geo-Temas*, 10: 179-182.

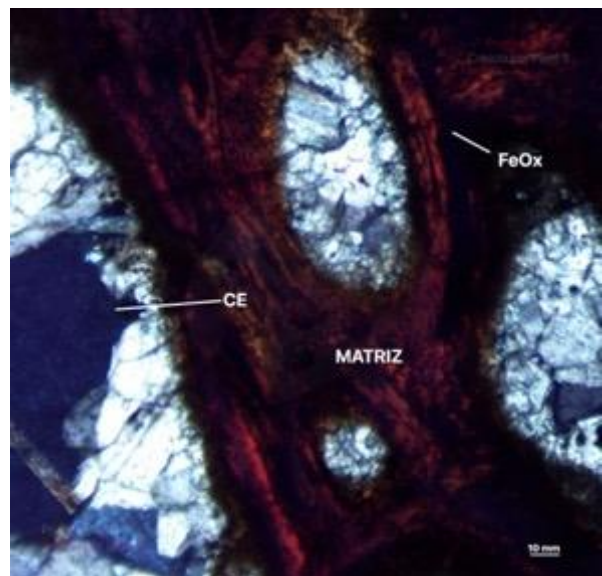
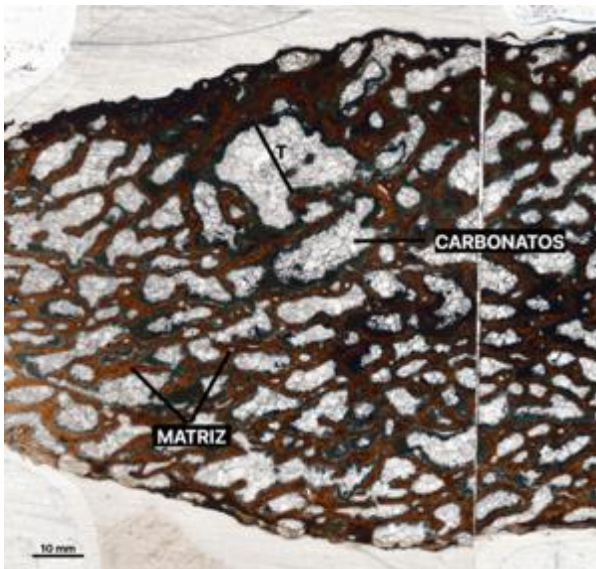
- Rodríguez-López, J.P., Meléndez, N., Soria, A.R., y de Boer, P.L. (2009). Reinterpretación estratigráfica y sedimentológica de las formaciones Escucha y Utrillas de la Cordillera Ibérica. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 22: 163-219.
- Ruiz de Elvira, M. (2015, 2 de noviembre). La mina de los dinosaurios. *El Público* (fecha de consulta: (09/09/2022). Disponible en: <https://www.publico.es/ciencias/mina-dinosaurios.html>
- Ruiz-Omeñaca, J.I y Canudo, J.I (2004). Dinosaurios ornitópodos del Cretácico Inferior de la Península Ibérica. *Geo-Temas*, 6: 63-65.
- Sainz-Amor, E., Cervera, A., Pardo, G., y Querol, X. (1999). Mineralogía de los materiales detríticos de la Fm. Escucha (Albiense inferior) en el distrito minero de Teruel (Sector Suroriental de la Cordillera Ibérica. *Acta geológica hispánica*, 4: 42-54.
- Solé de Porta, N., Querol Carceller, X., Cabanes Martínez, R y Salas Roig, R. (1994). Nuevas aportaciones a la paleontología y paleoclimatología de la Formación Escucha (Albiense inferior-medio) en las Cubetas de Utrillas y Oliete. *Cuadernos de geología ibérica*, 18: 203-217.
- Soria, A.R., Meléndez, A., y Liesa, C.L. (1997). Tectónica extensional en la subcuenca de Oliete (Cordillera Ibérica central). *Geogaceta*, 22: 203-206.

10. ANEXOS

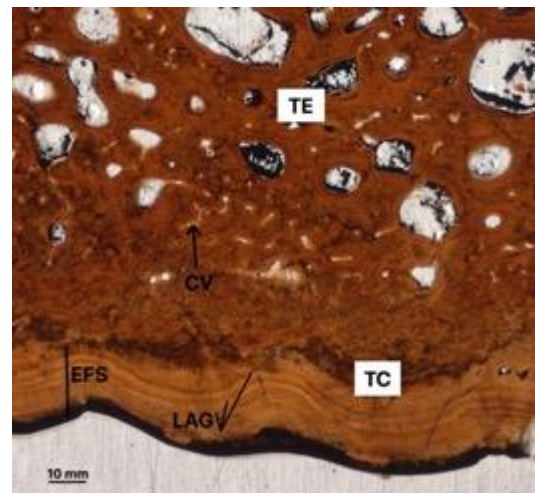
ANEXO 1. Escaneos de las láminas de la muestra CBAR-5A.



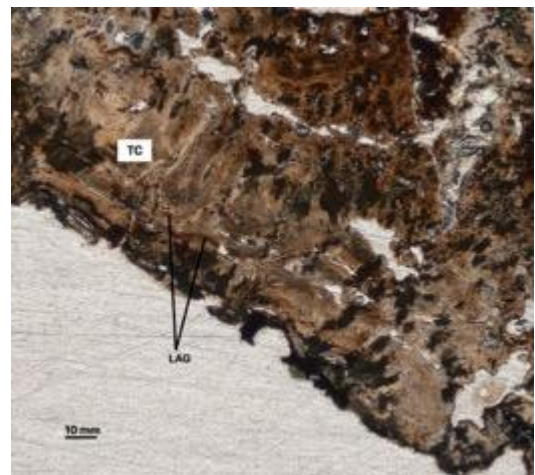
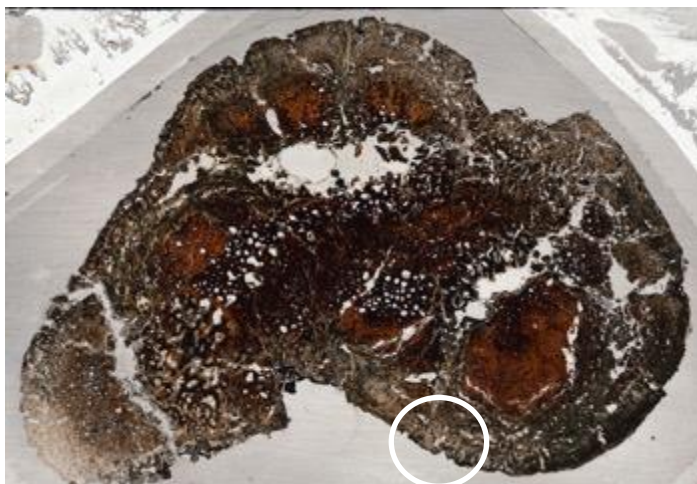
ANEXO 2. Escaneos de las láminas de la muestra CBAR-8.



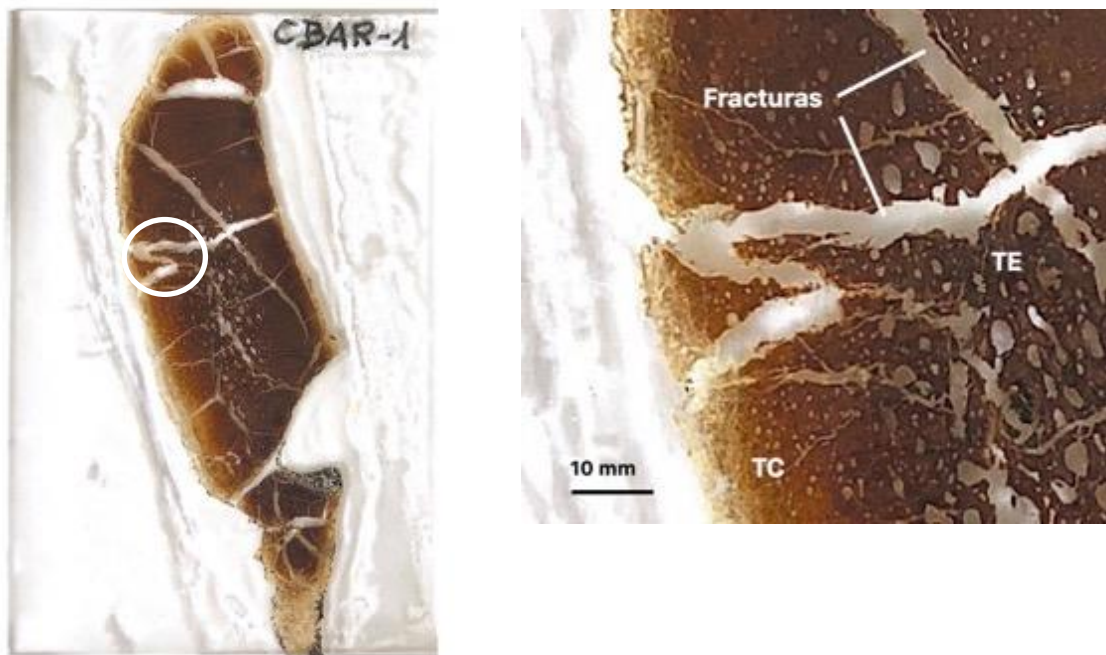
ANEXO 3. Escaneos de las láminas de la muestra CBAR-26.



ANEXO 4. Escaneos de las láminas de la muestra CBAR-14b.



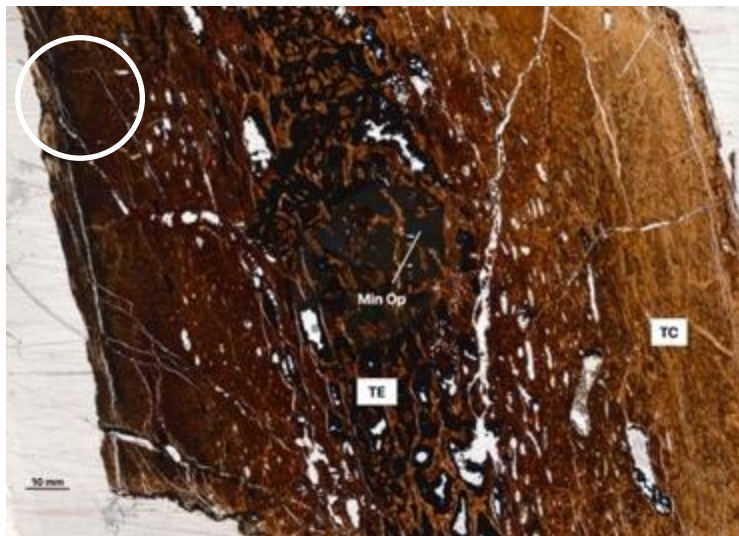
ANEXO 5. Escaneo de la lámina CBAR-1.



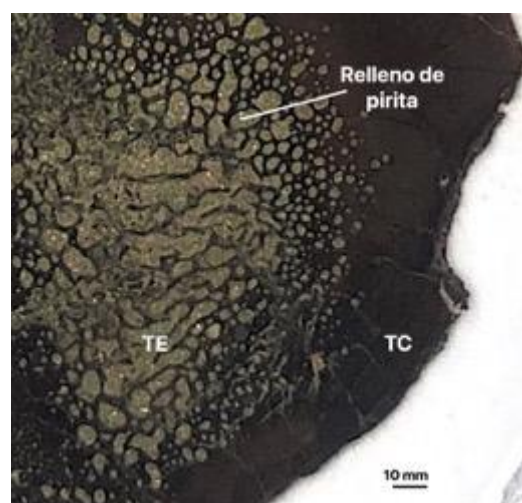
ANEXO 6. Escaneo de la lámina del corte longitudinal de la muestra MAR.16.



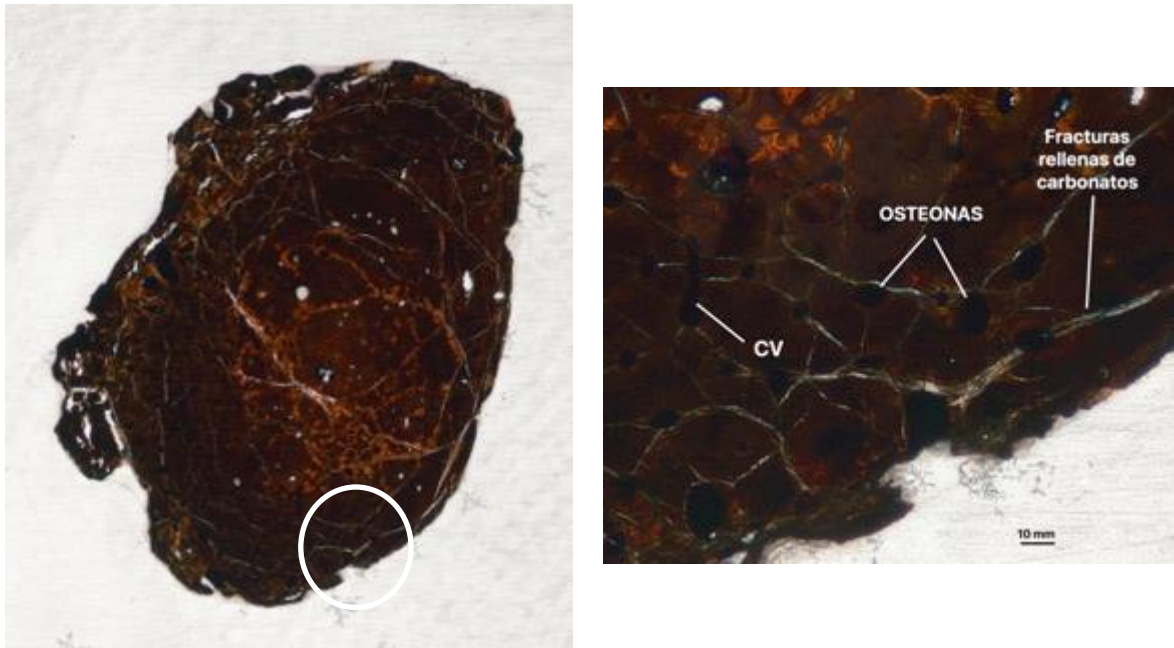
ANEXO 7. Escaneo de la lámina del corte longitudinal de la muestra MAR-6.



ANEXO 8. Escaneo de la lámina de corte transversal de la muestra MAR-7.



ANEXO 9. Escaneo de la lámina de corte transversal de la muestra MAR-2.



ANEXO 10. Escaneo de la lámina de corte transversal de la muestra MAR-3.

